ISSN 2073-1523

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА, АРХИТЕКТУРЫ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

Известия КГАСУ

2019 г., № 2 (48)

ББК 38
И 33
УДК 69

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Айдарова Г.Н., д-р арх., проф. советник РААСН;
Гагарин В.Г., д-р техн. наук, проф. чл.-корр. РААСН;
Горячев М.Г., д-р техн. наук, проф.;
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.;
Кичигин В.И., д-р техн. наук, проф.;
Королев Е.В., д-р техн. наук, проф.;
Кочев А.Г., д-р техн. наук, проф.;
Логачев К.И., д-р техн. наук, проф.;
Мирсаяпов И.Т., д-р техн. наук, проф.;
Мирсаяпов Ил.Т., д-р техн. наук, проф.;
Стрелков А.К., 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;
Тунакова Ю.А., д-р хим. наук, проф.;
Углова Е.В., д-р техн. наук, проф.;
Хозин В.Г., д-р техн. наук, проф.;
Шагидуллин Р.Р., д-р хим. наук, чл.-корр. АН РТ;
Яковлев Г.И., д-р техн. наук, проф.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Рольф Катценбах, д-р техн. наук, проф. (Германия);
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, 2019

ISSN 2073-1523

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION

KAZAN STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND ENGINEERING

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

MINISTRY OF TRANSPORT AND ROADS
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

News of the KSUAE
2019, № 2 (48)

BBC 38
I 33
UDC 69

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

EDITORIAL BOARD:

Aidarova G.N. Dr. arch. sci., prof., advisor of RAACS;
Gagarin V.G., Dr. tech. sci., prof. corr.-m. of RAACS;
Goriachev M.G., Dr. tech. sci., prof.;
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.;
Kichigin V.I., Dr. tech. sci., prof.;
Korolev E.V., Dr. tech. sci., prof.;
Kochev A.G, Dr. tech. sci., prof.;
Logachev K.I., Dr. tech. sci., prof.;
Mirsayapov I.T., Dr. tech. sci., prof.;
Mirsayapov Il.T., Dr. tech. sci., prof.;
Strelkov A.K., 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;
Tunakova Iu.A., Dr. chem. sci., prof.;
Uglova E.V., Dr. tech. sci., prof.;
Khozin V.G., Dr. tech. sci., prof.;
Shagidullin R.R., Dr. chem. sci., corr.-m. AS RT;
Iakovlev G.I., Dr. tech. sci., prof.

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Rolf Katzenbach, Dr. tech. sci., prof. (Germany);
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, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Айдарова-Волкова Г.Н. Потенциал комплексного выявления, сохранения и туристического использования архитектурного наследия Казани в контексте устойчивого развития исторического центра	7
Волостнов О.Ю., Киносьян Н.С. К вопросу об интеграции архитектурных объектов советского периода в туристическую экспозицию центральной части города Казани	20
Губайдуллов Р.З. О датировке Канадейской башни, расположенной в Южном Средневолжье	30
Елюхина В.А., Краснобаев И.В. К вопросу о взаимосвязи архитектуры и строительных технологий (по материалам зарубежных публикаций)	40
Закирова Т.Р., Асадуллин Э.З. Развитие архитектуры общественных зданий Казани в период с середины 1930-х до середины 1950-х годов	48
Иванова Е.Ю., Хабибулина А.Г., Хабибулина А.М., Васильева Ю.В. Арочные распорные системы из кладочного материала в памятниках русской культовой архитектуры	56
Минибаева А.М., Денисенко Е.В. Предпосылки и тенденции развития архитектуры домов для пожилых людей в отечественном и зарубежном опыте проектирования	64
Мустакимов В.Р., Мустакимов А.В., Мустакимова В.В., Аминов А.Р. Реновация городской структуры города Казани с передвижкой зданий	73
Цитман Т.О., Прошунина К.А., Кудрявцева С.П. Реорганизация системы пешеходных пространств в градостроительных решениях центральной исторической части г. Астрахани	88
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Москаленко Т.А., Короткова С.Г. Приемы формирования коррекционно-развивающей среды для детей с умственной отсталостью	98
Юсупова Э.Э., Аглямова З.М., Короткова С.Г. Разработка концептуальной модели многофункционального жилого здания на основе классификации приемов устойчивого проектирования	108
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Ахметшина Л.А., Айдарова Г.Н. Особенности формирования архитектурной среды пешеходных улиц периферийных («спальных») районов на примере Казани	117
Закиева Л.Ф., Дембич А.А. Особенности градостроительного размещения медицинских учреждений в крупногородских агломерациях	127
Латыпов В.Ф., Сайфутдинова А.М. Проектирование жилой застройки с учетом требований естественного воздухообмена помещений на примере г. Петропавловск-Камчатский	134
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Лукашенко В.И., Дунаев Д.В., Бикмурзина А.В. Исследование сходимости определения ресурса элементов сооружения в условиях моделирования величин случайных параметров резерва прочности	141
Мирсаяпов Ил.Т., Ахметзянов Д.Р. Оценка эффективности применения высокопрочного бетона в стропильных конструкциях одноэтажных промышленных зданий	150
Мирсаяпов Ил.Т., Никитин Г.П., Ханбеков М.Ф. Теоретические исследования напряжённо-деформированного состояния продавливания плоских железобетонных перекрытий в местах сопряжения с колоннами	159
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	
Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Исследования влияния миграции воды на изменения физико-механических характеристик глинистого грунта в условиях трехосного нагружения	168
Мирсаяпов И.Т., Шакиров М.И., Сабирзянов Д.Д. Полевые испытания комбинированного плитно-свайного фундамента при циклическом нагружении	175
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Бройда В.А., Романов В.С. Расчетные характеристики стабилизатора расхода воздуха прямого действия с нелинейной жесткостью упругого элемента, включенного в естественную вытяжную систему	182
Мартынов П.О., Горская Т.Ю., Золотоносов Я.Д. Определение эквивалентного диаметра трубного и межтрубного пространства в аппарате с винтовым теплообменным элементом, выполненного из проволоки в виде овоида	190
Усиков С.М., Дютин В.В. Оценка необходимости установки автоматических регуляторов перепада давления на двухтрубных стояках системы водяного отопления с точки зрения возникновения шума	197

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Бусарев А.В., Абитов Р.Н., Селюгин А.С., Бахметова Л.А. Исследования процессов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов	204
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Гинчицкая Ю.Н., Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Полянских И.С., Гордина А.Ф. Строительная керамика, модифицированная техногенным изостатическим графитом	211
Кайс Х.А., Морозова Н.Н., Муртазин Н.Ф. Исследование фазово-минерального состава цеолитовых пород методом рентгенофазового анализа	219
Строганов В.Ф., Сагадеев Е.В., Ибрагимов Р.А., Пименов С.И., Потапова Л.И., Стоянов О.В. Исследование влияния механоактивации на биостойкость цементно-песчаных растворов	229
Сулейманов А.М., Туйсина Е.Б., Бикмухаметов Р.Р. Моделирование работы полимерных композиционных материалов в напряженно-деформированном состоянии под воздействием агрессивных сред. Часть 1. Разработка методики и испытательного стенда	239
Таймаров М.А., Лавирко Ю.В. Разработка новых типов алюмосиликатных огнеупоров с повышенной излучательной способностью	247
Туйсина Е.Б., Сулейманов А.М. Моделирование работы полимерных композиционных материалов в напряженно-деформированном состоянии под воздействием агрессивных сред. Часть 2. Метод прогнозирования долговечности полимеркомпозитной арматуры	255
Чутаев Б.Р., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А. Модификация поливинилхлоридных композиций органосиликатами	263
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Нуриев А.Ф., Ибрагимов Р.А. Повышение эффективности строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях применением энергосберегающих технологий	272
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Габдуллин Т.Р., Фазлеев И.А. Оптимизация процесса уплотнения щебеночно-мастичного асфальтобетона в покрытиях дорожных одежд	280
Петропавловских О.К., Логинова О.А., Апакова Д.Р., Алиуллина Г.И., Ибрагимова А.А. Управление проектами при строительстве искусственных сооружений	290
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Мудров А.Г., Мудрова А.А. Силовой анализ скоростного режущего аппарата	299
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА	
Барышева О.Б., Садыков Р.А., Хабибуллин Ю.Х., Таймаров М.А. Высокотемпературная переработка твердых бытовых отходов	307
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	314

CONTENTS

ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Aidarova-Volkova G.N. Potential for complex detection, conservation and tourist use of Kazan's architectural heritage in the context of sustainable development of the historical center	7
Volostnov O.Y., Kinosyan N.S. To a question of integration of architectural objects of the Soviet period into a tourist exposition of the central part of the city of Kazan	20
Gubaydullov R.Z. Dating the Tower of Kanadey, located in the South Middle Volga	30
Elyukhina V.A., Krasnobaev I.V. On the question of relationship of architecture and building technologies (upn the materials of foreign publications)	40
Zakirova T.R., Asadullin E.Z. Development of architecture of public buildings of Kazan during the period from the middle 1930 to the middle of 1950th years	48
Ivanova E.Iu., Khabibulina A.G., Khabibulina A.M., Vasileva Y.V. Arched spacer systems from masonry material in the monuments of Russian religious architecture	56
Minibaeva A.M., Denisenko E.V. Background and trends in the development of architecture of homes for the elderly in domestic and foreign design experience	64
Mustakimov V.R., Mustakimov A.V., Mustakimova V.V., Aminov A.R. Renovation of the city structure of Kazan with the shifting of buildings	73
Tsitman T.O., Proshunina K.A., Kudryavtseva S.P. Reorganization of the system of pedestrian spaces in the town-planning solutions of the central historical part of Astrakhan	88
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Moskalenko T.A., Korotkova S.G. Methods of forming a correctional and developing environment for children with mental retardation	98
Iusupova E.E., Aglyamova Z.M., Korotkova S.G. Creating conceptual model of a multifunctional residential building based on sustainable design methods	108
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Akhmetshina L.A., Aidarova G.N. Features of formation of the architectural environment of pedestrian streets of peripheral («sleeping») areas on the example of Kazan	117
Zakieva L.F., Dembich A.A. Special aspects of the distribution of healthcare facilities in large metropolitan areas	127
Latypov V.F., Sayfutdinova A.M. Designing of residential buildings taking into account the requirements of natural air exchange of the premises on the example of Petropavlovsk-Kamchatsky	134
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Lukashenko V.I., Dunaev D.V., Bikmurzina (Sherban) A.V. Investigation of the convergence of determining the resource elements of the structure in terms of modeling the values of random parameters of the reserve strength	141
Mirsayapov I.T., Akhmetzyanov D.R. Evaluation of the effectiveness of high-strength concrete in truss structures of one-story industrial buildings	150
Mirsayapov I.T., Nikitin G.P., Khanbekov M.F. Theoretical investigations of the stress-strain state of flat reinforced concrete floors punching in places of interface with columns	159
FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES	
Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Studies of the water migration effect on changes in the clay soil physicomechanical characteristics under triaxial loading conditions	168
Mirsayapov I.T., Shakirov M.I., Sabirzyanov D.D. Field researches of the combined plate-pile foundation under cyclic loading	175
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING	
Broyda V.A., Romanov V.S. Design characteristics of direct action airflow stabilizer with nonlinear stiffness of elastic element, included in the natural exhaust system	182
Martynov P.O., Gorskaya T.Iu., Zolotonosov Ia.D. Determination of the equivalent diameter of the pipe and intertubular space in the apparatus with a screw heat exchanger made of wire in the form of an ovoid	190
Usikov S.M., Dyutin V.V. Assessment of the need for installation automatic differential pressure regulators on double-pipe risers of a water heating system in terms of noise generation	197
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Busarev A.V., Abitov R.N., Selyugin A.S., Bakhmetova L.A. The study of the processes of sewage treatment from ions heavy metal	204
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Ginchitskaya Y.N., Yakovlev G.I., Pervushin G.N., Polyanskikh I.S., Gordina A.F. Structural ceramics modified with technogenic isostatic graphite	211

Qais H.A., Morozova N.N., Murtazin N.F. The study of the phase-mineral composition of zeolite rocks by the method of X-ray phase analysis	219
Stroganov V.F., Sagadeev E.V., Ibragimov R.A., Pimenov S.I., Potapova L.I., Stoyanov O.V. Investigation of the effect of mechanical activation on the biostability of cement-sand mortars	229
Suleimanov A.M., Tuisina E.B., Bikmahametov R.R. Modeling of polymer composite materials in the stress-strain state under the influence of aggressive media. Part 1. Development of methods and test bench	239
Taimarov M.A., Lavirko Y.V. Development of new types of aluminosilicate refractors with improved radiative ability	247
Tuisina E.B., Suleimanov A.M. Simulation of polymer composite materials in the stress-strain state under the influence of aggressive media. Part 2. Method for predicting the durability of fiber reinforced polymer	255
Chutaev B.R., Nizamov R.K., Abdrakhmanova L.A. Modification of PVC with organosilicates	263
CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION	
Nuriev A.F., Ibragimov R.A. Improving the efficiency of construction of buildings and structures in extreme climatic conditions through the use of energy-saving technologies	272
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Gabdullin T.R., Fazleev I.A. Optimization of compaction process of macadam-mastic asphalt in pavement covers	280
Petropavlovskih O.K., Loginova O.A., Apakova D.R., Aliullina G.I., Ibrsgimova A.A. Project management in the construction of artificial structures	290
CONSTRUCTION MECHANICS	
Mudrov A.G., Mudrova A.A. Power analysis of high-speed cutting machine	299
ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND MUNICIPAL ECONOMY	
Barysheva O.B., Sadykov R.A., Khabibullin Iu.Kh., Taimarov M.A. High-temperature processing of municipal solid waste	307
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	314

УДК 726,03, 72.033, 72.025.21, 72.025.5
Айдарова-Волкова Галина Николаевна
доктор архитектуры, профессор
E-mail: aidagalnik@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Потенциал комплексного выявления, сохранения и туристического использования архитектурного наследия Казани в контексте устойчивого развития исторического центра

Аннотация

Постановка задачи. Статья посвящена проблеме комплексного выявления историко-архитектурного наследия Казани – исторического поселения с тысячелетней историей. Невыявленные артефакты средневековой Казани и недостаточно полное использование объектов наследия других периодов обедняют туристическую инфраструктуру и целостность облика исторического центра.

Результат. На основе современного отечественного и зарубежного опыта предложены подходы к комплексному выявлению и интеграции архитектурного наследия разной степени сохранности (подземные остатки, наземные артефакты, воссоздание утраченных уникальных памятников, модернизация массовой исторической застройки) в городском пространстве исторического центра Казани.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в выявлении потенциала устойчивого развития исторического центра Казани через комплексную интеграцию артефактов булгаро-татарского и русско-татарского средневековья, воссоздание утраченных памятников архитектуры, модернизации массовой исторической застройки.

Ключевые слова: сохранение и туристическое использование архитектурного наследия, выявление и атрибуция артефактов булгаро-татарского и русско-татарского средневековья, воссоздание утраченных памятников, модернизация массовой исторической застройки.

Введение

Казань – один из крупнейших исторических городов России, многонациональный культурный центр с тысячелетней историей, развернутый в своих культурных ориентациях и на Восток, и на Запад. Задачи устойчивого развития исторического центра напрямую связаны с сохранением архитектурного наследия. В плане культурного туризма город представляет значительный интерес для международного сообщества, что подтверждается растущими туристическими потоками. Но потенциал Казани далеко еще полностью не выявлен и не «раскручен». Представление о том, что наше наследие беднее европейских городов в корне ошибочно. Каждая культура, страны, города интересны по-своему. С развитием международного туризма стало очевидно – универсальной ценностью обладает именно соцветие культур. И чем больше они не похожи, тем более уникальны и ценны в масштабах всемирного культурного наследия.

Новейшие подходы к выявлению, сохранению, воссозданию и использованию историко-архитектурного наследия в отечественной и зарубежной практике

Проблемы реконструкции исторических центров крупнейших городов-миллионников неминуемо связаны с вопросами сохранения историко-архитектурного наследия, культурной идентичности, развития региональных традиций. Опыт сохранения наследия имеет свою предысторию. Начиная с конца XIX века крупные столичные города Европы и России, стремительно разрастаясь, испытывали острые потребности в новых территориях. Исторические центры, ветшая, оставались в прежних границах, не успевая адаптироваться к изменяющимся условиям времени [1-3]. В первой трети XX века столичные города имели новые генеральные планы, в которых проявились идеи

сохранения и реконструкции исторических центров, при этом вопросы развития преобладали над вопросами сохранения [4, с. 267]. Только в послевоенный период в общественных воззрениях и научных трудах были сформулированы представления о необходимости сохранения культурного наследия, закрепленные позднее в международных декларациях и нормативных требованиях, чему в немалой степени способствовало развитие культурных связей и международного туризма [5-7].

Эволюция представлений о подходах к сохранению историко-культурного наследия разворачивалась от сохранения отдельных памятников архитектуры, позднее охраны исторической среды, до новой парадигмы управления изменениями среды и прогнозирования ее развития. Современная парадигма сохранения наследия основана на понятии архитектурной среды как образно-смыслового пространства [8].

В настоящее время накоплен солидный объем теоретических исследований по проблемам сохранения историко-архитектурного наследия и реконструкции исторических городов (В.Н. Белоусов, Е.Е. Бочарова, Т.В. Вавилонская, А.П. Кудрявцева, В.И. Пилявского, С.С. Подьяпольского, Е.В. Пономаренко, А.Л. Пунина, П.А. Раппопорта, Т.Ф. Саваренской, Т.А. Славиной, А.С. Щенкова и др.).

Архитектурное наследие стало важной статьей социально-экономического развития многих стран, понимаемое в условиях современных реалий как фактор устойчивого развития. Инфраструктура туризма формировалась там многие десятилетия и сегодня представляет собой отлаженную систему, является местом приложения труда для огромного количества людей [9, 10]. В условиях многонациональных регионов сохранение наследия разных культур является важным фактором, снимающим социо-культурную напряженность в социально-национальных слоях общества. Концепции выявления, сохранения и использования наследия формировались с учетом многих факторов и возможностей, путем разработки теоретической базы, изучения опыта, формирования инфраструктуры туризма.

Современные подходы к управлению историческим наследием включают выявление, сохранение, воссоздание, использование. С учетом ценности и степени сохранности, преобладают те или иные подходы и методы сохранения и использования архитектурного наследия. Среди них: реставрация и экспонирование с первоначальной функцией; реставрация, экспонирование и использование с новой функцией; реставрация с элементами реконструкции по новому назначению; реставрация с элементами модернизации; полная реконструкция и модернизация; полное воссоздание утраченного объекта [11-13]. Так, в послевоенной Польше, впервые по фотографиям была воссоздана часть исторического центра Варшавы [4]; в Греции и в Италии раскапывают и показывают все новые артефакты древности; в Швейцарии сохраняют действующий мост XIV века; в Германии, ставшей меккой туризма, сохраняют и используют средневековые жилые дома и при этом отчетливо осознают важность сохранения архитектурного наследия социалистического периода [14-16].

Максимально и комплексно выявить историко-архитектурное наследие стремятся не только те города, которые еще начинают движение в этом направлении, но и мощные культурные центры. Наблюдения в исторических городах Европы (Рим, Салоники, Бургас, Дрезден и др.) показывают, что наряду с действующими давно объектами туристического экспонирования выявляются археологическими методами все новые и новые артефакты утраченного архитектурного наследия: подземные остатки зданий далеких веков, которые включают в программы туристических маршрутов [17]. Методы экспозиции таких объектов различны – открытый показ (презентация) конструктивно-планировочных остатков зданий с разъясняющими аудио- и видео-стендами, точное воспроизведение памятника по имеющимся чертежам и обмерам, частичное или полное воссоздание на основе сохранившихся изображений.

В разных странах вырабатывались свои пути и методы сохранения и использования архитектурного наследия. В Арабские эмираты туристы со всего мира едут смотреть на новейшую архитектуру зданий, уникальных по своим технологиям и архитектурно-художественному облику, несомненно, уже сейчас являющихся наследием современной архитектуры. Но и новые города хотят иметь историческое наследие. Так, в аравийских

песках, в Дубае, заново «с нуля» воссоздана в приближенном виде аравийская деревня для туристического показа.

Не все исторические города в силу объективных обстоятельств и особенностей исторического развития сумели сохранить уникальное наследие древней и средневековой архитектуры. Только достоверно документальные исторические объекты могут иметь значимость памятника архитектуры. Но и достоверные остатки несохранившегося наследия включают в туристические программы, а, следовательно, в дополнительное финансирование для хорошо сохранившихся памятников архитектуры.

Новейшие тенденции развития исторических городов обнаруживают стремление к всестороннему раскрытию в пространстве города архитектурно-строительных наслоений прошлых веков, в том числе и археологически выявленных, которые включают не только в музейное, но и в обыденные пространства города, устраивая «археологические окна» в тротуарах, общественных зданиях, метро. Особенно ценятся здания с богатой историей, содержащие наслоения строительных периодов разных культур и эпох в конструкциях фундаментов, стен, элементах декора. Эти наслоения тщательно выявляются и маркируются. В буклетах и информационных стендах такие объекты имеют развернутую и интересную для туристов информацию, позволяющую оценить духовную целостность пережитых событий конкретного объекта и места, что соответствует принципам Венецианской хартии по вопросам сохранения и реставрации памятников и достопримечательных мест.

Отечественный опыт сохранения наследия восходит к началу XX века (И.Э. Грабарь) и особенно проявился в послевоенный период, когда формировалась отечественная школа реставрации [18]. Волны сноса архитектурных памятников прокатились по стране. Их было несколько: в 30-е – годы борьба с религией, уничтожение объектов культовой архитектуры; в 50-е и 70-е – новые волны сноса памятников культового и гражданского зодчества; в 90-е начало ипотечного строительства повлекло снос памятников и массовой деревянной архитектуры в исторических центрах многих городов России.

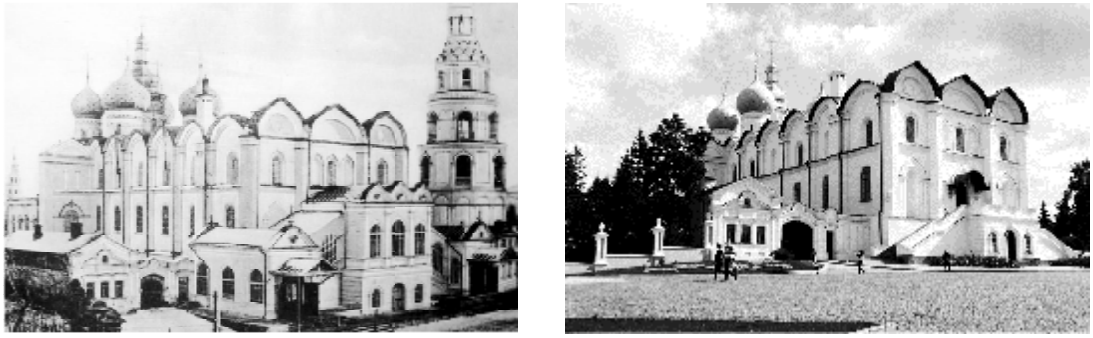
Метод воссоздания получил достаточное признание в условиях значительных утрат достоверной исторической среды. Опыт воссоздания памятников архитектуры не так велик. Значительным событием было воссоздание в Москве храма Христа Спасителя, Казанского собора на Красной площади, Воскресенского Новоиерусалимского монастыря в Московской области. В настоящее время поставлен вопрос о воссоздании Сухаревой башни, утраченной в 30-е годы, части китайгородской стены, некоторых утраченных храмов в Московском кремле (Чудов и Вознесенский монастыри).

Выявление, воссоздание и использование артефактов булгаро-татарского и русско-татарского средневековья в архитектурном пространстве Казани

Казань – город с тысячелетней историей относится к историческим поселениям со значительными утратами в архитектурном наследии периода булгаро-татарского и русско-татарского средневековья, а также XVII-XVIII веков. Сохранившиеся памятники не в полной мере атрибуцированы, массовая застройка XIX века, не стоящая на охране, как правило, не подлежит сохранению. Международный опыт показывает, что только с развитием индустрии туризма возникают возможности сохранения и использования архитектурного наследия. В наших условиях необходим комплексный подход, учитывающий не только сохранение наследия, но и его всестороннее выявление, а также в отдельных случаях научно обоснованное воссоздание.

Колокольня Благовещеннского собора в Казанском кремле. Среди утраченных в 30-е годы объектов были объекты, которые оказались невосполнимыми по степени своей ценности. В частности, колокольня Благовещенского собора в Казанском кремле – шедевр эпохи русско-татарского средневековья (снесена в 1930-е годы), соборный храм Казанского Богородицкого монастыря (воссоздается), Воскресенский собор (место занято Химическим корпусом КФУ) и др. Точных сведений о строительстве колокольни нет. Возможно, это был перестроенный минарет ханского периода или колокольня, в облике которой слились традиции булгаро-татарского и русского средневековья. Слияние русских и булгаро-татарских традиций создали уникальный образец регионального зодчества. С утратой

колокольни Благовещенский собор утратил важнейший элемент архитектурной композиции. Ансамбль нарушен и выглядит незавершенным. Воссоздание колокольни, несомненно, когда-то состоится. Ее фундаменты, вероятно, частично сохранились, местонахождение легко вычисляется по планам и панорамам кремля, место свободно от застройки другими зданиями. Современные технологии позволяют по многочисленным фотографиям в мельчайших деталях воссоздать ее облик [19]. Функции колокольни, с учетом других более современных средств оповещения о проводимых в большие праздники церковных богослужениях, восстанавливать не обязательно. С восстановлением колокольни обогатится силуэт кремля и, в целом, Казани, Благовещенский собор приобретет, наряду с минаретами мечети Кул-Шариф, свой полноценный облик (рис. 1).



а) б)

Рис. 1. Благовещенский собор Казанского Кремля, XVI-XIX вв.
(фото с официального сайта Казанского Кремля http://kazan-kremlin.ru):
а) с колокольней (фото начала XX века); б) без колокольни (современная фотография)

Ценность паритетного расположения двух храмов – мусульманского и христианского – на расстоянии, ближе которого мечети и православные храмы не стоят больше нигде в России, возрастет, вследствие чего еще ярче в пространстве города проявится идея межконфессионального согласия, чем заслуженно славится и гордится Казань. Интерес к такому редкому явлению культуры поднимет Казань и в отношении туристической привлекательности, а это может реально увеличить потоки туристов, что позволит получать средства для поддержания не только данного, но и других объектов охраны наследия. В Казани есть успешный опыт воссоздания соборного храма Богородицкого монастыря, что является важнейшим этапом на пути комплексного сохранения и использования наследия. И, хотя воссозданные объекты не могут иметь статус памятника архитектуры, их культурную и воспитательную роль, как зримую стабилизацию традиций в городском пространстве, нельзя недооценивать (рис. 2).

а) б)

Рис. 2. Соборный храм Казанской божьей матери Казанского Богородского монастыря:
а) Фото начала XX века
(фото с официального сайта Казанского Богородицкого монастыря http://kazan-obitel.ru);
б) воссоздание Соборного храма Казанской Богоматери и Богородицкого монастыря
(фото с сайта информационного агентства «Татар-информ» https://www.tatar-inform.ru)

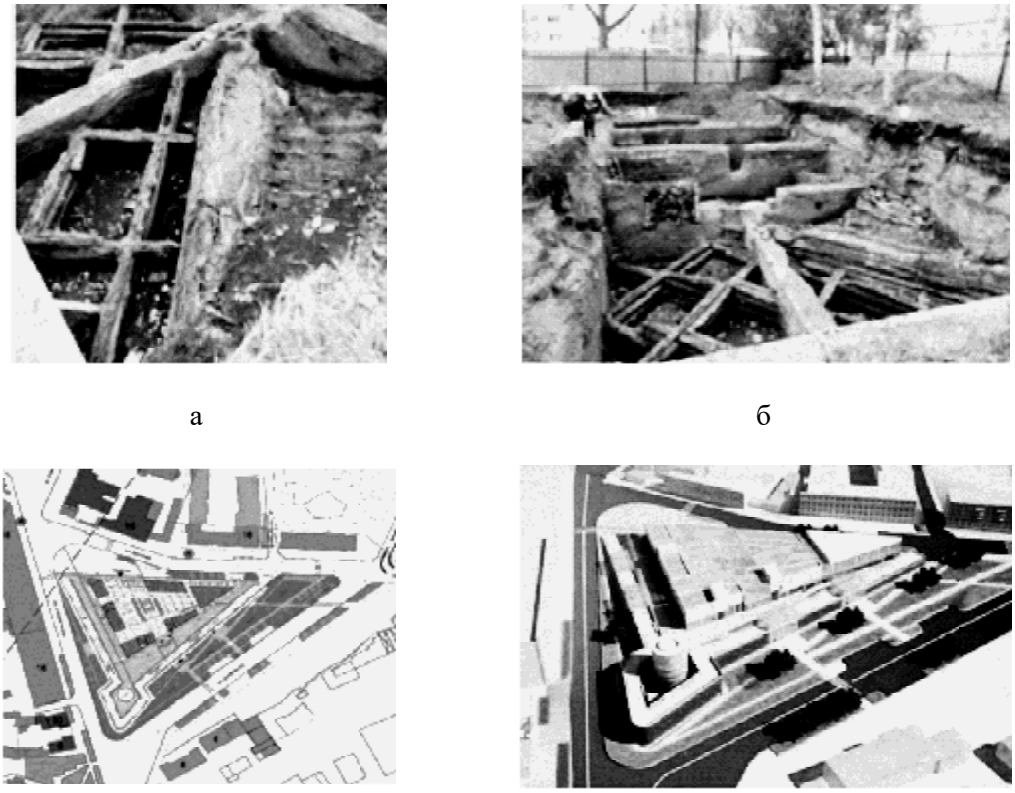
Известно, что исторические города на протяжении многих веков развивались посредством непрерывных перестроек, достроек, надстроек, уже существующих или полуразрушенных временем и войнами, зданий. В Казани сохранение наследия традиционно связывают с XVIII-XIX веками и самым началом XX века. Есть отдельные шедевры XVI-XIX веков, но не только они притягивают туристов в наш город. Для туристов, особенно зарубежных, в частности, из мусульманских стран, представляет исключительный интерес два аспекта нашего наследия, которые ожидают здесь увидеть: 1) малоизвестная в Европе и на мусульманском Востоке средневековая исламская культура, возникшая и развивавшаяся здесь, на восточноевропейской окраине в лесах и снегах Поволжья более пятисот лет; 2) деревянная самобытная архитектура жилых домов, церквей и мечетей XVIII-начала XX веков, какой нет ни в Европе, ни в странах мусульманского Востока, с ее традициями фахверковой архитектуры.

В этой связи важным вопросом для такого древнего города как тысячелетняя Казань является создание его целостного историко-архитектурного образа. Невыявленные артефакты наследия булгаро-татарского средневековья в структуре подземных и наземных слоев культурного ландшафта являются потенциалом развития туристической инфраструктуры Казани, создания более целостного образа исторического поселения. Для его решения потребуется всесторонний подход к археологическому выявлению фрагментов булгаро-татарского средневековья, таящихся в подземных и наземных слоях кремлевского ансамбля и исторического центра. В настоящее время подземные части некоторых зданий периода булгаро-татарского средневековья археологически выявлены в северной части кремля: северная башня Кремля, два мавзолея (рис. 3), здание гражданского назначения в ханском дворе (рис. 4).

Рис. 3. Руинированные остатки мавзолея булгаро-татарского периода в Казанском кремле (иллюстрация авторов)

Рис. 4. Фундаменты здания булгаро-татарского периода в Казанском кремле (фото с официального сайта ГУП «Татинвестгражданпроект» https://tigp.ru)

Туристический показ этих объектов имеет большой значение для восполнения представлений о средневековой Казани. В качестве дополнения необходимы стенды с визуализацией облика этих зданий и развернутой аудиоинформацией. Продолжение археологических поисков булгаро-татарской Казани с последующим включением их в туристическую экспозицию города является важным потенциалом сохранения исторического центра, обогащающим в целом возможности финансирования архитектурного наследия. Вслед за опытом Москвы можно было бы воссоздать фрагмент посадской стены и башню XVI века и в Казани. Представляет интерес опыт Самары, где предложено в рамках эксперимента создать «память места» – «Смарский городок», открыв для экспозиции руинированные подземные остатки деревянного городка (рис. 5). Возможно, достоверные подземные остатки посадских стен XVI века существуют и в историческом центре Казани.



а б

в г

Рис. 5. Пример интеграции археологических остатков
в архитектурную среду исторического города:
а), б) археологически вскрытые и законсервированные остатки конструкций земляной крепости в г. Самара (фото кандидата архитектуры, доцента СамГТУ Вавилонской Т.В.);
в), г) экспериментальная модель воссоздания и сохранения «памяти места» в г. Самара (иллюстрации кандидата архитектуры, доцента СамГТУ Вавилонской Т.В., Титовой Е.)

К наземным архитектурным памятникам, туристический и историко-культурный потенциал которых можно значительно увеличить, следует отнести некоторые наземные объекты Казанского кремля и исторического центра, в которых могут содержатся фрагменты конструкций (фундаменты, стены, отдельные элементы фасадов) периода булгаро-татарского средневековья. Это такие объекты как стены кремля, Тайницкая башня, Духосошественская церковь (рис. 6), Благовещенский собор, а также ряд зданий в историческом центре, происхождение которых документально не установлено, но предания и отдельные артефакты говорят о более раннем их происхождении, чем это принято считать: дом И.А. Михляева (рис. 7), дом И. Н. Харитонова (рис. 8), Гостинодворская церковь, Кабанское городище и др. Выявленные слои можно демонстрировать каким-либо из известных методов: выделять контурной обводкой, или цветом, или другими видами маркировки. При выявлении средневековых артефактов в составе стен или фундаментов зданий их историко-культурная и туристическо-экспозиционный потенциал на порядок возрастает. В буклетах и стендах можно давать обширную новую информацию, которая повысит туристический интерес.

Рис. 6. Духосошественская Дворцовая церковь, XVI-XIX вв. Казанский кремль (фото с сайта http://real-kremlin.ru)

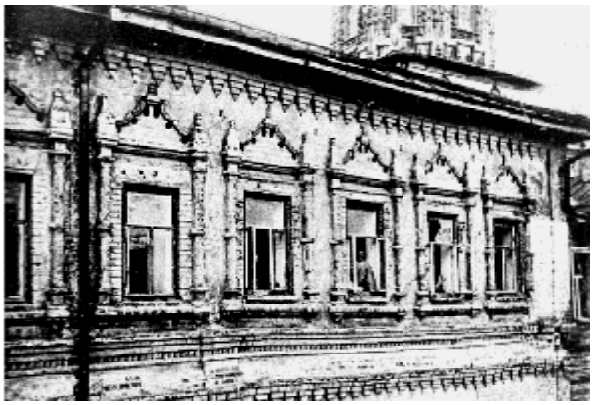


Рис. 7. Дом И.А. Михляева, XVII-XVIII вв. (фото из личного архива Айдаровой Г.Н.)

Рис. 8. Дом И.Н. Харитонова, XVIII-XIX вв. (фото из личного архива Айдаровой Г.Н.)

Рис. 9. Башня Сююмбике, XVI-первая треть XVIII вв. Казанский кремль (иллюстрация авторов)

Башня Сююмбике. Важнейшим вопросом в комплексном выявлении наследия средневековой Казани является вопрос о башне Сююмбике (рис. 9). Время строительства и назначение памятника федерального и международного значения остается фактически неустановленным – диапазон датирования XVI-первая треть XVIII века – радиоуглеродный или какие-либо другие инструментальные анализы никогда не проводились. Башня Сююмбике не имеет таблички с полной атрибуцией, перечислением всех данных о времени и назначении охраняемого объекта. Зарубежная практика показывает, что для установления времени строительства объекта или отдельных средневековых фрагментов в составе более поздних строительных наслоений требуются инструментальные методы достаточно известные и широко используемые в программах сохранения наследия (лабораторный анализ дерева, металла, кирпича, раствора, метод радиоуглеродного анализа).

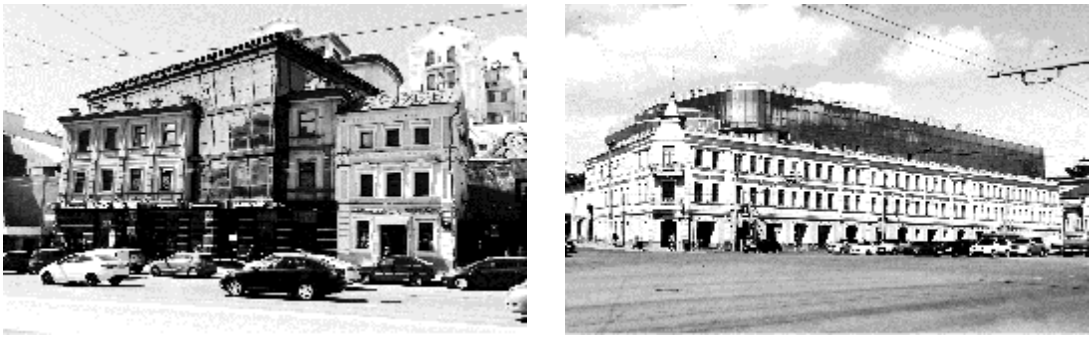
Сохранение и использование рядовой исторической застройки XIX века

К концу XX века в Казани и в целом в Татарстане сохранялось немало жилых домов и мечетей XVIII-XIX веков. Часть из них (Казаковская мечеть, Дом Крупенникова, дом Аксакова) была утрачена в связи со строительством новых зданий в историческом центре и с застройкой городских магистралей (ул. Вишневского ул. Татарстан, ул. Пушкина). При всех усилиях органов охраны наследия и реставраторов сохранить все невозможно, город должен развиваться в пространстве и во времени. Нужна конструктивная программа с обоснованием того, что и какими методами нужно сохранять из того, что уже нельзя потерять, что из утраченного требует воссоздания. В соответствии с этой программой следовало бы выявить разнообразные режимы реконструкции исторического центра Казани в зависимости от разных планировочных частей города. «Новое» и «старое» могут сосуществовать на паритетных основах, максимально выявляя значимость одного и другого. Несомненно, в историческом центре должны появляться, впечатляющие по своему облику и технологиям, уникальные объекты, не исключая Старотатарскую и Новотатарскую слободы.

Некоторые известные приемы реконструкции и модернизации обычных исторических зданий [20], не включенных в реестр охраны памятников, позволят не потерять их полностью, а полноценно использовать. В частности, в Казани было немало интереснейших кирпичных зданий прошлых веков, которые были снесены в ходе реконструкции (улицы Солдатская, Татарстан, Пушкина и др.). При этом современные методы реставрации и реконструкции позволяли бы сохранить достоверные фасады или части зданий, модернизировать их путем надстраивания, пристраивания и т.д. Этот опыт, широко применяемый в городах Европы, в единичных случаях применен и в Казани. На улице Пушкина есть пример удачного сочетания модернизированного кирпичного фасада жилого дома XIX века со стеклянным обрамлением новой пристроенной части (рис. 10а). Есть и другие примеры компромиссного решения: восстановление номеров «Булгар» в новых конструкциях с сохранением старого облика и с последующей надстройкой стеклянным этажом (рис. 10б); реконструкция гостиницы Казань (номера Щетинкина) с сохранением достоверного исторического фасада, что более правильно, так как, в данном случае, главный фасад остается памятником архитектуры XIX века.

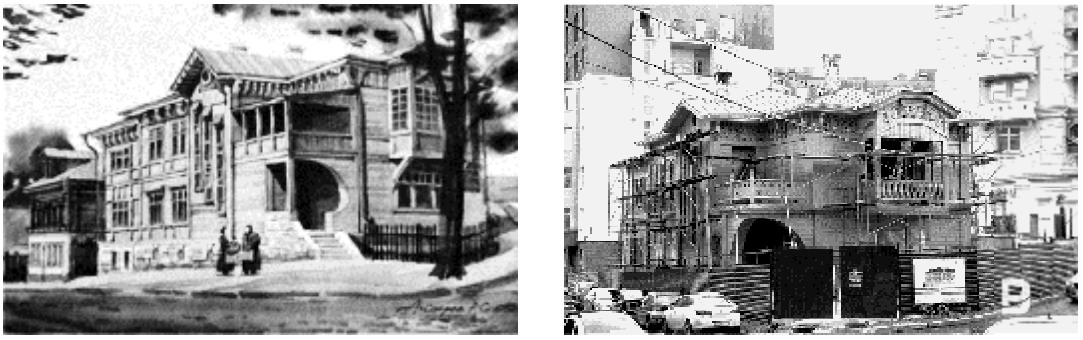
Известны трудности с сохранением и использованием наследия деревянной архитектуры. Здесь можно использовать те или иные подходы в зависимости от состояния и степени ценности объекта: максимально сохранять то историко-культурное наследие, которое осталось; воссоздавать утраченное объекты, имеющее историко-архитектурную ценность, и, как продолжение традиций, строить новые современные здания с использованием традиционных и модернизированных элементов деревянной архитектуры.

На рубеже XX-XXI веков проблемы сохранения и использования деревянных жилых домов не нашли своего адекватного решения. В условиях отсутствия финансирования и соответствующих методик сохранения деревянной жилой застройки реставрировались отдельные объекты республиканского значения (музей-усадьба В.И. Ленина, музей в селе Тукай-Кырлай и др.), появлялись отдельные «новоделы» (дом по ул. К. Насыри, 26).



а) б)

Рис. 10. Восстановление исторического здания (иллюстрации авторов):
а) бывший жилой дом (XIX век) по ул. Пушкина, 23,
реконструкция и модернизация под новую функцию;
б) бывшие Номера «Булгар» (XIX век) по улице Татарстан, 63, реконструкция и модернизация



а) б)

Рис. 11. Дом В.А. Дружининой, 1911 г. (сгорел в 2012 году):
а) вид до пожара (акварель Равиля Айарова);
б) восстановление дома В.А. Дружининой.
Современный вид (фото с сайта Интернет-газеты «Реальное время» https://realnoevremya.ru)

Решение жилищного вопроса упиралось в необходимость сноса массовой ветхой деревянной застройки, а, начинающее входить в практику, ипотечное жилищное строительство требовало новых территорий в историческом центре. В связи с этим утраты массовой деревянной архитектуры оказались значительными. Прецеденты реставрации с воссозданием отдельных фрагментов были осуществлены в разных частях города (дом А. Дружининой (рис. 11), Дом-музей Василия Аксенова и дом Дротоевского по ул. К. Маркса; дом по ул. Гладилова, 46). С учетом опыта можно было бы воссоздать деревянную двухминаретную мечеть в Адмиралтейской слободе (рис. 12), которая находилась на улице Большая, с учетом нового местоположения, возможно, в Старотатарской или в Новотатарской слободе.

В Старотатарской слободе восстановлен ряд деревянных жилых домов: дом Валина с флигелем по ул. К. Насыри; дом, где жил Шигабудтин Марджани (ул. Каюма Насыри, 10); дом по улице К. Насыри,11 (рис. 13), татарская усадьба по ул. Ш. Марджани, 8, дом Бегаева по улице Парижской Коммуны, 18 и др. В настоящее время на улице К. Насыри и набережной Кабана развернуто туристическое обслуживание в жилых дворах: уютные рестораны, сувенирные лавки с народными промыслами. В оформлении использованы типичные для этнотуризма объекты народного быта (телеги, полотенца, колеса, муляжи лошадей и утвари), предусмотрены возможности организации народных праздников посреди пешеходной улицы К. Насыри.

Рис. 12. Деревянная мечеть по улице Большая в Адмиралтейской слободе, рубеж XIX-XX вв. (акварель Равиля Айдарова)

Рис. 13. Восстановленный дом в Старотатарской слободе по улице К. Насыри (акварель Равиля Айарова)

Создание в 1992 году историко-культурного заповедника «Старотатарская слобода» предполагало создание музея под открытым небом. Проблема заключается в том, что после массового сноса остались штучные аутентичные деревянные дома. К музейной части можно отнести в большей степени кирпичные мечети, особняки и некоторые деревянные дома. Не уцелело целиком ни одного деревянного квартала, нет уже тех достоверных типов деревянных жилых домов и усадеб, которые могли бы составить музейную часть заповедника. Значительная территории (88 га) еще мало включена в общественную жизнь, и не полностью отвечает современным требованиям и уровню благоустройства. Вследствие этого историко-культурная, туристическая и экономическая активность Старотатарской слободы еще недостаточно эффективна.

Для дальнейшего формирования музея-заповедника необходимы более взвешенные, научно обоснованные подходы к воссозданию объектов деревянной городской архитектуры казанских татар. Можно было бы восполнить в штучных экземплярах отдельные типы утраченных деревянных жилых домов XIX века: жилые усадьбы, усадьбы с той или иной производственной функцией, многоквартирные и доходные дома. Их в первую очередь следует выявлять в архиве РТ, как достоверно существовавшие на территории слободы, имевшие своих владельцев и вновь построенные на другом месте, но в той же Старотатарской слободе. Функциональное наполнение воссоздаваемых деревянных домов должно отвечать современным требованиям. Необходимы отели, специальные магазины с традиционными для татар продуктами, почта, аптека, поликлиника, художественные мастерские. Территория Старотатарской слободы не должна застывать в туристских муляжах. В ней должны найти свое место современные архитектурные формы, разнообразные типы жилых и общественных зданий [21]. В отдельных экземплярах можно было бы возводить новые жилые дома в клееных деревянных конструкциях. Целесообразно было бы воссоздать традиционные виды ремесленного производства, в том числе народные промыслы, производство традиционных продуктов питания. Татарские типографии в конце XIX века славились по всему Поволжью; производство печатной продукции (буклеты, альбомы, художественная и краеведческая литература) повысило бы культурную значимость заповедника. Вектор движения должен быть направлен от туристского кича к исторической достоверности с одной стороны, и более широко – как возвращение на новом уровне к традициям деревянного зодчества с использованием современных технологий, стилистики, комфорта.

Заключение

В заключении можно сказать, что современные подходы к выявлению, сохранению, воссозданию и туристическому использованию архитектурного наследия следует шире внедрять в практику. Чем более разнообразной будет интеграция архитектурного наследия в пространство современного исторического города, тем больше будет возможностей для комплексного сохранения и развития исторического центра Казани. Комплексное выявление, сохранение и туристическое использование архитектурного

наследия Казани, в контексте устойчивого развития исторического центра, может включать: воссоздание отдельных утраченных объектов (колокольня Богоявленской церкви, фрагмент деревянной посадской стены XVI века, деревянной двухминаретной мечети в Адмиралтейской слободе и др.); инструментальную атрибуцию памятников архитектуры Казанского кремля, точное происхождение которых не установлено (башня Сююмбике, Духосошественская церковь, Благовещенский собор, Тайницкая башня и др.); выявление артефактов периода булгаро-татарского средневековья в подземных и наземных архитектурных конструкциях существующих объектов, происхождение которых уходит вглубь веков (стены кремля, дом И.А. Михляева, дом И.Н. Харитонова, Кабанское городище и др.); модернизацию исторических зданий, не стоящих на охране в контексте современных архитектурных решений; сохранение и воссоздание утраченных объектов деревянной архитектуры в Старотатарской слободе.

Список библиографических ссылок

1. Иконников А. В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. Издание в двух томах. Т. 1. М. : Прогресс-Традиция, 2001. 654 с.
2. Echarri V. Heritage Architecture Studies. Ashurst Lodge : WIT Press, 2018, 386 p.
3. Mihaila M. City Architecture as Cultural Ingredient // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2014. № 149. P. 565–569
4. Гольдзамт Э. А., Швидковский О. А. Градостроительная культура европейских социалистических стран. М. : Стройиздат, 1985. 475 с.
5. Надырова Х. Г. Хартия ИКОМОС и охранно-реставрационная деятельность в республике Татарстан : сб. мат. V Международной научно-практической конференции «Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация / КГАСУ. Казань, 2017. С. 201–209.
6. Наследие как фактор устойчивого развития: материалы XI международная конференция национальных трастов и её итоги // FONDUS.RU : официальный сайт национального фонда «Возрождение русской усадьбы». 2005. URL: http://www.fondus.ru/archive/prezentatsiya-natsionalnoj-premii-kulturnoe-nasledie-2005/57 (дата обращения: 20.04.2019).
7. Кузнецов А. Особенности законодательства и организации охраны памятников архитектуры во Франции и Италии. М., 1965. 271 с.
8. Вавилонская Т. В. Эволюция парадигмы международной охраны наследия : сб. мат. V Международной научно-практической конференции «Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация» / КГАСУ. Казань, 2017. С. 97–100
9. Шестак Ю. П. Целостный образ прошлого и туризм в республике Беларусь: роль архитектурных реконструкций : сб. мат. V Международной научно-практической конференции «Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация» / КГАСУ. Казань, 2017. С. 325–331.
10. Вавилонская Т. В. Стратегия обновления архитектурно-исторической среды. Самара : СГАСУ. 2008. 368 с.
11. Bloszies Ch. Old Buildings, New Designs: Architectural Transformation, New York : Princeton Architectural Press, 2012. 144 p.
12. Cullinane J. Maintaining and Repairing Old and Historical Buildings. Hoboken : John Wiley & Sons, Inc, 2013. 264 p.
13. Thesis of reports : Design & Historic Preservation: The Challenge of Compatibility, Baltimore, 2009. 197 p.
14. Подъяпольский С. С. Концепции методики реставрации памятников архитектуры в Италии. Методика и практика сохранения памятников архитектуры. 1974. 320 с.
15. Реставрация памятников истории и культуры: опыт послевоенной Германии // Строительство и недвижимость. 2000. URL: http://www.nestor.minsk.by/sn/2000/43/sn04323.html (дата обращения 17.04.2019).

16. Козлова Г. С. Компромисс между сохранением и развитием архитектурно-исторических ансамблей (опыт Германии) // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. № 2 (5) 2013. С. 171–183.
17. Thesises of reports : 4th Biennial of Architectural and Urban Restoration, Nicosia, 2018. 1464 p.
18. Стерра Б. Реальность и игра воображения – аспекты охраны памятников архитектуры в Дрездене // Послевоенное восстановление памятников. Теория и практика XX века : сб. мат. международной научной конференции / Гос. ист.-худож. дворцовопарковый музей-заповедник «Гатчина», Ком. по гос. контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга. Санкт-Петербург, 2014. С. 183–188.
19. Рыбаков А. А. Роль И. Э. Грабаря в изучении и сохранении архитектурно-художественного наследия Русского Севера : мат. V Грабаревских чтений: Международная научная конференция. М. : Сканрус, 2003. С. 27–39.
20. Дуцев М. В. Интегральная концепция архитектурной среды на примере городов Голландии и Германии // ACADEMIA. 2012. № 4. С. 12–20.
21. Айдарова Г. Н. Деревянные жилые кварталы Казани. Старотатарская слобода: история и современность // Жилищное строительство. 2018. № 12. С. 45–49.

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

Potential for complex detection, conservation and tourist use of Kazan's architectural heritage in the context of sustainable development of the historical center

Abstract

Problem statement. The article is devoted to the problem of complex identification of the historical and architectural heritage of Kazan – a historical settlement with a thousand-year history. The undetected artifacts of medieval Kazan and the insufficient use of the heritage objects of other periods impoverish the tourist infrastructure and the integrity of the historical center appearance.

Results. On the basis of modern domestic and foreign experience, the approaches for the integrated identification and integration of the architectural heritage preserved in varying degrees (underground remnants, ground artifacts, recreation of lost unique monuments, and modernization of the mass historical urban areas) in the urban space of the historical center of Kazan have been proposed.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture consists in identifying the potential for sustainable development of the historical center of Kazan through the complex integration of artifacts of the Bulgar-Tatar and Russian-Tatar Middle Ages, the reconstruction of lost architectural monuments, modernization of the mass historical buildings.

Keywords: conservation and tourist use of the architectural heritage, identification and attribution of artifacts of the Bulgar-Tatar and Russian-Tatar Middle Ages, reconstruction of lost monuments, modernization of the mass historical urban areas.

References

1. Ikonnikov A. V. Architecture of the twentieth century. Utopia and reality. Edition in two volumes. Vol. 1. M. : Progress-Traditciya, 2001. 654 p.
2. Echarri V. Heritage Architecture Studies. Ashurst Lodge : WIT Press, 2018, 386 p.

3. Mihaila M. City Architecture as Cultural Ingredient // Procedures – Social and Behavioral Sciences. 2014. № 149. P. 565–569.
4. Goldzamt E. A., Shvidkovsky O. A. Town-planning culture of European socialist countries. M. : Stroyizdat, 1985. 475 p .
5. Nadyrova Kh. G. The ICOMOS Charter and Security and Restoration Activities in the Republic of Tatarstan : materials of the International Scientific and Practical Conference «Cultural Heritage in the 21st Century: Preservation, Use, Popularization» / KSUAE. Kazan, 2017. P. 201–209.
6. Heritage as a factor of sustainable development : materials of the XI International conference of national trusts and its results // FONDUS.RU: official website of the national foundation «Revival of the Russian manor». 2005. URL: http://www.fondus.ru/archive/prezentatsiya-natsionalnoj-premii-kulturnoe-nasledie-2005/57 (reference date: 20.04.2019).
7. Kuznetsov A. Features of the legislation and the organization of the protection of architectural monuments in France and Italy. M., 1965. 271 p.
8. Vavylonskaya T. V. The Evolution of the paradigm of international heritage protection: proceedings of the V International scientific and practical conference «Cultural heritage in the 21st century: preservation, use, popularization» / KSUAE. Kazan, 2017. P. 97–100
9. Shestak Yu. P. Holistic image of the past and tourism in the Republic of Belarus: the role of architectural reconstructions : dig. of art. of the V International scientific and practical conference «Cultural heritage in the XXI century: preservation, use, popularization» / KSUAE. Kazan, 2017. P. 325–331.
10. Vavylonskaya T. V. The strategy of updating the architectural and historical environment. Samara : SGASU. 2008. 368 p.
11. Bloszies Ch. Old Buildings, New Designs: Architectural Transformation, New York : Princeton Architectural Press, 2012. 144 p.
12. Cullinane J. Maintaining and Repairing Old and Historical Buildings. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013. 264 p.
13. Thesis of reports: Design & Historic Preservation: The Challenge of Compatibility, Baltimore, 2009. 197 p.
14. Podyapolsky S. S. Concepts of methodology for the restoration of architectural monuments in Italy. Methods and practice of preserving monuments of architecture. 1974. 320 p.
15. Restoration of historical and cultural monuments: the experience of post-war Germany // Stroitelstvo i nedvyzhimost. 2000. URL: http://www.nestor.minsk.by/sn/2000/43/sn04323.html (reference date: 17.04.2019).
16. Kozlova G. S. Compromise between the preservation and development of architectural and historical ensembles (the experience of Germany) // Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'. № 2 (5) 2013. P. 171–183.
17. Thesises of reports: 4th Biennial of Architectural and Urban Restoration, Nicosia, 2018. 1464 p.
18. Sterra B. Reality and imagination – aspects of the protection of architectural monuments in Dresden // Post-war restoration of monuments. Theory and practice of the XX century : dig. of art. scientific conf. / State. historical artist palace and park museum-reserve «Gatchina», Com. by state control, use and protection of monuments of history and culture of St. Petersburg. SPb., 2014. P. 183–188.
19. Rybakov A. A. The role of I.E. Grabar in the study and preservation of the architectural and artistic heritage of the Russian North: proceedings of V Grabarev readings: International Scientific Conference. M. : Scanrus, 2003. P. 27–39.
20. Dutsev M. V. Integrated concept of the architectural environment on the example of cities in the Netherlands and Germany // ACADEMIA. 2012. № 4. P. 12–20.
21. Aidarova G. N. Wooden residential quarters of Kazan. Old Tatar settlement: history and modernity // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2018. № 12. P. 45–49.

УДК 72.01
Волостнов Олег Юрьевич
преподаватель
E-mail: volosart@gmail.com
МБУ ДО «ДХШ № 1» Советского района г. Казани
Адрес организации: 420140, Россия, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 147
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

К вопросу об интеграции архитектурных объектов советского периода в туристическую экспозицию центральной части города Казани

Аннотация

Постановка задачи. Целью данной статьи является определение состояния и возможностей для работы с туристическими дестинациями, которые основаны на архитектурных объектах советского периода в центральной части города Казань.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в рассмотрении, принятой в мировом сообществе, классификации туристических пространств по оказываемому функционалу:

- формированию и анализу предполагаемых туристических дестинаций, в основе которых лежат архитектурные объекты советского периода в центральной части города Казань;
- предложению мероприятий по оптимизации и адаптации предлагаемых туристических дестинаций в контакте ввода в экспозиционный потенциал Казани вышеуказанных объектов.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в анализе объектов советской архитектуры центральной части г. Казани в контексте создания на их базе туристической дестинации. Разработаны рекомендации для обеспечения стабильной туристической дестинации на выявленных территориях.

Ключевые слова: туристические дестинации, активное городское пространство, архитектурные объекты советского периода.

Введение

Туристская дестинация – это географическая территория, определенно ограниченная, составляющая цель путешествий, обладающая необходимой инфраструктурой и представляющая конкурентный субъект на рынке туризма. В контексте туризма, дестинация выступает посредником, который связывает чувства туриста и его «опыт места» с историческими и геополитическими фактами с конкретным местом.

Советский период включает в себя отдельные эстетико-визуальные, образные, идеологические компоненты, которые, при анализе туристами, способны расширить опыт пребывания на территории г. Казани, и требуют меньшего количества инвестиций по сравнению с объектами средневековья и классицизма.

Согласно исследованиям С.П. Саначина [1] в области истории развития архитектуры города Казани в советский период, всплеск строительства и более плодотворный для архитекторов и градостроителей период пришелся на промежуток с 30-х по 50-е годы XX века.

Актуальность темы выражена несколькими предпосылками. Во-первых, туризм назван «драйвером развития Казани» [2], т.к. происходит увеличение количества туристов, посещающих столицу Татарстана, на 15 % за год [3]. Во-вторых, необходимо классифицировать объекты экспозиции советской архитектурной школы по типу функционирования и предоставляемым услугам посетителям. В-третьих, нужно провести ревизию по состоянию объектов. Сфера городского туризма в г. Казани представлена объектами средневекового и классического периодов, над которыми ведется работа по

сохранению и реставрации [4], тогда как объекты иных периодов получают меньшее количество средств на капитальный ремонт. Необходимо расширить потенциал экспозиции и популяризировать советский период, т.к. г. Казань обладает обширными активами данного периода.

Задачи:

- определить территориальные границы экспозиции объектов;
- выявить туристические дестинации для объектов архитектуры советского периода (1920-1980 гг.) в центральной части города Казани;
- определить состояние туристических объектов советского периода с архитектурно-пространственной точки зрения.

Принятая в туристической сфере классификация объектов и их пространств в городской ткани

Ключом к пониманию классификации и типизации туристических дестинаций становится оценка функций, выполняемых для туристов, и качеств или особенностей, которыми они обладают, позволяющих выполнять запросы, предъявленные туристами.

Планирование и последующее управление туристическими дестинациями заключается в развитии и популяризации отличительных функциональных признаков, делающих туристическую дестинацию уникальной.

С точки зрения развития подходов к планированию, управлению или маркетингу территорий, необходимо определить позиции и роли, которые выполняют туристические дестинации в городском пространстве. В принятой классификации [5], городские территории можно условно разделить на следующие типы:

- развлекательные или деловые туристические районы [6];
- зоны фермерских рынков [7];
- зоны продажи локального продукта [8];
- зоны фестивальных площадок;
- зоны сохранения и экспозиции историко-культурного наследия;
- зоны сохранения и экспозиции этнического наследия [9, 10];
- зоны естественного природного наследия;
- богемские районы;
- окрестности береговой линии.

Обслуживающие функции направлены на удовлетворение основных потребностей туристов, находящихся в незнакомой среде. Роль туристических дестинаций отличается рядом позитивных моментов:

- известны места для осмотра достопримечательностей и социализации, по средствам встреч с туристами других групп и с местными жителями;
- туристические дестинации, центральнорасположенные и обладающие рядом отличительных архитектурно-планировочных особенностей, обеспечивают контраст среды с рядовой застройкой;
- способствуют ориентации туриста и более детальному исследованию города.

Типология, которая полагается на функции туристических дестинаций, может разделить их на следующие типы:

- зоны для собраний и встреч;
- зоны для ориентации в пространстве;
- зоны для комфортного отдыха;
- зоны для приватного отдыха;
- зоны для игр;
- зоны для исследования объектов показа на подлинность.

Различия в функциях туристических дестинаций необязательно взаимосвязаны с физическими или социокультурными особенностями. Наиболее ценится туристами фактор опыта, создающийся на основе функциональных зон, и отношения сообщества местных жителей к туристам и уровню комфортности городской среды.

Адаптация принятой туристической классификации к существующим пространствам исторического центра г. Казани

В историческом центре Казани располагаются, одни из самых значимых для туризма, архитектурные объекты советской архитектурной школы. Так, территориально объеденные, они представлены следующим образом:

1. Группа жилых домов по ул. Большая Красная:

- жилой дом (А.М. Субаев, 1939 г., ул. Б. Красная, д. 14/17);
- жилой дом кон. XIX-нач. XX вв. (архитектор неизвестен, ул. Б. Красная, д. 12);
- жилой дом кон. XIX (архитектор неизвестен, ул. Б. Красная, д. 13);
- жилой дом (С.С. Копец, 1956 г., ул. Б. Красная, д. 17).

2. Группа объектов на площади Свободы:

- учебный корпус КАИ (Г.М. Пичуев, 1964 г., ул. К. Маркса, д. 31/7);
- жилой дом (М.К. Игламов, 1949 г., ул. Б. Красная, д. 36А);
- реконструкция здания КАИ (Р.М. Муртазин, 1953-1957 гг., ул. Театральная, 37);
- жилой дом (архитектор неизвестен, 1938-1941 г., ул. Б. Красная, д. 18/7);
- жилой дом середина XX вв. (архитектор неизвестен, ул. Б. Красная, 22а);
- здание театра оперы и балета им. М. Джалиля с памятниками А.С. Пушкину и Г. Тукаю (1956 г., автором первоначального проекта 1933 г. был московский архитектор Н.А. Скворцов, после его смерти интерьеры и фасады здания проектировал И.Г. Гайнутдинов).

3. Группа жилых домов по ул. Гоголя:

- дом второй половины XIX в. (архитектор неизвестен, ул. Б. Красная, д. 26);
- жилой дом середина XIX (архитектор неизвестен, ул. Баумана, д. 43);
- жилой дом комбината «Спартак» (А.М. Тихонов, 1953 г., ул. Гоголя, д. 15/54);
- жилой дом (архитектор неизвестен, 1949-1954 гг., ул. Горького, д. 21а);
- выставочный зал Союза художников РТ (Г.А. Бакулин, 1979 г.).

4. Группа объектов по ул. Толстого:

- учебный корпус КХТИ (авторы проекта: Г.С. Гурьев-Гуревич, И.Г. Гайнутдинов – автор оформления фасадов, 1933-1937 гг., ул. К. Маркса, д. 68);
- жилой дом (архитектор неизвестен, 1950 г., ул. Б. Красная, д. 36);
- жилой дом (архитектор неизвестен, сер. XX в., ул. Толстого, д. 67).

5. Группа объектов, находящаяся рядом с ЦПКиО им. Горького:

- здание больницы (М.К. Игламов, 1951 г., ул. К. Маркса, д. 76);
- стадион «Трудовые резервы» (П.Т. Сперанский, 1936 г., ул. Н. Ершова, д. 7);
- жилой дом (М.К. Игламов, 1954 г., ул. Н. Ершова, д. 14/2);
- жилой дом с мансардой для художников (И.Ш. Асадуллин, 1978 г., ул. Н. Ершова, д. 8).

6. Группа объектов на перекрестке ул. Н. Ершова и ул. Абжалилова:

- жилой дом (архитектор неизвестен, 1950 г., ул. Абжалилова, д. 21);
- жилой дом (архитектор неизвестен, 1950 г., Н. Ершова, д. 30);
- жилой дом (М.К. Игламов, 1950-е гг., ул. Н. Ершова, д. 28);
- здание общежития строителей (Р.М. Муртазин, 1954 г., ул. Н. Ершова, д. 32А);
- монумент павшим в борьбе за Советскую власть (Г.М. Пичуев, В.Г. Нагорный, А.А. Спориус, 1967 г., ул. Н. Ершова);
- производственный корпус Казанского филиала «ТатНИПИнефть» (В.Д. Шаповалов, 1973 г., ул. Н. Ершова, д. 29).

7. Группа объектов по ул. Вишневского:

- застройка ул. Вишневского (Х.Г. Сунгатуллин 1976-1987 гг.);
- семиэтажный корпус спецбольницы (В.В. Мальковская, Ш.В. Зубайдуллин, 1973 г.);
- 9-ти этажный жилой дом (И.Ш. Асадуллин, 1976-78 гг.);
- здания КИИГСа (А.Г. Бикчентаев, 1946-1947 гг. и его вторая очередь 1954-1956 гг.), а затем и Учебного корпуса КИСИ (Р.М. Муртазин, 1950 г.).

8. Группа объектов на территории кинотеатра «Мир»:
- жилой дом (архитектор неизвестен, 1936 г.);
- жилой дом (архитектор неизвестен, 1956 г., ул. Айвазовского, д. 19/2);
- флигель деревянный (архитектор неизвестен, конец XIX в., ул. Х. Атласи, д. 2);
- жилой дом деревянный (архитектор неизвестен, конец XIX в., ул. Х. Атласи, д. 8);
- жилой дом деревянный (архитектор неизвестен, конец XIX в., ул. Х. Атласи, д. 4);
- жилой дом (архитектор неизвестен, середина XX в., ул. Лесгафта, д. 20);
- жилой дом (архитектор неизвестен, конец XIX-начало XX вв., ул. Лесгафта, д. 19).
9. Группа объектов по ул. Айвазовского и ул. Ульянова-Ленина:
- жилой дом (В.В. Мальковская, 1956 г., ул. Айвазовского, д. 19);
- жилой дом (Г.М. Пичуев, В.В. Мальковская 1953 г., ул. Лесгафта, д. 2/17);
- ворота и ограда дома-музея В.И. Ленина (В.В. Мальковская, 1949 г.);
10. Группа объектов на площади Вахитова:
- гостиница «Татарстан» (М.Х. Агишев, 1970 г.);
- учебно-лабораторный корпус и учебно-жилой комплекс КФЭИ (Х.Г. Сунгатуллин, 1977 г., перестроен 1970-1982 гг.);
- архитектурное решение памятника М. Вахитову (М.Х. Агишев, 1985 г.);
- общежитие студентов КФЭИ (1978 г., Х.Г. Сунгатуллин, ул. Бутлерова, д. 6).
11. Группа объектов на территории Казанского Федерального Университета:
- жилой дом (Р.М. Муртазин, 1951 г., ул. Пушкина, д. 22);
- реконструкция и благоустройство КГУ (А.С. Корякова, Н.Н. Козлова, И.Ю. Елкина, 1983 г.);
- реконструкция Дома учителя (Р.М. Муртазин, 1940 г., ул. Профсоюзная, д. 15).
12. Группа объектов по ул. Баумана и ул. Право-Булачная:
- жилой дом (М.К. Игламов, 1954 г., ул. Баумана, д. 76);
- жилой дом (Р.М. Муртазин, 1952 г., ул. Право-Булачная, д. 37);
- жилой дом (А.М. Субаев, 1951 г., ул. Лево-Булачная, д. 42/2);
- жилой дом (Р.М. Муртазин, 1946 г., ул. Островского, д. 1/6).
13. Группа объектов по улице Чернышевского:
- жилой дом (архитектор неизвестен, 1950 г., ул. Кремлевская, д. 2а);
- жилой дом (архитектор неизвестен, 1930 г., ул. Адмиралтейская, д. 13);
- строение проходной КВЗ (архитектор неизвестен, 1930 г., ул. Адмиралтейская, д. 2);
- жилой дом (архитектор неизвестен, 1930 г., ул. Адмиралтейская, д. 9);
- жилой дом (архитектор неизвестен, середина XX в., ул. Ахтямова, д. 16);
- жилой дом (архитектор неизвестен, 1930 г., ул. Адмиралтейская, д. 5);
- Дворец спорта (М.Х. Агишев, О.И. Берим, Р.К. Забиров, 1966-1967 гг., ул. Кирова);
14. Группа объектов по ул. Лево-Булачной:
- школа (архитектор неизвестен, середина XX в., ул. Лево-Булачная, д. 14);
- жилой дом (архитектор неизвестен, конец XIX-начало XX вв., ул. Лево-Булачная, д. 26);
- жилой дом (архитектор неизвестен, XIX в., ул. Т. Гиззата, д. 10);
- здание (архитектор неизвестен, начало XX в., ул. Б. Шахиди, д. 9а);
- здание (архитектор неизвестен, начало XX в., ул. Г. Исхаки, д. 8);
- павильон с кассами пригородного вокзала (М.Х. Агишев, Л.Я. Голосовкер, 1967 г., Привокзальная площадь, д. 1);
- здание общежития строителей (Р.М. Муртазин, 1954 г., ул. Нариманова, д. 47);
- межвузовский вычислительный центр (М.Х. Агишев, 1968 г., ул. Парижской Коммуны, д. 25/39);
- Татарский академический театр им. Г. Камала (М.Х. Агишев, Г.П. Горлышков, 1986 г.).

Анализ и данных территорий представлен в табличном виде (табл.).

Таблица

Результаты анализа архитектурной среды по территориальным группам объектов советской архитектуры (1920-1980 года) в центре города Казани с указаниями по действиям, необходимым для оптимизации пространства под туристическую дестинацию

Тер. единица	Тип дестинации	Качество среды					Состояние ОКН	Действия для оптимизации туристической дестинации
		Комфортность среды	Информацин. среда	Семиотика среды	Транспортно-пешеходная ситуация	Озеленение среды		
Группа 1	Зоны сохранения и экспозиция ОКН	+	-	+	+/-	-	хорошая	Развития озеленения, создание навигационных и информационных табло, контекстных указателей.
		Территория, находящаяся рядом с Казанским Кремлем и частично входящая в историческую панораму, является частью тур. маршрутов.						
Группа 2	Развлекательные или деловые туристические районы	+/-	-	+	-	+	отличное	Организация зон отдыха, подземной парковки, озеленения; оптимизация светофоров; создание навигационных и информационных табло, контекстных указателей; развитие развлекательной сферы.
		Мэрия и здание правительства города Казани, обусловливают предоставляемый функционал; группа включает в себя Театр оперы и балета и Консерваторию, что формирует круглогодичную культурно-развлекательную программу.						
Группа 3	Зоны сохранения и экспозиция ОКН	+	-	-	+	+	отличное	Дополнительные действия для формирования туристической дестинации не требуются, так как данная территория пользуется высоким спросом у туристов и жителей города.
		Объекты культурной сферы (Выставочный зал Союза художников, Музей изобразительных искусств РТ, Дом-музей В. Аксенова) и образовательные учреждения формируют высокую степень социальной активности.						
Группа 4	Зоны сохранения и экспозиция ОКН	+	+	+	+	+	хорошее	Дополнительные действия для формирования туристической дестинации не требуются, кроме создания навигационных и информационных табло, контекстных указателей.
		высокая степень социально-культурной активности, за счет развитой сферы развлечений и высокой концентрации объектов, обеспечивающих культурную жизнь.						

Продолжение таблицы

Группа 5	Развлекательные или деловые туристические районы; зоны сохранения и экспозиция ОКН;	+	+/-	-	+	+	хорошие	Дополнительные действия для формирования туристической дестинации не требуются, кроме создания навигационных и информационных табло, контекстных указателей.
		ГТРК Корстон, обеспечивает культ.-развл. активность, т.к. единственный крупным ТРК в радиусе шести километров. Функции, которые выполняет гостиничный комплекс, обеспечивают высокую соц. активность.						
Группа 6	Зоны сохранения и экспозиция ОКН	-	-	-	-	-	средняя	Территория нуждается в оптимизации для туристических целей, что невозможно, в виду нерентабельности инвестиций в процесс реновации и ревитализации структур, так как процесс затронет районные и городские связи.
		территорию пересекают железнодорожные пути, трасса городского значения, располагается кладбище (частично являющееся ОКН), проблемы с паркингом, отсутствие благоустройства и шумозащиты, малоразвита развлекательная группа.						
Группа 7	Развлекательные или деловые туристические районы; зоны сохранения и экспозиция ОКН;	-	-	+	+	+	средняя	Создание информационных стендов, контекстных указателей и туристических схем, неудовлетворительное состояние объектов экспозиция.
		территория является приоритетной, благодаря проекту застройки улицы Вишневского; отличительной чертой является наличие объектов деревянного зодчества советского периода и нестандартная пространственная организация.						
Группа 8	Развлекательные или деловые туристические районы; зоны сохр. и экспоз. ОКН;	+	-	-	+	+	ниже среднего	Создание информационных стендов, контекстных указателей и туристических схем, неудовлетворительное состояние объектов экспозиции.
		Признаны широкие стилистические рамки, что позитивно влияет на экспозиционный потенциал территории. Благодаря наличию сквера им. Аксенова, комфортность среды высокая.						
Группа 9	Зоны сохранения и экспозиция ОКН;	+	-	+	+	+	ниже среднего	Улучшение состояния озеленения; оптимизация пешеходных зон; организация площадок для отдыха; работа с земляными массами; благоустройство территории.
		на территории располагаются объекты деревянного зодчества советского периода и современная архитектура на сложном рельефе. Территория является моделью взаимодействия объектов показа советского периода и современной застройки.						
Группа 10.	Развлекательные или деловые туристические районы	+/-	-	+	+	-	хорошее	Улучшение качества обслуживания; благоустройство; разграничение людских потоков.
		центр ночной жизни города; имеет все признаки популярной туристической дестинации						
Группа 11	Развлекательные или деловые туристические районы; сохранения и экспозиция ОКН;	+	+	-	+	-	хорошее	Дополнительные действия по оптимизации туристической дестинации не требуются.
		высокий уровень социальной жизни, благодаря расположению на территории ряда образовательных, развлекательных (Уникс), культурных объектов (Обсерватория, Физмат). Является частью существующих туристических маршрутов.						
Группа 12	Развлекательные или деловые туристические районы; зоны сохранения и экспозиция ОКН;	+/-	+	+	+	-	ниже среднего	Оптимизация и повышение стабильности нерентабельна, так как это негативно отразиться на туристической сфере города Казани.
		главная туристическая зоной Казани, с высоким уровнем социальной жизни, аварийное состояние памятников, наличие руинизированных остатков, сложные условия для организации стабильной туристической дестинации, малое количество приватных и общественных зон отдыха, островков зеленых насаждений.						

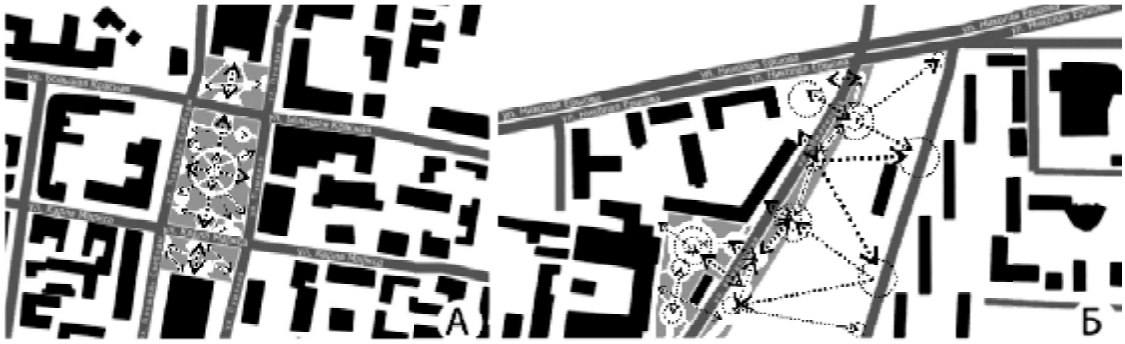
Продолжение таблицы

Группа 13	Зоны сохранения и экспозиция ОКН	-	-	+	-/+	+	ниже среднего	Аварийное состояние зданий и сооружений. Для стабилизации требуются крупные инвестиции.
		разнородны и по функциональной начинке, и по историческим периодам возведения. Основные конфликты – отсутствие интеграции жизни человека в застройку.						
Группа 14	Зоны сохранения и экспозиция ОКН	-	-	+	-/+	+	средняя	Ряд зданий заброшены и требуют капитального ремонта; создание благоустройства и комфортной среды, озеленения и точек притяжения социальной активности.
		территория ЦУМа и Дома Быта не благоустроена, отсутствуют места отдыха и точки восприятия. Асфальтированные пространства создают впечатление заброшенности и нерентабельности территорий.						

Рекомендации для обеспечения стабильной туристической дестинации на выявленных конфликтных территориях

Для большинства групп, представленных выше, оптимизация не требуется или представлена в создании незначительных элементов, в то время как для четырех групп требуются изменения в структурах города – от транспортно-пешеходных до планировочных.

Для группы 2 (рис. а), характерны проблемы с транспортно-пешеходной сетью, наличие открытых парковок на территории сквера. Главной особенностью данной территории является тип площади, размер которой слишком велик для исследования туристом объектов показа, в то время как функционально данная группа представляет собой насыщенный социально-культурными магнитами участок. Для оптимизации с точки зрения туризма требуется разбить данную территорию на несколько меньших зон, которые будут интересны туристам с точки зрения исследования. Наилучшим вариантом будет увеличение пешеходного пространства, создание подземной парковки и организация на территории сквера инсталляции или группы перфомансов, квеста для исследования города и его истории.



а) б)

Рис. Территории требующие оптимизации
и создания дополнительных туристических дестинаций:
а) Площадь Свободы (группа 2); б) перекресток улиц Н. Ершова и Абжалилова (группа 5)
(иллюстрация авторов)

Серым цветом на данных схемах показаны зоны, которые могут быть реформированы и на их базе могут быть созданы элементы туристической дестинации.

Для группы 5 (рис. б), характерны высокие инвестиции для организации на ее территории туристической дестинации, в связи с низким уровнем социально-культурной активности. Данная группа является транзитной участком с наличием трассы городского значения, железнодорожных путей и кладбища на противоположной части. Оптимальный вариант - создание туристической дестинации по типу «фермерский рынок» в выходные

дни, так как транспортная ситуация способствуют логистике и менеджементу. Дополнительно возможно создание пешеходных зон над железнодорожной зоной, что создаст крепкую пешеходную транзитную зону на участке и будет способствовать росту популярности данной территории как площадки для отдыха и проведения кратковременных мероприятий.

Заключение

В статье приведена классификация, основанная на функционале, который туристическая детсинация способна оказывать посетителю. На её базе был проведен анализ туристических дестинаций в центральной части города Казань, основой которых являются архитектурные объекты советского периода.

В центральной части г. Казани на основе предлагаемой типитизации туристических пространств были обнаружены все типы туристических дестинаций, но со слабым развитием богемских районов (в виду с культурными и религиозными особенностями рассматриваемого региона) и слабой популярностью зон фестивальных площадок и фермерских рынков (в связи с негативными историко-культурными ассоциациями у населения).

При анализе центральной части города Казань выявлено 88 объектов советской архитектурной школы, что доказывает гипотезу о возможности расширения туристического потенциала Казани за счет ввода в систему показа данных зданий и сооружений. Предложен ввод в туристическую систему данных объектов по территориальному признаку. В виду их близкого взаиморасположения расширение маршрутов может происходить без крупных инвестиций со стороны государства или частных инвесторов.

Полагаясь на идею Г.Н. Айдаровой [11] о процессах эволюционных преобразований и культурных влияний в архитектурном пространстве города Казани стоит отметить необходимость ввода архитектурных объектов показа в экспозиционный потенциал качестве иллюстраций произошедших изменений как в структуре городской ткани, так и в пространственно-стилевом поле в советский период.

Список библиографических ссылок

1. Саначин С. П., Экскурс в архитектурную жизнь советской Казани: иллюстрированное повествование на стыке истории и градостроительства в 1918-1991 гг. Казань. : Foliant, 2015. 238 с.
2. Теперь точно индустрия: туризм стал драйвером развития Казани // Kazanfirst.ru : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: https://kazanfirst.ru/articles/474833 (дата обращения: 04.10.2018).
3. Казань ждет трехмиллионного туриста // Kazved.ru : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: https://kazved.ru/article/91779.aspx (дата обращения: 20.09.2018).
4. «Потолки были промоченные, с гнилыми балками»: как проходит реставрация знаковых мечети и собора Казани // Realnoevremya.ru : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: https://realnoevremya.ru/articles/115231-kak-minkult-rf-v-kazani-mecheti-s-hramami-obnovlyaet (дата обращения: 03.10.2018).
5. Пургина А. А. Классификация туристских дестинаций Франции по стадиям жизненного цикла Р. Батлера // Новый университет. 2016. № 8. С. 66.
6. Всемирная туристская организация. Глобальный отчет о городском туризме – городской проект 2012 года // UNWTO: Мадрид, Испания. Ф. 355. Оп. 1. Д. 168. Л. 243.
7. Фуллер Х., Мишель В. Прекратите Быть Туристом! Новая динамика городского туризма в Берлине-Кройцберге. Нью-Йорк : Интервал. Дж. Урбан Редж. Рес, 2014. 38 с.
8. Коломб К., Нови Дж. Протест и сопротивление в туристическом городе. Routledge : Лондон, Великобритания. Нью-Йорк : Нью-Йорк Пресс, 2016, 254 с.

9. Чжу Х., Лю Цз., Вэй З., Ли В. Отношения жителей к развитию устойчивого туризма в историко-культурном поселении: влияние воспринятых воздействий, восприятия места и потенциала развития туризма. Сингапур : Устойчивость, 2017. 61 с.
10. Гравари-Барбас М., Гуинэнд С. Туризм и процесс облагораживания района в современных столицах. Международные перспективы. Лондон : Routledge, 2017. 368 с.
11. Айдарова Г. Н. Морфология архитектурного пространства Казани как процесс эволюционных преобразований и культурных влияний : труды конгресса международного научно промышленного форума – Великие реки-2011 / ННГАСУ. Н. Новгород, 2011. С. 316–320.

Volostnov Oleg Yuriavich
teacher
E-mail: volosart@gmail.com
MBI PE «CAS № 1» of Sovetsky district of Kazan
The organization address: 420140, Russia, Kazan, Iu. Futschika st., 147
Kinosyan Natalya Stanislavovna
senior lecturer
E-mail: kinosa@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

To a question of integration of architectural objects of the Soviet period into a tourist exposition of the central part of the city of Kazan

Abstract

Problem statement. The purpose of this article is definition of a state and opportunities for work with tourist destinations which are based on architectural objects of the Soviet period in the central part of the city of Kazan.

Results. The main results of a research consist in consideration of the classification of tourist spaces by the rendered functionality accepted in the international community: formation and the analysis of estimated tourist destinations which cornerstone to be architectural objects of the Soviet period in the central part of the city of Kazan; the offer of actions for optimization and adaptation of the offered tourist destinations be in contact input in the exposition capacity of Kazan of the above-stated objects.

Conclusions. The importance of the received results for the construction industry consists in the analysis of objects of the Soviet architecture of the central part of Kazan in the context of creation on their base of a tourist destination; recommendations for providing a stable tourist destination in the revealed territories are developed.

Keywords: tourist destinations, active city space, architectural objects of the Soviet period.

References

1. Sanachin S. P., Digression to architectural life of the Soviet Kazan: the illustrated narration on a joint of history and town planning in 1918-1991. Kazan : Foliant, 2015. 238 p.
2. Now it's industry: tourism became the driver of development of Kazan // Kazanfirst.ru : daily. internet-edit. 2016. URL: https://kazanfirst.ru/articles/474833 (reference date: 04.10.2018).
3. Kazan waits for the three-million tourist // Kazved.ru : daily. internet-edit. 2015. URL: https://kazved.ru/article/91779.aspx (reference date: 20.09.2018).
4. «Ceilings were wet, with rotten beams»: as there takes place restoration sign the mosque and cathedral of Kazan // Realnoevremya.ru : daily. internet-edit. 2017. URL:

https://realnoevremya.ru/articles/115231-kak-minkult-rf-v-kazani-mecheti-s-hramami-obnovlyaet (reference date: 03.10.2018).
5. Purgina A. A. Classification of tourist destinations of France by stages of life cycle of R. Butler // Novyy universitet. 2016. № 8. P. 66.
6. World Tourism Organization. The global report on city tourism – the city project of 2012 // UNWTO: Madrid, Spain. F. 355. Op. 1. D. 168. L. 243.
7. Fuller H., Michel B. 'Stop Being the Tourist!' New dynamics of city tourism in Berlin-Kroytsberg. New York : Interval. J. Urban Reg. Res, 2014. 38 p.
8. Colomb K., Novi J. Protest and resistance in the tourist city. Routledge : London, Great Britain. New York : New York Press, 2016. 254 p.
9. Zhu X., Liu Tsz., Wei Z. The relations of inhabitants to development of steady tourism in the historical and cultural settlement: the impact of the apprehended influences, perceptions of the place and potential of development of tourism. Singapore : Ustoychivost', 2017. 61 p.
10. Gravari-Barbas M., Guinend P. Tourism and process of upclassing of the area in the modern capitals. International prospects. London : Routledge, 2017. 368 p.
11. Aydarova G. N. Morphology of architectural space of Kazan as process of evolutionary transformations and cultural influences: Works of the congress of the international scientifically industrial forum – the Great rivers-2011 / NNGASU. N. Novgorod, 2011. P. 316–320.

УДК 72.03

Губайдуллов Радий Зиганшович
специалист по охране и использованию объектов культурного наследия Ульяновской области, член научного совета
E-mail: rg-73@yandex.ru
Научно-исследовательский центр «Приходская история»
Адрес организации: 127055, Россия, г. Москва, ул. Палиха, д. 7/9, корп. 2

О датировке Канадейской башни, расположенной в Южном Средневолжье

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является определение даты постройки Канадейской башни, а также её функций. Канадейская башня традиционно считается древнейшим наземным сооружением Ульяновской области, однако время её сооружения и первоначальные функции неизвестны.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в определении нижней временной границы постройки Канадейской башни – 1750 год и сокращении количества версий о первоначальном функциональном назначении данного сооружения.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в определении стилистическо-функционального места некоторых культовых и фортификационных объектов и комплексов, построенных на территории Симбирско-Сызранского Поволжья во второй половине XVII-XVIII вв., что позволяет проследить географические границы, хронологические этапы и стилистические особенности местных традиций регионального зодчества или его отдельных школ.

Ключевые слова: Канадейская башня, Симбирско-Сызранское Поволжье во второй половине XVII-XVIII вв., региональное зодчество.

Введение

Тема колонизации Симбирско-Сызранского Правобережья (южнее Синбирско-Корсунской засечной черты) и межэтнического взаимодействия на территории Южного Средневолжья в XVI-XVIII века, до сих пор остаётся малоизученной, в первую очередь, из-за слабого обеспечения письменными источниками [1-2]. Прояснить некоторые исторические реалии данной территории помогают вспомогательные виды источников: результаты археологических исследований, топонимы, памятники архитектуры – все они обладают значительным информационным потенциалом.

В XVIII веке, в связи с массовым, по сравнению с XVII веком, строительством храмов, в русской архитектуре получили своё развитие многочисленные региональные школы. Образцами для заказчика становились как столичные, так и местные постройки. Артели строителей, выполняя заказ, воспроизводили выбранный заказчиком образец исходя из обусловленного местным опытом понимания его форм, соответственно своему умению и вкусу, создавая каждый раз новое и одновременно традиционное произведение, и демонстрируя при этом свой стилистический почерк [3-5].

На территории Симбирско-Сызранского Правобережья до наших дней сохранилось несколько фортификационных сооружений и храмов, возведённых в последней четверти XVII-XVIII веках: Сторожевая воротная Спасская башня Сызранского кремля (1683 г.), которая, после потери крепостью военного значения, была надстроена и переоборудована под церковь Спаса Нерукотворного (1755 г.) [6], Троицкая церковь в селе Троицкое (1730 г.), Богородицкая церковь в селе Троицкое (1730 г.), Сызранский Христорождественский собор (1741 г.), Тихвинская церковь в селе Осока (1743 г.), «Башня» в селе Канадей, Троицкая церковь в селе Зимненки (1768 г.), Покровская церковь в селе Головино (1773-1777 гг.) [7], – все они демонстрируют широкое разнообразие объёмно-пространственных и стилистических архитектурных направлений. Большую часть рассматриваемого периода в крае наблюдалось преобладание региональных вариантов нарышкинского стиля с использованием допетровских архитектурных форм. И только в последней трети XVIII века в Головино и Зимненках возводятся храмы в стиле барокко – их заказчиком был местный помещик Афанасий Иванович Зимнинский [8].

Время постройки и имена заказчиков большинства вышеперечисленных архитектурных сооружений известны из письменных источников. Исключение составляет Канадейская башня, расположенная на старинной площади села Канадей Николаевского района Ульяновской области – документальных свидетельств об обстоятельствах и времени её постройки до последнего времени обнаружены не были. Это сооружение традиционно считается самым древним наземным сооружением Ульяновской области. Исследователями предлагались различные версии даты постройки Канадейской башни – от XI до XVIII веков, и разнообразные гипотезы о её функциональном назначении: мавзолей, форт, сполоховая башня, дозорная вышка, башня в ограде монастыря, часовня и др. [9].

Актуальность исследования определяется стремительным разрушением многих архитектурных памятников в результате природных и антропогенных факторов, что требует их научного изучения и принятия незамедлительных мер эффективного сохранения для будущих поколений [10-11].

Описание Канадейской башни

Канадейская башня представляет собой двухъярусное сооружение типа «восьмерик на четверике» с восьмигранным шатровым завершением, на вершину которого был водружён крест. Высота башни составляла – 20-22 метра. На юго-восточном и северо-западном фасадах заметны следы прежде примыкавших пристроек (рис. 1, 2).

Рис. 1. Канадейская башня в 1960 году. Вид с севера [12]

Башня сложена из красного большемерного кирпича 275÷300×135÷145×70÷80 мм. Размеры случайно выбранных 10 кирпичей (в миллиметрах), по результатам обмеров в сентябре 2018 года, следующие: 280×145×75-80; 285×140×70; 280×140×70; 280×135×70; 300×140×80; 290×140×75; 300×140×70; 275×140-145×70; 280×140×70; 275×145×70. Кладка крестовая на толстом слое известкового раствора – 10÷50 мм. Фасады обмазаны извёсткой и неоднократно белились.

Нижний ярус – подкубический четверик размерами 8,7÷8,95 метров в плане. Стены первого яруса толщиной 1,1 метра имели дверной и три оконных проёма. Углы четверика раскрепованы, по сторонам фасадов – гладкие лопатки. Карниз широкий, с поребриком и городцом, – раскрепован над углами и лопатками.

Рис. 2. Канадейская башня в 2018 году. Вид с востока (иллюстрация автора)

Вход располагался на северо-восточном фасаде, рядом с ним находилось окно. Сейчас эта стена разрушена. Ещё два окна расположены на юго-западном фасаде. Все окна имели арочные перемычки, были помещены в нишах с четвертным уступом. Фигурные наличники, выполненные с применением точёного кирпича, состояли из двух полуколонок с дыньками, сдвоенных дугообразных сандриков и фигурных завершений – «бровок» (рис. 3). Подобные «бровки» известны на вятских церквях: Николая Чудотворца в Истобенске (1765-1768 гг.), Троицы Живоначальной в Макарье (1768-1775 гг.), Троицы Живоначальной в Раменье (1771-1784 гг.), выстроенных в стиле барокко по проектам Горынцева Никиты Максимовича – мастера каменных дел, строительного подрядчика из д. Оносовой Вологодской губернии, работавшего с 1760-х годов на Вятке [13].

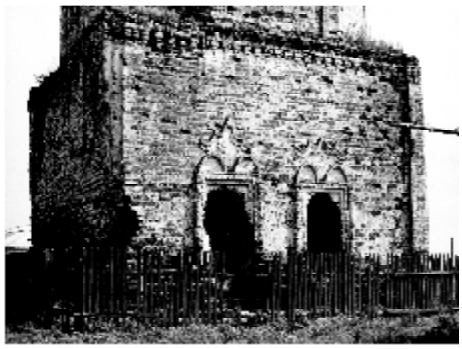


Рис. 3. Юго-западный фасад нижнего яруса в 1976 году. Фотография В. Перфильева [14]

В верхней части юго-восточного фасада сделан проём, ведший с чердака пристройки во второй этаж башни. В стены нижнего яруса в трёх уровнях заделаны железные связи в виде кованых полос сечением 12÷14×73÷90 мм.

Второй ярус выполнен в форме восьмигранника, почти равного четверику по ширине, но меньше по высоте – 3,7-4,0 м. Угловые грани второго яруса опираются на ступенчатые тромпы. Углы восьмерика охвачены гладкими лопатками. Карниз, завершающий второй ярус, идентичен карнизу нижнего яруса. На северо-восточной и юго-западной гранях сделаны окна: арочные без наличников, в неглубоких нишах с профилированным уступом. Верхняя часть второго яруса была скреплена четырьмя железными анкерными балками.

Высота шатра, увенчанного железным крестом, составляла около 10 метров. Грани шатра глухие: без окон и слухов, рёбра выделены гуртами в четверть кирпича. Верхушка

шатра была охвачена железным обручем. Кованый позолоченный четырёхконечный крест с полумесяцем у подножия и сиянием был укреплён растяжкой из цепей.

В интерьере стены четверика переходят непосредственно в четыре из восьми граней восьмерика. Угловые грани опираются на ступенчатые тромпы. Деревянные перекрытия между этажами отсутствуют. Сохранились гнёзда в стенах от балок перекрытия на высоте 2/3 от общей высоты четверика. Таким образом, верхний этаж башни был подобен маленькому храмы типа «восьмерика на четверике». Обмазанные толстым слоем извести и побеленные извёсткой стены закопчены. Вероятно, это следы большого пожара, случившегося в Канадее в 1772 [14] или в 1783 [12] годы.

Канадей

Село Канадей расположено на берегу реки Сызранки (приток Волги), у впадения в неё реки Канадейки. По одной из версий Канадей возник в 1680-е годы, как военное поселение на планируемой Московским правительством, но не созданной Сызранской засечной черте. Однако более вероятно, что он был основан в начале XVIII века как село, принадлежащее Нижегородскому Печерскому монастырю. Т.Г. Масляницкий в трактате, составленном в 1782-1785 гг. сообщает о Канадее следующее: «селение, где учрежден сей город, построено на дикопорожжей земле пришельцами из разных в верховых мест, наиболее ж из вотчины Нижегородского Печерского монастыря, в котором году неизвестно… Знатных зданий в нём и городового укрепления нет, кроме каменных церквей: во имя Покрова Пресвятые Богородицы с приделом Николая Чудотворца; часовни и при ней богадельни, в которой помещены присутственные места. Казённых временных зданий: винный магазейн деревянный, построен в 782 году; соляных амбаров три, а когда построены сведений нет, и один питейный. Прочного ж строения, за неаппробациею городу плана и по новости, ещё не устроено» [15]. По переписи 1719-1721 гг. население Канадея составляло чуть более 1000 человек. В 1739 году (по другим сведениям в 1715 году) «тщанием священника» Петра Яковлева вблизи был построен каменный храм с тремя престолами: главный (холодный) в честь Покрова Пресвятые Богородицы, в правом приделе (тёплый) во имя Святителя и Чудотворца Николая и в левом (тёплый) во имя св. Апостола и Евангелиста Иоанна Богослова. Располагавшаяся рядом с храмом башня выполняла в то время роль часовни. 15 сентября 1780 года Канадей получил статус уездного города. В 1782 (или в 1783) году Канадей сгорел, но был отстроен заново. 12 декабря 1796 года Канадейский уезд был упразднён и Канадей стал селом – центром Канадейской волости в составе Сызранского уезда [12].

Изучение и охрана Канадейской башни

Впервые башня была обследована археологической экспедицией Ульяновского областного краеведческого музея в 1960 году. Отчёт о результатах обследования был отправлен в Институт археологии Академии наук СССР. Вскоре в Отдел культуры облисполкома Ульяновской области поступило письмо от директора Институт археологии – академика Б.А. Рыбакова, в котором сообщалось о необходимости «принятия на учёт и реставрации башни XVII века, расположенной в центре села Канадей Николаевского района Ульяновской области… По полученным данным она выстроена из русского большемерного кирпича 30×15×7 см, 32×16×8 см, 28×14×7 см как строили на Руси в XVI-XVII вв. Башня состоит из трёх частей: куба, поставленного на него восьмигранной призмы, завершающейся восьмигранной пирамидой. Окна имеют обрамление, характерное для XVII века». По мнению Б.А. Рыбакова, «эта башня принадлежит к ограде монастыря, существовавшего в селе в XVII веке и ликвидированного в конце XVIII века» [16].

По решению Ульяновского облисполкома № 345/11 от 16 мая 1968 года Канадейскую башню приняли под государственную охрану как объект культурного наследия (памятник истории и культуры) регионального значения: «Часовня при Покровском храме (каменная шатровая постройка, известная под названием «Башня»)». Тогда же башню огородили невысоким штакетником и укрепили на стене мраморную доску с текстом: «Башня XVII века охраняется государством как памятник архитектуры».

В 1976 году искусствовед Л.А. Перфильева по заданию Министерства культуры СССР произвела осмотр, обмеры и фотофиксацию Канадейской башни, и подготовила паспорт на памятник архитектуры – «Часовня каменная», датируемый, по её мнению – 1715-1739 гг. Из текста паспорта: «В начале XVIII века (1715 или 1739 году – по разным источникам) в селе была построена казанская трёхпрестольная церковь во имя Покрова Божьей Матери «тщанием священника сего города Петра Иаковлева» – ныне утрачена. При ней, вблизи кладбища, очевидно в то время, была сооружена сохранившееся до наших дней двухъярусная шатровая башня, именуемая в документах часовней… Башня-часовня в с. Канадей является одним из наиболее древних и интересных памятников архитектуры, сохранившихся на территории Ульяновской области. Представляет собой замечательный пример архитектуры 1-ой пол. XVIII века, сохранивший композиционные и художественные принципы русской архитектуры конца XVII века» [14].

В 1991 году сотрудники Средневолжского филиала института «Спецпроектреставрация», в рамках подготовки научно-проектной документации для ремонтно-реставрационных работ, провели историко-архивные изыскания, натурные исследования и фотофиксацию Канадейской башни [12].

Автор статьи производит регулярный осмотр и фотофиксацию Канадейской башни с 1999 года.

Разрушение башни

Уже в 1960 году было заметно повреждение свода дверного проёма в северо-восточной стене, которое в конечном итоге и привело к обрушению значительной части башни. По свидетельству старожилов Канадея, кованый крест с вершины сорвало ураганом в 1977 или в 1978 году, и он пропал. К началу 1990-х годов бесследно исчезли большие железные двери и оконная арматура, начал разрушаться цоколь. Частично были разобраны кирпичные стены возле дверного и оконных проёмов. Изгородь вокруг башни обветшала. К началу XXI века разрушение башни приняло катастрофический характер. К 2003 году в северо-восточной части башни обрушилась кирпичная кладка, и образовался крупный проём. На других стенах появились протяжённые трещины. Изгородь вокруг башни отсутствовала. Зимой 2011-2012 гг. над северо-восточным проёмом обрушилась значительная часть шатра вместе с вершиной.

Таким образом, в последние десятилетия происходит стремительное разрушение Канадейской башни под воздействием природных и антропогенных факторов.

Заводские клейма на железных связях

10 сентября 2018 года автором статьи производился осмотр Канадейской башни, в ходе которого были обнаружены заводские клейма на железных связях, обнажившихся в результате процесса разрушения несущих конструкций сооружения. Всего было обнаружено два клейма:

1. На клейме, поставленном на конце анкера, выпавшего из концевой проушины связи или анкерной балки, закреплявшего их положение на внешней поверхности стены, изображено слово «сибирь» (в прочтении автора), и под ним – неясный силуэт животного (рис. 4).

Рис. 4. Клеймо на анкере (иллюстрация автора)

Анкер длиной 955 мм изготовлен из полосового железа сечением 12÷13×84÷87 мм. Один его конец был прокован до ширины 52÷47 мм.

2. На клейме, поставленном на конце согнутой под прямым углом железной полосы сечением 12÷14×85÷90 мм, которая укрепляла железные связи в верхней части первого яруса (рис. 5), изображены цифры: **1750,** и буквы: **PHS** (в прочтении автора).

Рис. 5. Клеймо на согнутой железной полосе (иллюстрация автора)

Первое клеймо (рис. 4) указывает, что завод, изготовивший железные архитектурные элементы для Канадейской башни, располагался на Урале, так как демидовские (или бывшие демидовские) заводы Урала в XVIII веке ставили на своих изделиях слово «Сибирь» и изображение соболя [15].

Второе клеймо (рис. 5) указывает дату **– 1750** год, и завод-изготовитель – **PHS**, где **P –** Ревдинский, **S** (литера «зело») **–** завод. Средняя литера напоминает «**H**», однако, что она означает **–** неизвестно.

Из опубликованных материалов, наибольшее соответствие клеймам Канадейской башни имеют клейма Ревдинского завода П.Г. Демидова от 1799 года, опубликованные в монографии «Клейма уральских заводов XVIII-XIX веков» [17, илл. 23.4.]. На одном конце железной полосы поставлено клеймо **СИБИРЬ** (рис. 6). На другом конце железной полосы поставлено годовое и заводское клеймо – **1799** и **PBS** (или **PѲS** (?)), где: P – Ревдинский, S (литера «зело») – завод. Средняя литера схожа с B или Ѳ («фита»), однако исследователи пока не смогли выяснить, что она обозначает (рис. 7) [17].

Рис. 6. Клеймо на одном конце железной полосы [17, илл. 23.4.]

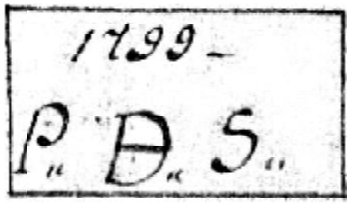


Рис. 7. Клеймо на другом конце железной полосы [17, илл. 23.4.]

Итак, предварительный анализ обнаруженных клейм показал, что железные архитектурные элементы Канадейской башни были произведены на Урале на Ревдинском заводе Демидовых в 1750 году. Ревдинский чугуно-плавильный и железо-делательный завод был построен в 1734 году Акинфием Никитичем Демидовым на купленной у башкир земле. Транспортировка железных изделий Ревдинского завода потребителям производилась преимущественно барками по реке Чусовая во время весеннего половодья [18]. Железные

изделия к месту строительства Канадейской башни, скорее всего, были доставлены водными путями сообщения – по рекам Чусовая, Кама и Волга до города Сызрань, расположенного на правом берегу Волги около устья реки Сызран (Сызранка) либо к близ расположенному городу Кашпир, где была более глубоководная пристань. Затем железные изделия перемещались до Канадея сухопутным путём по Московскому тракту. Доставка груза по мелководному Сызрану на плоскодонных судах (Канадейская башня расположена в 120 метрах от реки Сызран), маловероятна из-за существовавших в то время на Сызране мельничных запруд. Протяжённость водного маршрута от Ревдинского завода до Сызрани – 1800-1900 км. Прямое расстояние от Сызрани до Канадея составляет около 65 км.

«Восьмерик на четверике» с шатровым завершением – популярный конструктивный тип здания в русской церковной архитектуре XVII-XVIII веков [19]. Среди сохранившихся в Среднем Поволжье архитектурных сооружений, наибольшим сходством с Канадейской башней обладает храмовая часть построенной в 1784 году Знаменской церкви в селе Емельяново Лаишевского района Республики Татарстан [20].

Поиск возможных образцов для постройки Канадейской башни приводит в первую очередь к Сызанской Спасской башне. Сызранская крепость, основанная в 1683 году, традиционно имела ров, вал с рубленой стеной, с четырьмя деревянными башнями, а при въезде имелась сторожевая воротная башня, которая была сложена из красного большемерного кирпича на известковом растворе [6; 21]. Первоначально эта башня была двухъярусной. Нижний квадратный в плане ярус имел ворота для проезда в крепость. Второй, тоже квадратный в плане ярус, но несколько меньших размеров, имел по одному проёму-бойнице на каждой стене. В 1755 году с утратой военного значения Сызранского кремля воротная башня была перестроена в церковь во имя Спаса Нерукотворного, и стала называться Спасской башней. При перестройке в церковь к ней были надстроены два восьмигранных яруса и шатровая крыша. Теперь четверики служат основанием для двух восьмериков с шатровым завершением. Так же, как и четверики, восьмерики незначительно отличаются друг от друга по размеру. Каждая грань верхнего восьмерика имеет крупные проёмы арочной формы. Все ярусы декорированы лопатками, слегка отступающими от угла объёма. Прямоугольные окна в наличниках с килевидными завершениями (рис. 8). Общая высота башни составляет 27 м [6].

Рис. 8. Спасская башня Сызранского кремля, 1983 год [12, илл. 6]

Сходство Сызранской Спасской башни и Канадейской башни прослеживается в объёмно-планировочном решении – «восьмерик на четверике» с восьмигранным шатровым завершением; в декоре – плоские лопатки по сторонам фасадов, карнизы с городцом; в схожих оконных наличниках, состоящих из двух полуколонок завершённых сандриками. Сдвоенные дугообразные сандрики и «бровки» окон Канадейской башни, по

мнению автора, можно рассматривать как вариацию килевидных сандриков Спасской башни. Учитывая схожесть сооружений, можно предположить, что реконструкция Сызранской Спасской башни (завершена в 1755 году) и строительство в 1750-1760-е годы Канадейской башни производились одними и теми же мастерами и/или заказчиком.

Заключение

Таким образом, новые сфрагистические материалы позволяют ограничить нижнюю временную границу постройки Канадейской башни 1750 годом, а также сузить круг версий о первоначальном функциональном назначении данного сооружения – вероятнее всего Канадейская башня изначально была православной часовней.

Железные изделия для строительства башни из Ревдинского завода, располагавшегося на Среднем Урале, транспортировались в Канадей преимущественно по рекам Волжского бассейна: Чусовая, Кама, Волга.

Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в определении стилистическо-функционального места некоторых культовых и фортификационных объектов и комплексов, построенных на территории Симбирско-Сызранского Поволжья во второй половине XVII-XVIII вв., что позволяет проследить географические границы, хронологические этапы и стилистические особенности местных традиций регионального зодчества или его отдельных школ.

Список библиографических ссылок

1. Дубман Э. Л. Проект Сызранской линии: предыстория, создание и судьба // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 13 № 3 (2). 2011. С. 326–332.
2. Лебедев В. И. Легенда или быль. По следам засечных сторожей. Пенза, 2006. 187 с.
3. Масиель Санчес Л. К. Каменные храмы Сибири XVIII в.: эволюция форм и региональные особенности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения. М., 2004. 30 с.
4. Koch Wilfried. Style w architecture. Warszava : Swiat Ksiazki, 2005. 536 p.
5. William Graft Brumfield. A History of Russian Architecture. London : University of Washington Press, 2010. 80 p.
6. Бурая И. В. Архитектура Сызрани конца XVII-начала XX века. Сызрань, 2008. 176 с.
7. Баженов Н. Статистическое описание соборов, монастырей, приходских и домовых церквей Симбирской епархии по данным 1900 года. Симбирск : Типо-литография А.А. Токарева, 1903. 372 с.
8. Губайдуллов Р. З., Шаповалов С. Н. Исторические храмы Симбирско-Ульяновского края. Ульяновск : Корпорация технологий продвижения, 2011. 199 с.
9. Губайдуллов Р. З. Тайны Канадейской башни // Мономах. 2017. № 4. С. 56–57.
10. Ruskin J. Seven Lamps of Architecture. Sunnyside, Orpington, Kent, 1889 (sixth edition). 223 p.
11. Cevat Erder. Our architectural heritage: from conciousness to conservation / Cevat Erder. – UNESCO. United Kindom, 1986. 236 p.
12. Башня в р.п. Канадей Николаевского района Ульяновской области. Научно-проектная документация. Историко-архивные изыскания. Том. II. Ульяновск : Средневолжский филиал института «Спецпроектреставрация», 1991. (Архив Управления по охране объектов культурного наследия администрации Губернатора Ульяновской области).
13. Храмы России. URL: http://temples.ru/architect.php?ID=1196 (дата обращения: 21.04.2019).
14. Перфильева Л. Паспорт на памятник архитектуры «Часовня каменная» (1715-1739 гг.). РСФСР, Ульяновская область, Николаевский район, с. Канадей. Ульяновск, 1976. (Архив Управления по охране объектов культурного наследия администрации Губернатора Ульяновской области).

15. Масленицкий Т. Г. Краткое топографическое описание Симбирской губернии. Выбрано из сочиненного в 1783 году надворным советником Масленицким Топографического описания по запросным пунктам от Кабинета Ея Императорского Величества, 1783 года // Древняя Российская Вивлиофика. Изд. 2-е. Ч. XV. М., 1791.
16. Письмо Директора Института археологии АН СССР академика Б. А. Рыбакова в Отдел культуры Облисполкома Ульяновской области от 08.12.1960. (Архив Управления по охране объектов культурного наследия администрации Губернатора Ульяновской области).
17. Корепанов Н. С., Рукосуев Е. Ю. Клейма уральских заводов XVIII-XIX веков. Екатеринбург : НИСО УрО РАН, 2004. 77 с. URL: http://book.uraic.ru/elib/Authors/korepanov/Sait1/111b.html (дата обращения: 21.04.2019).
18. Акифьева Н. В. Железные караваны на Чусовой. Екатеринбург : Банк культурной информации, 2013. 187 с.
19. Бондаренко И.А. Символический смысл конструкции «восьмерик на четверике» в свете апокрифа «О всей твари» // Архитектурное наследство. 2017. № 66. С. 5–11.
20. Московский патриархат. Русские церкви. Фотографии, видео, истории православных храмов, приходов, монастырей. URL: http://russian-church.ru/viewpage.php?cat=tatarstan&page=253#gallery-1 (дата обращения: 21.04.2019).
21. Nossov K. Russian Fortresses 1480-1682. New York : Bloomsbury Publishing, 2012. 5 p.

Gubaydullov Radiy Ziganshovich
specialist in the protection and use of cultural heritage objects of the Ulyanovsk oblast, member of the scientific council
E-mail: rg-73@yandex.ru
Research Center « Prikhodskaya istoriya »
The organization address: 127055, Russia, Moscow, Paliha st., 7/9, k. 2

Dating the Tower of Kanadey, located in the South Middle Volga

Abstract
Problem statement. The purpose of the article is to determine the date of construction of the Tower of Kanadey, as well as its functions. In this paper the construction date and the original functions of the tower are discussed. The Tower of Kanadey is believed to be the oldest surviving building in Ulyanovsk Oblast, although its construction date and purpose remain unknown.
Results. The main results of the study are to limit the lower temporal boundary of The Tower of Kanadey – about 1750, as well as to reduce the number of versions of the original functional purpose of this facility.
Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture consists in determining the stylistic-functional place of some religious and fortification objects and complexes built on the territory of the Simbirsk-Syzran Volga region in the second half of the XVII-XVIII centuries, which allows to trace the geographical boundaries, chronological stages and stylistic features of the local regional traditions. Architecture or its individual schools.
Keywords: The Tower of Kanadey, Simbirsk-Syzran Volga region in the second half of the XVII-XVIII centuries, regional architecture.

References

1. Dubman E. L. The Project of the Syzran defensive line: prehistory, creation and fate // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. T. 13. № 3 (2). 2011. P. 326–332.
2. Lebedev V. I. Legend or true story. In the footsteps of defensive line watchmen. Penza, 2006. 187 p.

3. Masiel Sanchez, L. K., Stone Churches of Siberia in the 18th Century: Evolution of forms and regional peculiarities. Abstract of dissertation for the degree of candidate of art history. M., 2004. 30 p.
4. Koch Wilfried. Style w architecture. Warszava : Swiat Ksiazki, 2005. 536 p.
5. William Graft Brumfield. A History of Russian Architecture. London : University of Washington Press, 2010. 80 p.
6. Buraya I. V. Architecture of Syzran at the end of the XVII-beginning of the XX century. Syzran, 2008. 176 p.
7. Bazhenov N. Statistical description of cathedrals, monasteries, parish and house churches of the Simbirsk diocese according to 1900 data. Simbirsk : Tipo-lithography A.A. Tokarev, 1903. 372 p.
8. Gubaidullov R. Z., Shapovalov S. N. Historic churches of Simbirsk-Ulyanovsk region. Ulyanovsk : Promotion technologies corporation, 2011. 199 p.
9. Gubaidullov R. Z. Secrets of the Tower of Kanadey // Monomah. 2017. № 4. P. 56–57.
10. Ruskin J. Seven Lamps of Architecture. Sunnyside, Orpington, Kent, 1889 (sixth edition). 223 p.
11. Cevat Erder. Our architectural heritage: from conciousness to conservation / Cevat Erder. – UNESCO. United Kindom, 1986. 236 p.
12. The Tower of Kanadey village of the Nikolaevsky district of the Ulyanovsk Oblast. Scientific project documentation. Historical and archival research. Ulyanovsk: Middle Volga branch of the institute «Special Project Restoration», 1991. (Archive of the Office for the Protection of Cultural Heritage Objects of the Administration of the Governor of the Ulyanovsk Region).
13. Churches of Russia. URL: http://temples.ru/architect.php?ID=1196 (reference date: 21.04.2019).
14. Perfilyeva L. Description of the Stone Chapel architectural monument (1715-1739). RSFSR, Ulyanovsk Region, Nikolaevsky District, p. Kanadey. Ulyanovsk, 1976. (Archive of the Office for the protection of cultural heritage objects of the administration of the Governor of the Ulyanovsk Region).
15. Maslenitsky T. G. Brief topographical description of Simbirsk province. Extracts from the Topographic description of the inquiries from the Cabinet of Her Imperial Majesty, 1783, composed in 1783 by the home councilor of Maslenitsky // Drevnyaya Rossiyskaya Vivliofika. Ed. 2nd Part XV. M., 1791.
16. Letter from the Director of the Institute of Archeology of the USSR Academy of Sciences Academician B. A. Rybakov to the Department of Culture of the Regional Executive Committee of the Ulyanovsk Region dated December 8, 1960. (Archive of the Office for the protection of cultural heritage objects of the administration of the Governor of the Ulyanovsk Region).
17. Korepanov N. S., Rukosuev E. Yu. Stamped brands of Ural factories of the XVIII-XIX centuries. Ekaterinburg : NISO UB RAS, 2004. 77 p. URL: http://book.uraic.ru/elib/Authors/korepanov/Sait1/111b.html (reference date: 21.04.2019).
18. Akifeva N. V. Iron Caravans on Chusovaya. Ekaterinburg : Cultural Information Bank, 2013. 187 p.
19. Bondarenko I. A. The symbolic meaning of the construction of the «octagon on the quadrilateral» in the light of the apocrypha «O vsey tvari» // Arkhitekturnoye nasledstvo. 2017. № 66. P. 5–11.
20. Moscow Patriarchate. Russian churches. Photos, videos, history of Orthodox churches, parishes, monasteries. URL: http://russian-church.ru/viewpage.php?cat=tatarstan&page=253#gallery-1 (reference date: 21.04.2019).
21. Nossov K. Russian Fortresses 1480-1682. New York : Bloomsbury Publishing, 2012. 5 p.

УДК 72.07
Елюхина Валерия Александровна
инженер-проектировщик
E-mail: vel55507@mail.ru
ООО ТК «Реалит-Поволжье»
Адрес организации: 420073, Россия, г. Казань, ул. А. Кутуя, д. 86, к. 3
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

К вопросу о взаимосвязи архитектуры и строительных технологий (по материалам зарубежных публикаций)

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования стало выявление подходов к изучению и изложению темы строительных технологий и архитектуры в отечественных и зарубежных публикациях. Фундаментальные знания в области архитектурной технологии играют решающую роль при формировании и воплощении концептуальных проектов.

Результаты. Анализ зарубежных и отечественных теоретических исследований позволил провести их сравнительный анализ, выявить историю возникновения научного обоснования архитектурной технологии и определить профессию архитектурного технолога, а также его отличия от архитектора в разных странах Европы. На примерах современной архитектуры показано влияние технологий на качество архитектуры.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектурного проектирования состоит в развитии инженерного творчества в рамках архитектурной практики в России, экономии бюджета строительства и сокращению числа строительных аварий.

Ключевые слова: архитектурная технология, технология возведения зданий, зарубежный опыт.

Введение

В настоящее время в России наблюдается рост аварий, связанных с обрушением конструкций зданий и сооружений. Согласно статистике МЧС России, за 2017 год в стране обрушилось 58 объектов, что на 45 % больше, чем в 2016 году. В 2018 году, по информации экспертов технической диагностики зданий группы компаний «Городской центр экспертиз» (ГЦЭ), в 53 % случаев обрушения происходит из-за совокупности нарушений, допущенных на различных этапах строительства и эксплуатации. За год при обрушениях зданий в России погибли 30 человек и 58 человек пострадали. На несоблюдение технологии проведения строительно-монтажных и ремонтных работ приходится 32 % причин обрушений (в 2017 году – 39 %). Брак, низкое качество строительных материалов – 9 % (в 2017 году – 17 %). В результате нарушений условий эксплуатации зданий происходит около 53 % обрушений (в 2017 году – 44 %). Ошибки при проектировании зданий – 6 %. Из вышеприведенной статистики следует, что большинство трагедий произошло вследствие нарушения технологических норм в процессе выполнения строительных работ, чему, отчасти, виной недостаточная квалифицированность и халатность кадров, в том числе проектировщиков и архитекторов, осуществляющих авторский надзор. Ошибки профессионалов приводят к нерациональным затратам на строительной площадке и, в дальнейшем, могут послужить источником возникновения аварий.

Эти системные негативные явления следует начинать исправлять на этапе образования специалистов в области архитектуры и строительства. Сопоставление специальной литературы, проведенное в настоящей статье, показывает значительный разрыв отечественных и зарубежных подходов в изучении и изложении самой

теоретической области строительных технологий в контексте архитектуры, устранение которого может положить начало положительным изменениям.

Общая характеристика специальной литературы в области технологии строительства

Сопоставляя зарубежные и отечественные публикации о строительных технологиях для архитекторов, можно увидеть, несомненно, различный подход к изложению информации. К примеру, сравним отечественный учебник «Архитектурно-строительные технологии»[1] и зарубежное издание Стивена Эммита «Архитектурные технологии: исследования и практика» [1]. Учебник Е.С. Баженовой содержит информацию о современных стандартах и технологиях строительства, транспортировке строительных грузов, строительных машинах и механизмах, земляных и каменных, бетонных и железобетонных работах, поэтапно рассмотрено возведение зданий по традиционным технологиям, раскрыто устройство фасадов, кровель, светопрозрачных крыш, зенитных фонарей, зимних садов. Таким образом, читателям фактически предоставляется информация лишь по профилю деятельности инженеров-строителей. Уместный для архитектурной специальности системный и творческий подход к вопросу выбора и моделирования архитектурно-строительных технологий здесь не раскрыт. Другие российские учебники составлены аналогичным образом («Современные технологии строительства и реконструкции зданий», «Технология возведения высотных, большепролетных, специальных зданий и сооружений», «Технологические процессы в строительстве», а исследования («Трансдисциплинарные технологии в архитектурном проектировании» «Инновационные технологии в архитектурно-строительном комплексе города», «Информационные технологии в архитектурном проектировании») имеют ярко выраженный инженерный подход, представляющийся малоинтересным для архитекторов.

Рассмотрим монографию Стивена Эммита. В первой главе обоснована необходимость историко-теоретического подхода к изучению строительных технологий, показано, что мы можем почерпнуть из истории вопроса, в частности то, как выдающиеся архитекторы прошлого, часто самоучки, формировали требования к необходимым для их творческих замыслов, но не существующим на тот момент, технологиям. Далее, для пользы современным архитекторам, приведены тематические исследования о будущем климате, устойчивом развитии, разработке служб по анализу тепловых мостов, оценке модифицированной теплоизоляции наружных стен, использовании BIM в обучении архитектурных технологов. Эти новейшие исследования чередуются с главами о морфологических конструкциях, дизайне и интеграция BIM, проверке тепловых характеристик новых жилищ во время строительства, изучении связи между образованием, исследованиями и практикой в области строительных технологий, исследовательских процессах и практических аспектах. Как можно заметить, содержание данного учебника составляет не только рассказ о передовых технологиях в строительной индустрии, но и мотивируется научный поиск в области архитектурной технологии и связи между соответствующими исследованиями и практикой, необходимый не только инженерам, но и архитекторам. Дальнейшее углубление в эти вопросы приводит к необходимости выделения особой специальности – архитектурного технолога.

Профессии архитектора и архитектурного технолога

В исследовании «Развитие архитектурно-технологической дисциплины в профессии архитектора» Найелс Барретт пишет, что на протяжении многих лет архитектурная практика технологов была в основе многих успешных проектов, формируя связь между концептуальным дизайном и производством, замыслом дизайнера и физической реальностью. Отношение архитекторов к вопросам строительных технологий менялось с течением времени. В период средневековья архитектурно-строительная деятельность являлась ремесленным промыслом и в нём участвовал архитектор, технолог и исполнитель (рабочий). В эпоху Ренессанса деятельность разделилась на ремесленный промысел,

[1]Баженова Е.С. Архитектурно-строительные технологии : учеб. для вузов / Е.С. Баженова. - М.: Академия, 2015. - 270 с.

который был в исполнении технолога в синтезе с рабочим и архитектурную коммерческую деятельность, осуществляемую архитектором. В наше же время существует только архитектурно-коммерческая деятельность, в которой задействованы архитектор, технолог и подрядчик. Таким образом, можно проследить, что раньше технолог был частью ремесленного промысла, а сейчас стал частью архитектурной коммерческой деятельности, а в будущем технолог может составлять конкуренцию архитектору [2].

Зарождение специальности архитектурных технологов произошло в начале XIX века и тогда они представляли собой помощников архитекторов, получая образование в школах строительства. Во второй половине XIX века архитектор и критик Джон Т. Эммет (John Emmet) писал о тяжелом положении помощника архитектора, утверждая, что они были самыми важными представителями архитектурной профессии, необходимыми для бесперебойной работы архитектурных бюро. Для поддержания данной профессии Эммет предложил создать «Ассоциацию архитектурных техников» (SAAT), а в 1986 г. ассоциация изменила своё название на «Британский институт архитектурных технологов» (BIAT) и с 1994 г. дисциплина архитектурной технологии начала развивается отдельно от архитектуры. Таким образом, работа, связанная с технической проработкой проекта здания и управлением архитектурным объектом переходит от архитектора к архитектурному технологу. С 1997 года в BIAT ведется работа по преодолению противоречия архитектуры и технологии и в сотрудничестве с Королевским институтом британских архитекторов (RIBA) на базе Дипломированного института строительства (CIOB) реализуется учебная программа, которая позволяет студентам переходить из специальности архитектора в архитектурного технолога и наоборот, за счет того, что первый год обучения – общий для архитекторов и технологов [3].

Общность подходов при различии специальностей архитектора и технолога подчеркнута мыслью Нормана Уиенанда (Norman Wienand) о том, что при проектировании зданий архитектурные технологи, в отличие от архитекторов, стремятся создавать высокоэффективные сооружения, что связано, главным образом, с проектированием архитектурных деталей – деятельностью, включающей такой же творческий подход, как и на этапе концептуального проектирования [4]. Робертсон и Эммит описывают эту ситуацию образно: «Архитекторы изображают внешний и внутренний контур здания, который определяет внешнее и внутреннее архитектурное пространство. А пустота между этими границами представляет собой технологическое пространство, которое заполняют технологи» [5].

Для полноты картины следует еще понять различие между архитектурным технологом и архитектурным техником.

По определению BIAT, архитектурный технолог – специалист, деятельность которого заключается в анализе, синтезе и оценке конструктивных факторов для разработки проектных решений, которые будут удовлетворять критериям производительности, технологии и закупок. Это достигается за счет разработки спецификации материалов и компонентов, а также процесса их сборки, координации, предоставления и мониторинга решений, согласованных со стандартами с позиции времени, стоимости и качества.

Архитектурный техник – это специалист, устанавливающий цель, методы и приемы подготовки детальных проектных решений. Это достигается путем подготовки, координации и коммуникации технической информации, включая чертежи, графическую информацию, отчеты и графики, способствуя выполнению соответствующих нормативных актов и контролю проектов путем мониторинга стандартов качества [6].

В Великобритании архитектурный технолог – относительно новая профессия, исходящая из специализации архитектора-техника, а до того – помощника архитектора. Как правило, архитектурный технолог – это отдельный специалист в архитектурной фирме. По тому же пути идут в Ирландии и Дании.

В Германии и Швейцарии деятельность технолога интегрирована в общую профессию архитектора, в Польше вопрос решается выделением отдельной архитектурной специализации. В Испании же профессиональную нишу технолога занимает традиционная профессия технического архитектора с определенной профессиональной областью ответственности, независимой от архитекторов.

Похожая ситуация наблюдается и в России, где профессия технолога включает в себя изучение технологических методов строительства зданий и сооружений, умение проектировать технологические и организационные процессы и формирование навыков проектирования технологических карт на сложные и новые технологии строительных процессов[2]. Таким образом, в настоящее время это независимая профессия, не имеющая общих профессиональных обязанностей в одной и той же области с архитекторами.

Соотношение сфер занятости архитектурных технологов в Европе представлено на рис. 1, из которого видно, что меньше половины архитектурных технологов работают в архитектурных бюро или в строительных компаниях, остальные находят себя в различных областях, связанных с недвижимостью, что показывает достаточную универсальность профессии.

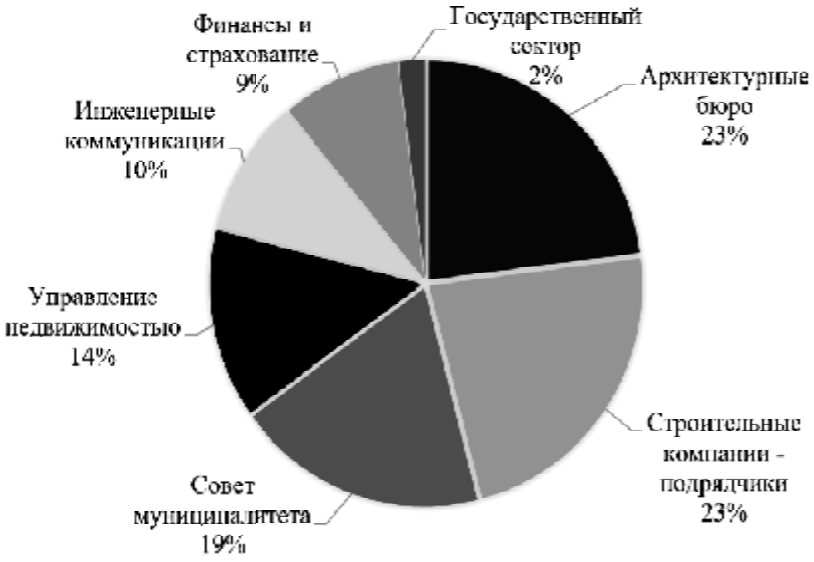


Рис. 1. Сферы занятости архитектурных технологов в Европе [3]

Взаимосвязь архитектуры и технологии при формировании и воплощении концептуальных проектов

Примеры того, как строительные технологии влияют на архитектуру зданий, широко распространены в истории: адаптация этрусского краеугольного камня в арочную форму позволила римским инженерам построить чрезвычайно прочный и долговечный мост, что привело к изобретению купола еще в 27 году до нашей эры. Изобретение аркбутана, на который передается распор свода, позволила средневековым мастерам-строителям развивать готику и в церковной архитектуре произошла революционная замена массивных стен и колонн романской эпохи относительно тонкими стенами и высокими сводчатыми потолками. Стены были освобождены от значительной части нагрузки на крышу, поэтому они могли вместить большие витражи, которые преобразили интерьер церкви из темного и замкнутого пространства в светлый просторный собор. Изобретение массового производства стали Генри Бессемера (Henry Bessemer) в 1855 году, в сочетании с идеями о производстве безопасного электрического лифта Элиши Грейвса Отиса (Elisha Graves Otis) и Вернер фон Сименса (Werner von Siemens) в 1880 году, привело к проектированию и строительству небоскребов, например как здание Флэтайрон (Flatiron Building) Даниэля Бернхэма (Daniel Burnham) высотой 87 м в Нью-Йорке в 1902 году [7].

Современные ведущие архитекторы как правило связывают успех своих построек с высокими технологиями. В направлении «био-тек» – соединения ультрасовременных технологий и природных форм, работает архитектор, инженер и скульптор в одном лице

[2]Бочкарева Т.М. Технология строительных процессов классических и специальных методов строительства : учеб. пособие / Т.М. Бочкарева. – Пермь : изд. Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 255 с.

Сантьяго Калатрава (Santiago Calatrava). Его исключительно дорогие здания отличаются новаторской конструкцией, динамичностью архитектуры. Примером служит небоскреб Turning Torso в г. Мальмё (2005). Высота его составляет 190 м, которая складывается из 9 повернутых относительно друг друга блоков и этим технологическим приёмом осуществляется поворот здания вокруг своей оси. При строительстве здания пришлось сделать восемнадцатиметровый фундамент. Шестая часть заливки произведена в скальной породе. Этот этап строительных работ обслуживало свыше 800 грузовых автомобилей с бетоном. Девять блоков устремляются ввысь на высоту почти в 200 метров и формируют 54 этажа. Нижняя часть дома занята офисами, верхняя – залами для конференций, а остальная – это квартиры площадью до 190 квадратных метров. Примечательно, что в повернутом вокруг своей оси здании даже окна имеют изогнутую геометрию [8].

Философия архитектуры Нормана Фостера (Norman Foster) также построена на союзе техники и архитектуры. Только после подробного изучения местности, городской среды, климатической и экологической обстановки он приступает к разработке дизайна проекта, т.е. технологический аспект для него играет первостепенную роль. На примере реконструкции купола над Рейхстагом можно увидеть, как Фостер не просто меняет материал, а адаптирует постройку для современного мира и новых поколений, т.е. использует технологию адаптивного повторного использования. Для проекта здания банка HSBC в Гонконге (1986) Фостер изобрел новую систему возведения небоскребов, убрав все внутренние несущие конструкции и оставив только наружный скелет, собранный из облегчённых материалов. Благодаря новой структуре, появилась возможность вынести все коммуникации и лифтовые шахты к каркасу здания, а офисные пространства расположить со свободной планировкой вокруг 12-этажного атриума [9].

В последнее время большое влияние на процесс архитектурного проектирования оказало появление компьютерных технологий (IT). С точки зрения строительства, IT проводят обмен информацией между командой разработчиков и строителями гораздо более жестким и лучше контролируемым, что позволяет проектировать большие сложные структуры. Что касается эксплуатации здания, IT позволяют проектировать динамически стабильные конструкции, которые продуктивнее, легче и экономичнее, чем статически стабильные структуры. Они также способствуют развитию адаптивности внутренней и внешней среды объекта, т.е. чувствительности к изменяющимся потребностям человека, например, такие как различные уровни освещения в течение дня и особые потребности в отоплении и охлаждении в течение года. Так компьютеры позволяют архитекторам проектировать здания, жильцы которых не будут иметь затрат на обслуживание жизненного цикла объекта [10].

Компьютеризация позволила архитектору Френку Гери (Frank Gehry) и его компании точно моделировать и проверять формы, выбранные для здания, оптимизировать кривизну поверхности так, чтобы они сохраняли желаемую форму и имели лучшую деформацию, чем некоторые из оригинальных форм Гери. Подтверждением этому является проект Башня Бикмена в Нью-Йорке или Музей Louis Vuitton в Париже.

Внедрение цифровых технологий сильно повлияло на творчество Захи Хадид (Zaha Hadid). Она отмечала, что тяжеловесность традиционных зданий, их монолитность и «геометризм» вызывали у нее протест. В своих работах она старалась создать естественные плавные линии, повторяющие природные силуэты. Каждый проект она рассматривала индивидуально, учитывая особенность пейзажа и ландшафта. Если все её работы до 2000-х относились к деконструктивизму, то позже ее здания получили плавные гибкие формы, дизайн которых просчитывается на компьютере, словно сложное уравнение, связывающее все части здания. Так, от ручного подхода бюро Захи Хадид перешло к параметрическому, то есть вычислительному, в рамках которого обрабатываются большие объёмы данных, на основе которых формируется структура здания. За эту часть работы отвечает соавтор Хадид и директор ее бюро Патрик Шумахер, главный теоретик параметрической архитектуры. Именно внедрение технологий поспособствовало воплощению в жизнь множества проектов, которые не могли быть реализованы. Так появилась цифровая архитектура, тесно связанная с программированием, где формообразование зависит от

математических алгоритмов и формул, автоматически преобразует объем, делая его технически и экономически выполнимым [8].

С другой стороны в современной архитектуре используются и переосмысляются традиционные технологии, но чаще всего они остаются незамеченными, несмотря на свою устойчивость и преимущества. Это находит отражение главным образом в органической архитектуре. В 1974 г. архитектор Брюс Гофф (Bruce Goff) писал: «Здания могут гармонировать со средой, либо будучи с ней в контрасте, либо дополняя ее конструкцией, материалами, цветом, фактурой. Метод связи с местностью по контрасту более труден, однако, будучи успешно применен, он показывает, как природа и человек могут быть вовлечены в единый творческий процесс»[3]. Это видно на примере дома Бавинджер (Bavinger) Б. Гоффа, мусоросжигательного завода Шпиттелау (Spittelau) Ф. Хундертвассера, дома Каса Батльо (Casa Batlló) А. Гауди. Представитель органической архитектуры Имре Маковец (Imre Makovecz) считал, что если социальная среда развивается органично, она естественно стимулирует появление органических архитектурных форм, что видно на примере лесного художественного центра в Венгрии или «исцеляющей» архитектуры Кристофера Дэя, созданной по традиционным технологиям и представляющей экономичную и экологически-дружелюбную радикальную альтернативу высокотехнологичными постройками [11].

Заключение

Области архитектуры и строительных технологий связаны на разных уровнях. Традиционное понимание этой связи, отраженное в соответствующих отечественных учебниках, разделяет эти области между различными специальностями, оперирующими различными критериями оценки. Зарубежная литература синтезирует в себе разные подходы к области строительных технологий и расширяет границы научного познания для архитекторов и новой смежной специальности архитектурного технолога, открывая новые горизонты в перспективе развития архитектурных практик. Опыт современной зарубежной архитектуры демонстрирует, как с помощью технологии можно управлять качеством и гуманностью проектируемой среды, варьировать стоимость объекта, воплощать в реальность самые сложные, или наоборот, простейшие структуры здания.

Список библиографических ссылок

1. Emmitt S. Architectural Technology Research & Practice. Oxford : John Wiley & Sons Ltd, 2013. 262 p.
2. Barrett N. The rise of a profession within a profession: the development of the architectural technology discipline within the profession of architecture : Robert Gordon University, Aberdeen, 2011.
3. Levent K. A critical look at the digital technologies in architectural education: when, where, and how? : dig. of art. ScienceDirect – IETC / University of South Florida. Florida, 2014. P. 526- 530.
4. Wienand N. Architectural Technology; Theories, Myths and Legends : dig. of art. Atiner's Conference Paper Series / Athens Institute for Education and Research. Athens, 2012. P. 1- 14.
5. Robertson F., Emmitt S. Nuclear architecture : perceptions of architectural technology : dig. of art. ICAT - International Conference on Advanced Technology and Sciences / Sheffield Hallam University. Aybil, 2016. P. 3- 19.
6. Rendano R. Architectural synergy: a facility for lifelong learning in academia and practice : University of Massachusetts Amherst, Amherst, 2018.
7. Abeer Samy Yousef Mohamed. Smart Materials Innovative Technologies in Architecture; Towards Innovative Design Paradigm : dig. of art. ScienceDirect - International Conference AREQ / Tanta University. Tanta, 2017. P. 139- 154.

[3]Самин Д.К. Сто великих архитекторов. М.: Вече, 2002. 592 с.

8. Kalay Y. The impact of information technology on design methods, products and practices // Design Studies. 2006. № 4 (27). P. 357- 380.
9. Yahya S. Abdullah, Hoda A. S. Al-Alwan. Smart material systems and adaptiveness in architecture // Ain Shams Engineering Journal. 2019. № 2 (74). P. 1- 16.
10. Мухаметрахимов Р. Х., Вахитов И. М. Текущее состояние и перспективы развития 3d-печати в строительстве // Вестник СГТУ. 2018. № 9. С. 492- 496.
11. Day Christopher. Spirit & Place. L. : Architectural press, 2002. 253 p.

Elyukhina Valeriya Alexandrovna
design engineer
E-mail: vel55507@mail.ru
LLC TC «Realit-Povolzhje»
The organization address: 420073, Russia, Kazan, A. Kutuya st., 86, v. 3
Krasnobaev Ivan Vasilyevich
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

On the question of relationship of architecture and building technologies (upn the materials of foreign publications)

Abstract

Problem statement. The aim of the study was to identify approaches to the study and presentation of the topic of building technologies and architecture in domestic and foreign publications. Fundamental knowledge in the field of architectural technology plays a crucial role in the formation and implementation of conceptual projects.

Results. Analysis of foreign and domestic theoretical studies allowed them to conduct a comparative analysis, identify the history of the scientific substantiation of architectural technology and determine the profession of an architectural technologist, as well as its differences from the architect in different European countries. The examples of modern architecture show the influence of technology on the quality of architecture.

Conclusions. The significance of the results obtained for architectural design consists in the development of engineering creativity within the framework of architectural practice in Russia, saving the construction budget and reducing the number of construction accidents.

Keywords: architectural technology, building construction technology, international experience.

References

1. Emmitt S. Architectural Technology Research & Practice. Oxford : John Wiley & Sons Ltd, 2013. 262 p.
2. Barrett N. The rise of a profession within a profession: the development of the architectural technology discipline within the profession of architecture : Robert Gordon University, Aberdeen, 2011.
3. Levent K. A critical look at the digital technologies in architectural education: when, where, and how? : dig. of art. ScienceDirect – IETC / University of South Florida. Florida, 2014. P. 526- 530.
4. Wienand N. Architectural Technology; Theories, Myths and Legends : dig. of art. Atiner's Conference Paper Series / Athens Institute for Education and Research. Athens, 2012. P. 1- 14.

5. Robertson F., Emmitt S., Nuclear architecture : perceptions of architectural technology : dig. of art. ICAT - International Conference on Advanced Technology and Sciences / Sheffield Hallam University. Aybil, 2016. P. 3- 19.
6. Rendano R. Architectural synergy: a facility for lifelong learning in academia and practice : University of Massachusetts Amherst, Amherst, 2018.
7. Abeer Samy. Yousef Mohamed, Smart Materials Innovative Technologies in Architecture; Towards Innovative Design Paradigm : dig. of art. ScienceDirect - International Conference AREQ / Tanta University. Tanta, 2017. P. 139- 154.
8. Kalay Y. The impact of information technology on design methods, products and practices // Design Studies. 2006. № 4 (27). P. 357- 380.
9. Yahya S. Abdullah, Hoda A. S. Al-Alwan. Smart material systems and adaptiveness in architecture // Ain Shams Engineering Journal. 2019. № 2 (74). P. 1- 16.
10. Mukhametrakhimov R. Kh., Vakhitov I. M. Current status and development prospects of 3d-printing in construction // Vestnik SGTU. 2018. № 9. P. 492- 496.
11. Day Christopher. Spirit & Place. L. : Architectural press, 2002. 253 p.

УДК 72.036
Закирова Татьяна Рифгатовна
E-mail: env60@yandex.ru
кандидат архитектуры, доцент
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Асадуллин Энвер Закиевич
E-mail: env60@yandex.ru
кандидат технических наук, доцент
Казанский кооперативный институт
Адрес организации: 420061, Россия, г. Казань, ул. Ершова, д. 58

Развитие архитектуры общественных зданий Казани в период с середины 1930-х до середины 1950-х годов

Аннотация

Постановка задачи. Цель статьи показать, как происходило развитие архитектуры Казани в период с середины 1930-х до середины 1950-х годов на примере общественных зданий, а также раскрыть социально-экономические предпосылки изменения творческой направленности в советской архитектуре и показать отражение этого процесса в архитектуре города.

Результаты. Стремление отразить завоевания социализма, а также ограниченность пластического языка современной архитектуры обусловили ее переход в середине 1930-х годов к освоению исторического наследия, в архитектуре общественных зданий Казани которого проявили себя две тенденции. Первая стремилась соединить требования удобной функциональной организации с красотой композиционных приемов классического наследия и прибегала к стилизациям в классицистическом духе, вторая использовала прямое обращение к формам, приемам и средствам предшествующих эпох. И первая и вторая тенденция вели к перерождению художественных задач архитектуры в оформительство оторванное от требований экономики и возможностей новых конструкций, но были правдивы по отношению к духовным идеалам этого периода.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры Казани состоит в том, что обращение архитекторов, в рассматриваемый период, к архитектуре прошлого вновь дало право на существование тем прогрессивным традициям и архитектурным средствам, которые вырабатывались веками, и на какой-то период отошли в сторону. Это ансамблевость архитектурных решений, использование синтеза архитектуры с изобразительным искусством, выявление пластики объемов, теплота, гуманность форм и т.д. В то же время нельзя сказать, что архитектура Казани этого периода только повторяла формы и приемы архитектуры предшествующих эпох, она привнесла и новое: укрупненный масштаб площадей и улиц и новую пространственную организацию объемов. Она может служить примером в настоящее время, когда архитекторы снова, после периода функционализма и стандартизации, обратились к пластическому языку архитектуры предшествующих эпох.

Ключевые слова: общественные здания, развитие архитектуры, творческая направленность.

Введение

В настоящее время, когда Казань стала центром мирового туризма, городом проведения всемирных спортивных чемпионатов, а в 2019 году местом проведения 45-го Мирового чемпионата по профессиональному мастерству по стандартам «Ворлдскиллс», возрос интерес к архитектуре города, ее истории, традициям. Поэтому, изучение архитектуры Казани на всех этапах ее развития имеет большое значение.

Предлагаемая исследовательская работа является продолжением предыдущих статей Закировой Т. Р., посвященных предыдущему этапу развития архитектуры Казани [1, 2]. В то же время эта работа продолжает раскрытие архитектуры Казани второй половины 1930-х – до середины 1950-х годов, затронутая автором в градостроительном аспекте в другой

статье (Закирова Т.Р. Развитие градостроительной структуры города Казани с середины 1930-х до середины 1950-х годов // Известия КГАСУ. 2015 г., № 1 (31). С. 6-10).

В настоящей работе исследуются закономерности развития архитектуры общественных зданий Казани, когда в советской архитектуре художественные задачи и преемственность традиций начинают играть ведущую роль в связи со стремлением отразить в архитектурных образах завоевания социализма, а в послевоенный период – победу народа в Великой Отечественной войне. Исследования и публикации таких ученых как Г.Н. Айдарова, С.С. Айдаров, В.В. Егерев, Н.Ф. Калинин, С.В. Кузнецов, Х.Г. Надырова [3] и др. посвящены истории развития архитектуры Казани до советского периода. Монография Н.Х. Халитова, посвященная советскому периоду [4], раскрывает, в основном, пластику фрагментов и деталей архитектуры, имеющих национальный колорит. С.П. Саначин в своих исторических очерках [5] очень коротко освещает рассматриваемую авторами тему.

Поэтому, на основании вышеизложенного, авторы намерены посвятить периоду второй половины 1930-х – первой половины 1950-х гг. серию статей, одна из которых – данная статья. Она может быть использована в обобщающих работах по истории архитектуры Казани, а также в современном проектировании, учитывая значение образности архитектуры в воспитании патриотизма.

Изменение к середине 1930-х годов творческой направленности советской архитектуры и его отражение в архитектуре общественных зданий Казани

В 1920-х годах формируется новый язык советской архитектуры, основывающийся на реальном подходе к решению новых социальных задач архитектуры, на поиске новых типов зданий, нового художественного образа, обусловленного социально-культурной ситуацией того времени, отражающего самоотверженность борьбы, революционный аскетизм и скромность образа жизни. В то же время происходит взаимодействие и столкновение новых эстетических идеалов 1920-х годов с суровой действительностью, которая не в состоянии была обеспечить воплощение талантливых творческих замыслов новой архитектуры. В начале 1930-х годов широко расцветает стилизация «под конструктивизм», приведшая к появлению большого числа малоценных произведений архитектуры, которые не могли сформировать правдивый образ новой эстетики зодчества [6].

Наряду с этим происходит постепенное изменение культурного контекста, эстетических идеалов общества. С улучшением условий жизни, с развитием темпов социалистического строительства аскетичные формы стали напоминать о тяжелых испытаниях предшествующего периода, были теперь непонятны, чужды массовому потребителю. Эти факторы стали причиной второй кризисной точки в развитии советской архитектуры, если первой кризисной точкой – началом отсчета – считать подъем архитектурного творчества, вызванный Октябрьской Социалистической революцией. И в этих условиях переход к освоению классического наследия оказался естественным, так как «классическая архитектура представляла огромный арсенал отточенных веками композиционных принципов, приемов, форм, прочно связанных в сознании людей с культурной традицией, и потому понятных и вызывающих глубокий позитивный отклик в самых различных слоях общества» [7].

Таким образом, к середине 1930-х годов в советской архитектуре происходит изменение творческой направленности, которая ориентируется в дальнейшем на освоение архитектурного наследия. В связи с существующим тогда уровнем профессионального видения традиций, архитекторы стали прибегать, в одних случаях, к сочетанию функционально разработанных планировок с классическими композиционными приемами и стилизациями форм исторических архитектурных стилей; в других случаях, к прямому перенесению форм зодчества прошлого в большинстве своем русского классицизма, римского или венецианского ренессанса, русского и украинского барокко в современную архитектуру.

Прямое использование форм прошлого было в ущерб экономической и технической целесообразности, определенным образом мешало развитию новых тектонических систем, соответствующих прогрессивным принципам индустриальности и массовости строительства. Чрезмерное стремление возвеличить образ архитектурных

сооружений, а позднее отразить в них победу советского народа в Великой Отечественной войне, придавало облику зданий излишнюю помпезность, лишало их демократичности образа. Образ архитектуры этих лет хорошо отразил Л. Лагин в восприятии старика Хоттабыча, который упав на ковре-самолете шахтерского санатория им. С. Орджоникидзе, воскликнул: «Мы погибли! Мы попали во владения могущественного владыки… Сейчас появится стража и нам отрубят голову» (Лагин Л. Старик Хоттабыч. – Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1961. – С. 138.).

Несомненно, положительным моментом этого периода было возвращение в арсенал архитекторов накопленных веками традиций и архитектурных средств. Пусть на этом этапе освоение классических традиций было некритичным, но все же оно послужило определенным импульсом для более многогранной трактовки архитектуры.

Важным моментом в архитектуре Казани стал Всесоюзный конкурс на проект Дома культуры в ознаменование пятнадцатилетия Татарской республики в 1935 году, в котором приняли участие ведущие архитекторы страны А.В. Щусев, И.А. Фомин и др. Во всех проектах за основу художественных замыслов, соответственно, уже сложившейся к этому моменту в стране, общей направленности, были взяты формы зодчества предшествующих эпох. Так, например, в проекте мастерской № 3 под руководством академика И. Фомина формы Дома культуры напоминали гробницу древнего рабовладельческого Востока; в проекте мастерской № 11 под руководством проф. М. Крюкова – ректора Всесоюзной академии архитектуры преобладали элементы итальянского зодчества эпохи Ренессанса. В проекте бригады казанских архитекторов: И.Г. Гайнутдинова, В. Дубровина, П. Сперанского прочитываются формы обогащенного конструктивизма с использованием элементов классицизма. Авторы проекта мастерской №5 под руководством проф. Д. Фридмана прибегают к стилизациям форм классицизма. Лучшим из представленных проектов был признан проект, выполненный под руководством академика А.В. Щусева, использующий композиционные приемы и формы классицизма (Дульский П.М., Попов В.П. Конкурс проектов Дома культуры в Казани // Труды Казанского института инженеров коммунального строительства. – Казань: Таткнигоиздат, 1935. – вып. 2. – С. 119-123).

Результаты оценки конкурса отразили изменение творческой направленности в архитектуре Казани и, видимо, во многом определили стилистический облик общественных зданий, которые строились впоследствии в Казани. В большинстве из них стали использоваться классицистические каноны образности в отличие от многообразного арсенала использования исторических стилей в других городах.

Основные направления в развитии архитектуры общественных зданий Казани, периода второй половины 1930-х и первой половины 1950-х годов

В освоении исторического наследия в архитектуре Казани второй половины 1930-х и середины 1950-х годов можно проследить два направления. Первое проявилось большей частью во второй половине 1930-х годов и в конце 1950-х годов. Это направление было близко к «обогащенному конструктивизму» и стремилось соединить рациональную функциональную организацию планировки с композиционными приемами классицизма, прибегало к стилизациям классических форм. Примерами могут служить студенческие проекты 1937 года Казанского института инженеров коммунального строительства: проект крытого рынка Ю.С. Юнусова; проект универмага Л.Н. Ляликовой; проект речного вокзала Р. Воронцова и др. (Каталог выставки студенческих работ Казанского института инженеров коммунального строительства – Казань: КИИКС, 1937. – 26 с.); а также проекты здания Обкома партии середины и конца 1950-х годов (арх. П.А. Саначин, Г.И. Солдатов, инж. О.И. Берим, пл. Свободы, осуществлен в 1962 г.) и речного вокзала (арх. И.Г. Гайнутдинов, М. Константинов, осуществлен в 1962 г.).

В архитектуре Казани конца 1930-х-середины 1950-х годов наиболее широкое распространение получило второе направление, которое прибегало к прямому использованию форм, приемов и средств архитектуры прошлого, главным образом русского классицизма. Это вело к подчинению функциональной организации планировки заранее принятой композиции и решению классицистических форм в виде декора. К наиболее характерным постройкам этого направления можно отнести здание Татарского

филиала Академии наук СССР (арх. М.К. Игламов, 1957 г., ул. Ленина, 10), финансово-экономический институт (арх. Ю.Ю. Савицкий, 1938-1951 гг., пл. Куйбышева), реконструкция главного корпуса авиационного института на площади Свободы (арх. Р.М. Муртазин, 1957 г.), Дворец культуры в поселке Дербышки (арх. И.А. Валеев, 1957 г.), здание школы глухонемых (ныне Казанский государственный архитектурно-строительный университет, арх. А.Г. Бикчентаев, ул. Зеленая, 1, 1939 г.) и многие другие.

Прямое обращение к формам зодчества прошлого, вели к оформительству в архитектуре, к отрыву художественных поисков от требований экономики и потенциальных возможностей новых конструкций и материалов. Однако наряду с негативными явлениями в архитектуре Казани этого периода в общественных зданиях города появился новый масштаб, соответствующий масштабу современного крупного города. Новые здания гармонично вошли в наиболее ответственные градостроительные узлы Казани: здание института экономики и финансов на высоком холме у пл. Куйбышева, химический корпус университета рядом со старым его ансамблем (арх. А.Г. Бикчентаев, 1950 г.) и др. В объемно-пространственных композициях сооружений появились принципы, близкие к развитым позднее принципам переливающихся пространств, которые использованы и в Доме культуры им. Кирова (арх. Аркин, повторный проект, 1954-1955 гг., ул. Павлюхина, 73) и в Дворце культуры поселка Дербышки, и в кинотеатре «Мир» (арх. В.А. Петров, 1959 г., ул. Достоевского, 30), и в театре Оперы и Балета им. Мусы Джалиля (пл. Свободы).

Театр Оперы и Балета является самым ярким произведением этого периода. Здание его было заложено в 1933 году по проекту московского архитектора Н.А. Скворцова и законсервировано (в предвоенные годы был построен только короб здания до карниза). Строительство здания было законсервировано в связи со смертью автора и утратой чертежей, а с 1948 года возобновилось по новому проекту, разработанному татарским архитектором И.Г. Гайнутдиновым и завершилось в 1956 году. По проекту Н.А. Скворцова в объемно-пластическом построении театра, исходя из пояснительной записки И.Г. Гайнутдинова, преобладал «модернистский дух» (пояснительная записка к проекту театра Оперы и Балета им. Мусы Джалиля находится в личном архиве архитектора И.Г. Гайнутдинова и хранится в Казанском государственном архитектурно-строительном университете, на кафедре реконструкции, реставрации архитектурного наследия и основ архитектуры). В связи с изменившейся творческой направленностью, эти формы уже были неприемлемы. И.Г. Гайнутдинов предлагает новое решение, использующее формы русского классицизма в сочетании с татарским национальным декором. В этой трактовке автор блестяще решил поставленную задачу, создав гармоничную композицию здания театра. Занимая островное положение на целом квартале, театр соответственно ориентирован: главным фасадом на центральную площадь с монументальным памятником В.И. Ленину, а боковыми – на Пушкинскую и Театральную улицы. Здесь у боковых фасадов театра в полукруглых нишах размещены памятники великому русскому поэту А.С. Пушкину (скульптор Н.К. Вентцель) и народному поэту Татарии Габдулле Тукаю (скульптор Е.И. Шулик). Задний фасад здания выходит на улицу Дзержинского и обращен в зеленый массив сада им. Ленина. Главный фасад театра, решенный в виде восьмиколонного портика, несет богато оформленный треугольный фронтон. Художественной темой скульптурной композиции последнего послужила идея торжества советской власти в республике. О поиске национальной образности в архитектуре Казани, в том числе и театра Оперы и Балета, речь пойдет отдельно в следующей статье авторов.

В решении внутренних пространств театра, по мере приближения человека к зрительному залу, постепенно усиливается и растет развитие художественной выразительности. Сам зрительный зал является кульминационным моментом в архитектуре всего сооружения в целом. В организации пространства главного фойе использованы приемы взаимосвязи пространств, развитые, впоследствии, в принципы переливающихся пространств. Так, например, к торцевым стенкам главного фойе, поэтажно примыкают четыре гостиные комнаты, выходящие на антресоли фойе, являющиеся продолжением пространства фойе.

Наряду со всеми положительными качествами в решении театра проявились общие противоречия архитектуры этого периода. Ложи и ярусы театра в своей конструктивной

основе были выполнены из железобетона и, в связи с акустическими требованиями, обшиты деревом, а, исходя из художественных идеалов того времени, еще и облицованы гипсовой лепной формой. Также, с целью акустических требований, потолок зала выполнен деревянным подвесным на металлических фермах, а на поверхность потолка, из художественных соображений, наклеен холст, который местами расписан и эмитирует лепную штукатурку. Колонны портика главного фасада выполнены из железобетона и имеют малое сечение, но для достижения пропорций коринфского ордера колонны были обмотаны проволочной сеткой для их утолщения и отштукатурены.

Таким образом, подобная бутафория ради создания форм классицизма и имитации традиционных строительных материалов скрывала тектоническую сущность современных конструкций.

Но, несмотря на отдельные недостатки в решении театра, рассматривая архитектуру здания как выражение объективной исторически обусловленной идейно-эстетической направленности советской архитектуры 1930-1950-х гг., можно сказать, что здание театра по своим художественным качествам является ярким произведением искусства. Именно поэтому спустя всего лишь 5 лет после завершения строительства, здание театра было взято под государственную охрану, как памятник архитектуры.

Синтез искусств в архитектуре общественных зданий Казани периода второй половины 1930-х – первой половины 1950-х годов

Наряду с изменением творческой направленности, с обращением зодчих к архитектуре прошлого, в 1930-е годы меняет свой характер и синтез искусств. В стремлении отразить в архитектурных образах завоевания социализма архитекторы все шире начинают использовать синтез архитектуры с монументально-изобразительным и декоративно-прикладным искусством. Однако синтез искусств часто трактовался как украшение архитектуры произведениями скульптуры, живописи, прикладного искусства. Это приводило к принижению роли архитектуры и роли связанного с нею искусства (Швидковский О.А. Актуальные проблемы теории и практики советской архитектуры // Вопросы советского изобразительного искусства и архитектуры. – М.: Искусство, 1978. – С. 3-10).

Так, например, в Казани в проекте здания финансово-экономического института (арх. Ю.Ю. Савицкий, 1938-1951 гг.) перед входом по обеим сторонам парадной лестницы и на кровле должны были возвышаться 10 статуй. В одном из вариантов реконструкции здания химико-технологического института (арх. И.Г. Гайнутдинов, 1934-1937 гг.) предлагалось над колоннами, переходящими в пилястры, на центральном полукруглом объеме, разместить грандиозные фигуры. В 1930-е годы обращение к традициям прошлого было в некоторой степени критичным, видимо, потому, а также в связи с ограниченностью материальных ресурсов подобные скульптурные предложения не были осуществлены.

Немаловажное значение для синтеза искусств в Казани имели научные и практические разработки И.Г. Гайнутдинова по возрождению традиционной национальной майолики и керамики, гипсовой лепки, которые он с большим мастерством использует в павильоне ТАССР на ВДНХ в Москве (1939 г., реконструирован в 1954 г.). В то же время декор павильона перенасыщен, но с этого момента декоративно-прикладное искусство в архитектуре Казани, на время забытое, начинает свое новое развитие.

Особенно украшательские тенденции в архитектуре страны усилились в послевоенные годы. Стремясь запечатлеть в архитектурных образах победу советского народа в Великой Отечественной войне, архитекторы стремились украсить здания декором иногда в ущерб экономической и технической целесообразности. Часто произведения искусства получали превалирующее значение, не были никак связаны с архитектурой и зачастую ее подавляли.

В Казани наиболее ярко это направление проявилось в проектах начала 1950-х гг. Так, например, в проекте пристройки к основному зданию КФАН СССР на ул. Лобачевского (арх. М.К. Игламов, осуществлено в 1957 г.) было предусмотрено размещение скульптур между крайними пилястрами входного портика. Коринфские капители пилястр украшались звездами, над фронтоном возвышались символические композиции, изображающие крылья, знамена, лавровые ветви, серп и молот, звезды.

Подобные же символические композиции были предусмотрены и в проекте Дома Советов на площади Свободы (арх. П.А. Саначин и Г.И. Солдатов, проект 1953 г.). При строительстве же этих зданий скульптурные украшения и излишний лепной декор не были осуществлены, так как строительство этих зданий совпало с осуждением украшательских тенденций и изменением творческой направленности советской архитектуры.

Время показало, что синтез искусств должен представлять собой сплав пространственной, тектонической и пластической структуры комплекса, его оборудования и изобразительных составляющих в единое художественное произведение.

Этой позиции синтеза искусств отвечает в значительной мере театр Оперы и Балета им. М. Джалиля. Нужно отметить, что все архитектурно-художественные элементы театра, вплоть до мебели, люстр, дверных ручек, вентиляционных решеток – прорисованы с учетом общей художественной композиции сооружения и звучания в ней каждого вида искусства (в художественном оформлении театра принимали участие скульптор В.В. Ламмерт и художник Ч. Ахмаров). В объемно-пространственную композицию здания органично включены памятники великому русскому поэту А.С. Пушкину (скульптор Н.К. Вентцель) и народному поэту Татарии Габдулле Тукаю (скульптор Е.И. Шулик), поставленные в специально созданные пространства огромных полукруглых ниш на боковых фасадах.

Выводы

На основании вышеизложенного можно сказать, что творческая направленность в архитектуре Казани второй половины 1930-х-первой половины 1950-х годов имела определенные недостатки: перенасыщение декором, поверхностная трактовка синтеза искусств, нарушение тектоники современных конструкций, а тем самым создание препятствий для их развития, для индустриализации строительства, отсутствие в какой-то степени демократичности архитектурного образа. Но архитектура этого периода была правдива по отношению к духовным ценностям, идеалам, мироощущению, культуре этого периода, обращенная к архитектуре предыдущих эпох, к традициям, она была объективно исторически внутренне обусловлена и участвовала в решении самых актуальных задач данного периода – это задачи идеологического плана.

В завершении надо отметить, что в зарубежной западной архитектуре XX века такое повсеместное и широкое обращение к исторической архитектуре, как в нашей стране в 1930-1950-е годы, началось значительно позже, в архитектуре постмодерна в 1970-1980-е годы [8-10]. Советские архитекторы уже во второй половине 1930-х годов осознали некоторую ограниченность пластического языка современной архитектуры функционализма и конструктивизма.

Заключение

Несомненной заслугой этого периода для архитектуры города является обращение зодчих к собственно архитектурным средствам, выработанным веками. Это ансамблевость архитектурных решений, использование синтеза архитектуры с изобразительным и декоративно-прикладным искусством, выявление пластики объемов, теплота и гуманность форм, оперирование пространством и т.д. В то же время в архитектуре Казани появляется новый, более крупный масштаб общественных сооружений, новая их пространственная организация.

Список библиографических ссылок

1. Закирова Т. Р. Творческая направленность архитектурно-художественной жизни Казани в первые послереволюционные годы : сб. научных трудов международной конференции «Современные исследования основных направлений гуманитарных и естественных наук» / Казанский кооперативный институт. Казань, 2017. С. 102–108.
2. Закирова Т. Р. Принципы размещения новых типов общественных зданий в архитектуре советской Казани в первые послереволюционные годы : сб. научных трудов международной конференции «Современные исследования основных

направлений гуманитарных и естественных наук» / Казанский кооперативный институт. Казань, 2017. С. 95–99.
3. Надырова Х. Г. Градостроительное развитие средневековой Казани в контексте теории сложности городов. Казань : КГАСУ, 2012. 294 с.
4. Халитов Н. Х., Альменова-Халитова Н. Н. Стили и формы Татарской архитектуры Казани 1920-х-начала 1960-х гг.: историко-архитектурное исследование. Казань : Татар. кн. изд-во, 2016. 247 с.
5. Саначин С. П. Экскурс в архитектурную жизнь советской Казани: иллюстрированное повествование на стыке истории и градостроительства в 1918-1991 гг. Казань: Фолиант, 2014. 238 с.
6. Былинкин Н. П. Причины и последствия изменения творческой направленности советской архитектуры в 30-е годы // Архитектурное образование : межвуз. сб. МАрхИ. М. : МАрхИ, 1979. 135 с.
7. Рябушин А. В. Архитектура, среда, культура // Архитектура СССР. 1979. № 7. С. 1–4.
8. Watkin David. A History of Western Architecture / Laurence King Publishing. London. 2015. 736 p.
9. Architectural theory. From the renaissance to the present. Volume 1, 2/ With a preface by Bernd Evers and an introduction by Cristof Thoenes. Koln : Tashen, 2011. 845 p.
10. Phaidon's 20th Century World Architecture Atlas. Written by Aaron Britt. Phaidon, 2012. 750 p.

Zakirova Tatiana Rifgatovna
E-mail: env60@yandex.ru
candidate of architecture, assistant professor
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Asadullin Enver Zakievich
E-mail: env60@yandex.ru
candidate of technical sciences, associate professor
Kazan Cooperative Institute
The organization address: 420061, Russia, Kazan, Ershova st., 58

Development of architecture of public buildings of Kazan during the period from the middle 1930 to the middle of 1950th years

Abstract

Problem statement. The purpose of the article is to show how the development of Kazan's architecture took place from the mid-1930s to the mid-1950s using the example of public buildings, as well as to reveal the socio-economic prerequisites for changing the creative direction in Soviet architecture and to show the reflection of this process in the architecture of the city.

Results. The desire to reflect the achievements of socialism, as well as the limited plastic language of modern architecture, led to its transition in the mid-1930s to the development of historical heritage, in which two tendencies manifested themselves in the architecture of public buildings in Kazan. The first sought to combine the requirements of a convenient functional organization with the beauty of the compositional techniques of the classical heritage and resorted to styling in the classic spirit, the second used a direct appeal to the forms, techniques and means of previous eras. Both the first and the second tendencies led to the reincarnation of the artistic tasks of architecture into decoration divorced from the demands of the economy and the possibilities of new constructions, but were true in relation to the spiritual ideals of this period.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture of Kazan lies in the fact that the appeal of architects in the period under review to the architecture of the past again gave the right to exist to those progressive traditions and architectural tools that had been developed over the centuries and for a certain period were put aside. These are the ensemble of architectural solutions, the use of the synthesis of architecture with visual arts, the identification of plastic volumes, warmth, humanity of forms, etc. At the same time, it cannot be said that the architecture of

Kazan of this period only repeated the forms and techniques of the architecture of previous epochs, it also introduced a new one: the enlarged scale of squares and streets, the new spatial organization of volumes and can serve as an example now, when architects again, after a period functionalism and standardization, to the plastic language of the architecture of previous eras.

Keywords: public buildings, architectural development, creative orientation.

References

1. Zakirova T. R. Creative orientation of the architectural and artistic life of Kazan in the first post-revolutionary years : proceedings of the international conference «Modern Studies of the Main Directions of the Humanities and Natural Sciences» / Kazan Cooperative Institute. Kazan, 2017. P. 102–108.
2. Zakirova T. R. Principles of placing new types of public buildings in the architecture of Soviet Kazan in the first post-revolutionary years : proceedings of the international conference «Modern Studies of the Main Directions of the Humanities and Natural Sciences» / Kazan Cooperative Institute. Kazan, 2017. P. 95–99.
3. Nadyrova Kh. G. Urban development of medieval Kazan in the context of the theory of the complexity of cities. Kazan : KGASU, 2012. 294 p.
4. Khalitov N. Kh., Almenova-Khalitova N.N. Styles and Forms of the Tatar Architecture of Kazan in the 1920s – early 1960s: Historical and Architectural Research. Kazan: Tatar book publishing house, 2016. 247 p.
5. Sanachin S. P. Tour of the architectural life of Soviet Kazan: Illustrated narrative at the junction of history and urban planning in 1918-1991. Kazan : Foliant, 2014. 238 p.
6. Bylinkin N. P. The causes and consequences of changes in the creative orientation of Soviet architecture in the 30^{s} // Architectural education: Intercollege digest MARHI. M. : MARHI, 1979. 135 p.
7. Ryabushin A. V. Architecture, environment, culture // Architecture of the USSR. 1979. № 7. P. 1–4.
8. Watkin David. A History of Western Architecture / Laurence King Publishing. London. 2015. 736 p.
9. Architectural theory. From the renaissance to the present. Vol. 1, 2. With a preface by Bernd Evers and an introduction by Cristof Thoenes. Koln : Tashen, 2011. 845 p.
10. Phaidon's 20th Century World Architecture Atlas. Written by Aaron Britt. Phaidon, 2012. 750 p.

УДК 711.168
Иванова Елена Юрьевна
старший преподаватель
E-mail: ivanova.e.u@mail.ru
Хабибулина Альбина Гомеровна
кандидат экономических наук, доцент
E-mail: albgomer@mail.ru
Хабибулина Аделя Маратовна
ассистент
E-mail: adelya0514@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Васильева Юлия Владимировна
заместитель директора, эксперт судебной строительно-технической экспертизы, эксперт по проведению государственной историко-культурной экспертизы
E-mail: gajavata@yandex.ru
ООО «Забир»
Адрес организации: 420012, Россия, г. Казань, ул. Маяковского, д. 30-17

Арочные распорные системы из кладочного материала в памятниках русской культовой архитектуры

Аннотация

Постановка задачи. Целью данной работы является анализ и обобщение результатов исследований в изучении древних покрытий кладочной структуры, а именно выявление и классификация возможных деформаций и причин, вызывающих эти деформации в пространственных распорных системах культовых памятников архитектуры, в том числе на территории административных районов республики Татарстан.

Результат. Исследования позволили установить факторы, под влиянием которых находится деформативность той или иной системы. Прежде всего, это ее конструктивные особенности, далее, свойства строительных материалов, из которых выполнена кладка, а также величина и характер нагрузки. Определено влияние деформативности опор на рабочие и инертные части сводов и роль ограждающих стен, подпружных арок и воздушных связей.

Выводы. В работе изучены деформации всех основных типов покрытий, произошедшие в процессе их многовековой эксплуатации, выявлены причины их возникновения. Систематизированы наиболее характерные причины деформаций основных типов систем, определены места, направления и внешние признаки изменений, что имеет большую практическую значимость при производстве оценки технического состояния, которая производится перед началом реставрационных работ. Представленные результаты актуальны и имеют практическую значимость, так как позволяют экспертам наиболее полно и точно оценить состояние конструкций, исключить ошибочные заключения, зачастую происходящие из-за отсутствия внешних проявлений скрытых дефектов и, тем самым, избежать внезапных обрушений и аварийных ситуаций.

Ключевые слова: свод, конструктивная система, арка, анализ, усиление, устойчивость.

Введение

В настоящее время выявлены и обследованы основные памятники культовой архитектуры в административных районах республики Татарстан. Результаты исследований представлены в трудах отдела Свода памятников Института истории Академии наук РТ. Работы историков и культурологов велись совместно с архитекторами. В итоге было издано несколько фундаментальных трудов, таких как «Республика

Татарстан: памятники истории и культуры. Каталог-справочник», а также «Свод памятников истории и культуры Татарстана»*. Они, и им подобные издания, касающиеся древнерусских городов, содержат историко-архитектурные описания объектов. Однако, в них не затрагиваются вопросы, связанные с техническим состоянием конструкций и тем более с деформациями, возникающими в процессе существования и эксплуатации. Данная работа ставит целью в определенной мере восполнить этот пробел, тем более что большинство зданий и сооружений культового назначения в административных районах республики Татарстан требуют реставрации или срочной консервации.

Данная работа ставит задачу продолжить вышеназванное исследование памятников и дополнить его содержание инженерно-техническими аспектами, касающимися, в частности, распорных систем кладочной структуры в покрытиях храмовой архитектуры. Авторами исследования проанализирован, в том числе, и зарубежный опыт изучения проблемы [1-3]. Отсутствие систематизации дефектов, с которыми может сталкиваться эксперт, усложняет его работу, а, в некоторых случаях, не дает возможности в полной мере оценить техническое состояние конструкций и дать безошибочные прогнозы. Это обусловило цель работы: выявить и систематизировать ожидаемые места локализации деформаций, характерные для каждого из основных типов сводов, описать внешние признаки деформаций и, как итог, причины их возникновения.

Этот этап можно рассматривать как подготовительный к последующим исследованиям, связанным с выработкой рекомендаций по реставрации распорных систем в покрытиях древних зданий.

Воздействие нагрузок на распорные системы

Действие нагрузок на строительные конструкции и их элементы вызывает различную степень их сопротивляемости, отражающихся в противоположных, по своей сути, конструктивных понятиях – деформативности и жесткости.

Изначально рабочая схема определяет виды деформации характерные для данной конструктивной системы. Но в процессе функционирования обычно корректируется рабочая схема или свойства материалов строительства и в результате подвергается изменениям вид деформации. На деформационные изменения распорных систем определяющее влияние оказывают нагрузки, их характер и величина, а также следующие конструктивные особенности [4]:

- присутствие дублирующей рабочей схемы;
- пролет свода, радиус его кривизны;
- толщина свода;
- характеристики кладки;
- присутствие местных элементов, увеличивающих жесткость;
- качество опорного контура, опор.

Трехпролетная или пятипролетная арочно-стоечная конструктивная система лежит в основе наиболее распространенных, а именно крестово-купольных покрытий. Четыре центральных или восточных опоры-столба несут нагрузку от подпружных арок и от световых барабанов, как центральных, так и угловых, если таковые имеются. Отдельные модули, образованные подпружными арками, создают распоры, которые в конечном итоге образуют суммарный неуравновешенный распор системы, воспринимаемый вертикальными опорами, наружными стенами, пилонами. В некоторых случаях последние конструктивно объединялись и работали как диафрагмы жесткости.

Для безопасной эксплуатации распорной системы необходимо обеспечить условие, когда опрокидывающее действие распора будет меньше суммарной удерживающей реакции собственного веса и нагрузок, которые приложены к элементу с определенным плечом относительно точки опрокидывания. При невыполнении данного условия, равновесие

*Республика Татарстан: памятники истории и культуры. Каталог-справочник. Казань: «Фест». 1993. 320 с. Свод памятников истории и культуры республики Татарстан. Том 1. Административные районы. Казань : «Мастер Лайн». 1999. 458 с.

системы может быть достигнуто использованием элементов жесткости, таких как апсиды, контрфорсы, пристройки, затяжки, установленные на уровне пят подпружных арок. Стоит отметить, что значимость затяжек, в данном случае, многие исследователи неоправданно преувеличивают [4]. Приемлемая статика распорных систем в начале эксплуатации определяется рациональностью соотношения вертикальных и горизонтальных нагрузок, приходящихся на элементы жесткости, от их устойчивости к действию распора и не зависит от наличия затяжек. Вовлечение воздушных связей в работу системы происходит лишь, когда возникают деформации. Этот факт необходимо учитывать. Переоценка роли затяжек обусловлена тем, что расчеты крестово-купольных систем производились исходя из полной нагрузки строительного периода. В расчетах не учитывалось свойство кладки, выполненной на растворе, и собственная жесткость опорного контура.

Безусловно, основным условием существования крестово-купольной системы является жесткость опорного контура. В то же время надо учитывать, что рабочие и инертные части сводов по-разному реагируют на деформативность опор. В частности, нервюры передают распор и давление на угловые части стен или пилоны. Отсюда и тот факт, что деформативность свода связана с устойчивостью угловых несущих конструкций [5].

Внешние признаки деформаций распорных систем и места их локализации

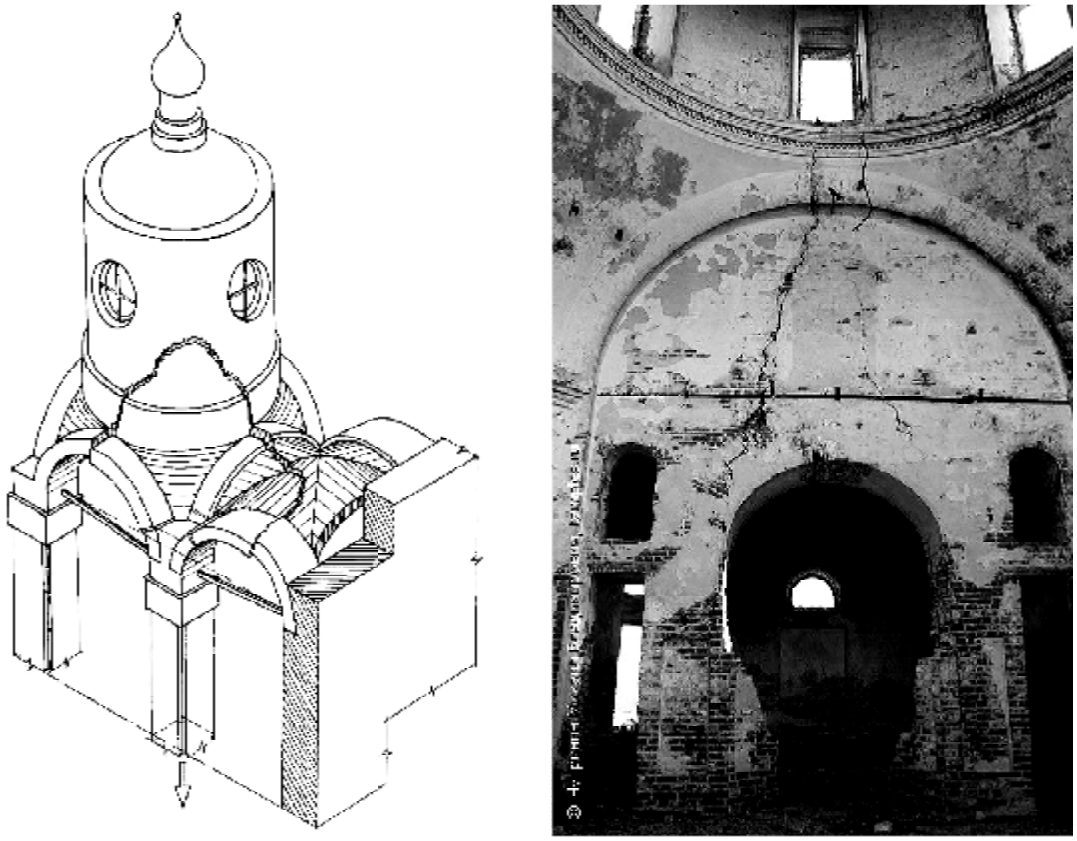
Зоны, в которых растягивающие и сдвигающие напряжения достигают своих максимальных значений, предрасполагают к образованию деформационных трещин или раскрытия швов. Можно выделить два типа трещин. Одни из них располагаются между самостоятельными деформационными блоками вдоль их границы, другие перпендикулярны плоскости деформаций и проходят по слабым перевязкам или технологическим швам.

В результате изучения характерных примеров, касающихся различных типов распорных систем, была произведена систематизация расположения деформативных образований в них [4].

В отдельно стоящих цилиндрических сводах трещины образуются по линии контакта с распалубкой на нижней поверхности вдоль верхней части криволинейной цилиндрической поверхности, ограничивающей свод по верху. В сводах, объединенных в системы, трещины образуются на границах смыкания в угловых частях. Также, при просадках трещины наблюдаются вокруг центральных столбов. Характерным примером вышесказанному могут служить деформации, выявленные в следующих культовых сооружениях: Церковь Введения во храм Пресвятой Богородицы и церковь Сретения Господня в г. Астрахани (1606-1620 гг.), ризница Церкви Николая Чудотворца в Спасо-Преображенском Соловецком монастыре (1830-1834 гг.), Петропавловский собор в г. Казани (1723 г.), Покровская церковь в д. Гремячка Рыбно-Слободского р-на РТ (1756 г.) [6-8].

Для крестовых сводов является характерным образование трещин вдоль распалубок вокруг замковой части. Это наблюдается в случае, если произошло ее провисание. При просадке и сдвиге опор вблизи них, свойственны деформации, перпендикулярные к диагональному ребру, расположенные поперек подпружных арок. В случае образования трещин вдоль ребра, на стадиях деформации происходит выпадение элементов распалубки. Результаты исследований крещатых сводов памятников архитектуры демонстрируют, что чаще всего образование трещин происходит на границе центральных арок с угловыми сомкнутыми частями свода.

При отсутствии затяжек трещины наблюдаются на нагруженной поверхности центральных арок на растяжении $\frac{2}{5} \div \frac{1}{2}\ f$ от уровня опоры (f – расчетная стрела арки). Примером могут служить деформации, зафиксированные в Архангельском соборе Рязанского кремля (XV-XVII вв.), в Свято-Успенском кафедральном соборе г. Тула (1762-1764 гг.), в церкви Рождества Пресвятой Богородицы с. Барятино, Мещовского р-на, Калужской обл. (1819 г.), в Владимиро-Богородицкой церкви д. Репьевка Бавлинского района РТ (1860 г.), в Покровской церкви д. Русские Сарсазы Чистопольского района РТ (1879 г.), в Михайло-Архангельской церкви д. Кармалы Нижнекамского района РТ (1882 г.) (рис. 1).

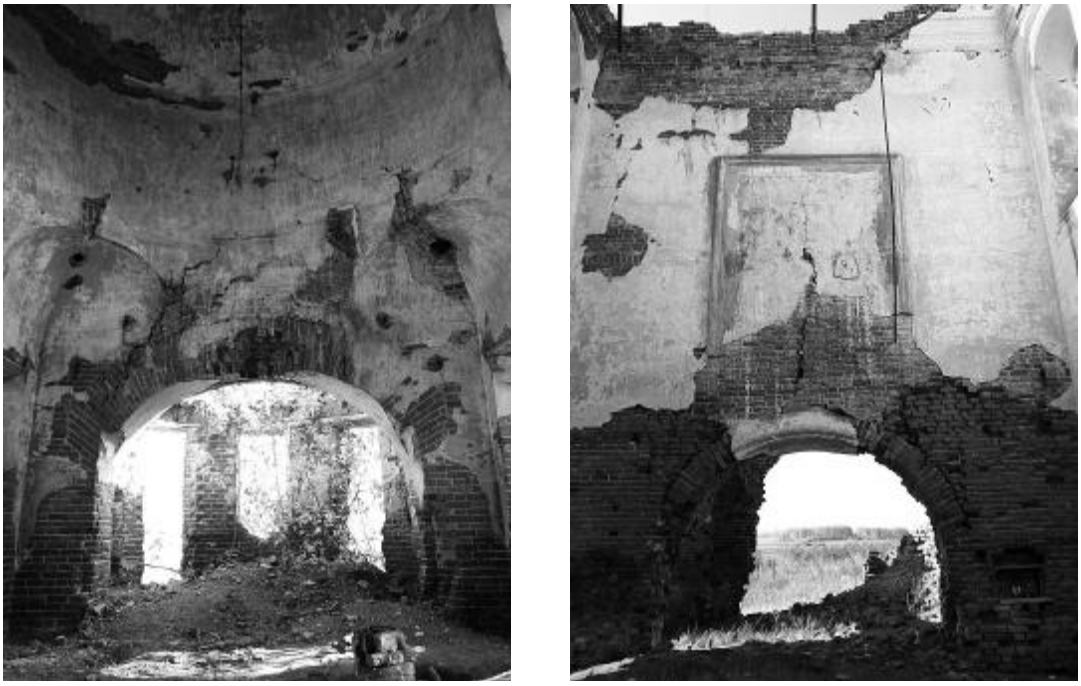


а) б)

Рис. 1. Деформация арочно-стоечных систем при просадках опор:
а) Деформация подпружных арок, сводов и светового барабана крестово-купольной системы при просадке центрального столба (Архангельский собор, г. Рязань, кон. XV-XVII вв.) [4];
б) Фотофиксация деформации в алтарной части (Церковь Рождества Пресвятой Богородицы, с. Барятино, Мещовского р-на, Калужской обл., 1819 г.) [9]

Изучение технического состояния сомкнутых сводов культовых памятников древности позволило прийти к выводу, что трещины здесь чаще всего образуются на внешней поверхности лотков на высоте, колеблющейся в пределах $\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}\ f$ от пяты свода. При наличии слабообжатых частей, трещины возникают в пограничных зонах этих частей. В качестве характерного явления для лотковых и цилиндрических сводов трещины располагаются в сомкнутых сводах в местах контакта с распалубками. Примерами могут служить: Трапезная палата Свято-Троицкого кафедрального собора (1597-1603 гг.), Церковь Собора Пресвятой Богородицы в Нижнем Новгороде (1703-1749 гг.), колокольня Спасо-Преображенского Соловецкого монастыря (1777 г.), Троицкая церковь в с. Новотроицкое Тукаевского р-на РТ (1835 г.).

Показательные и выразительные трещины появляются в результате использования сухой кладки на известковых и сложных растворах, как следствие возникновение хрупких деформаций. При наличии высокопрочных растворов в жесткой кладке возникают упругие деформации, которые зачастую дают о себе знать не сразу, а спустя продолжительный период времени, по истечении которого наступает явление усталости перенапряженного материала. При этом деформации зачастую происходят скачкообразно (рис. 2).



а) б)

Рис. 2. Примеры деформации арочно-стоечных систем в храмах республики Татарстан:
а) Церковь Илии Пророка, с. Солдатская Письмянка, Бугульминский р-н (сер. XVIII в.);
б) Церковь Богоявления Господня, с. Сула, Бугульминский р-н (1806 г.) [10]

Разработка реконструктивных мероприятий базируется на выводах, сделанных экспертом при обследовании технического состояния конструкций, заключениях, которые могут оказаться неверными, что приводит к ошибочным рекомендациям по дальнейшей эксплуатации и реставрации. Объясняется это тем, что пластичная влажная кладка может не иметь видимых проявлений деформаций. Раскрытие швов в растянутой зоне несет замедленный характер. Когда возникает сокращение сжатой зоны по величине близкое к предельному, за ним следует расклинка отдельных камней или блоков кладки. Существование свода становится невозможным. Как следствие, происходит потеря устойчивости и возникает аварийная ситуация (обрушение).

Причины возникновения деформаций в основных типах сводов

Для наиболее часто встречающихся типов сводов в русских памятниках архитектуры выявлены следующие возможные причины деформаций [4].

Цилиндрический свод:

- просадка угловой части опорного контура и местная просадка с подвижкой;
- просадка с подвижкой угловой части опорного контура и местная просадка с подвижкой;
- с поворотом торцевых частей, просадкой (с подвижкой при перегрузке) центральной части опорного контура;
- поперечный сдвиг части объема при наличии жесткой кладки;
- усадка раствора, перегрузка свода, равномерная подвижка опор (коробовый свод в том числе при наличии лотка);
- просадка с подвижкой угловой части опорного контура и последовательная просадка или подвижка простенков между распалубками; просадка с наклоном торцевой части опорного контура (свод с распалубками);
- симметричная подвижка при перегрузке центральной зоны, общая седлообразная деформация (свод с гуртом под центральной нагрузкой).

Крестовый свод:

– последовательная подвижка угла опорного контура (вспарушенный свод с замкнутым опорным контуром);

– подвижка смежных столбчатых опор (вспарушенный свод на подпружных арках);

– сдвиг части объема (свод с жестким замкнутым опорным контуром);

– просадка опоры (плоский свод на столбчатых опорах).

Лотковый свод:

– подвижка «слабой» опоры подпружной арки (свод с разделительной подпружной аркой).

Системы из нескольких сводов:

– подвижка «слабой» опоры центральной подпружной арки (из двух крестовых вспарушенных сводов с общей подпружной аркой);

– последовательная просадка стены-опоры смежных сводов (из параллельных цилиндрических сводов с общими опорами);

– подвижка двух соседних стоечных опор наружного ряда (из цилиндрических сводов с распалубками на подпружных арках).

Заключение

В результате проведенных исследований приходим к выводу, что к основным факторам, исключающим деформации в рассматриваемых распорных системах, относятся умеренность напряжений во всех элементах конструкции, недопущение растягивающих усилий и устойчивость системы к внешним воздействиям, климатическим условиям местности, инженерно-геологическим факторам, характеристикам используемых строительных материалов, технологии возведения и прочее.

Представленный обобщенный материал имеет практическую ценность при оценке технического состояния памятников, для расчета несущей способности конструкций и, в конечном итоге, для разработки рекомендаций по сносу, реставрации или консервации конкретной распорной системы. Новизна данной работы заключается в том, что она дополняет предыдущие исследования в этой области, рассматривает инженерно-технические аспекты памятников культовой архитектуры, расположенных на территории России и, в том числе, административных районов республики Татарстан.

Данное исследование представляет собой базу для последующего этапа работы, предполагающего разработку методов по устранению деформации и усилению конструкций распорных систем при реставрации памятников архитектуры.

Список библиографических ссылок

1. Mario Como. Statics of Historic Masonry Constructions. Springer Series in Solid and Structural Mechanics. Vol. 5. 2016. 619 p.
2. Dahmen J. F. D., Ochsendorfs J. A. Earth masonry structures: Arches, vaults and domes. // Modern Earth Buildings. 2012, P. 427–460.
3. 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.
4. Бессонов Г. Б. Исследование деформаций, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем. М. : Всесоюзное специализированное реставрационное производственное объединение «Союзреставрация». 1989. 171 с.
5. Павлов В. В., Хорьков Е. В. Восстановление работоспособности каменных арок и сводов // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6 (65). С. 65–70.
6. Агафьева Т. С. Ансамбль Гродненского монастыря – памятник архитектуры XVI-XVIII века // Приокская глубинка: краеведческий альманах. 2012. № 4. С. 18–40.
7. Мерзлютина Н. А. Богоявленская (Симоновская) церковь города Юрьевца // Архитектурное наследство. 2015. № 62. С. 101–118.

8. Петропавловский собор. Раздел 1. Комплексные научные исследования. 2015 // Министерство культуры Республики Татарстан: официальный сайт. URL: http://mincult.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_366890.pdf (дата обращения: 27.03.2019).
9. Храмы России // URL: http://temples.ru/show_picture.php?PictureID=57705 (дата обращения: 27.03.2019).
10. Заброшенные церкви Татарстана (2 часть) // URL: https://www.drive2.ru/l/4638868/ (дата обращения: 27.03.2019).

Ivanova Elena Yurevna
senior lecturer
E-mail: ivanova.e.u@mail.ru
Khabibulina Albina Gomerovna
candidate of economic sciences, associate professor
E-mail: albgomer@mail.ru
Khabibulina Adelya Maratovna
assistant
E-mail: adelya0514@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Vasileva Yuliya Vladimirovna
deputy director, expert of judicial construction and technical expertise, expert on state historical and cultural expertise
E-mail: gajavata@yandex.ru
LLC «Zabir»
The organization address: 420012, Russia, Kazan, Mayakovsky st., 30-17

Arched spacer systems from masonry material in the monuments of Russian religious architecture

Abstract

Problem statement. The purpose of this work is to analyze and summarize the results of research in the study of ancient coatings of masonry structure, namely the identification and classification of possible deformations and causes of these deformations in the spatial spacer systems of religious monuments of architecture, including in the administrative regions of the Republic of Tatarstan.

Results. Studies have allowed to establish under the influence of some factors is the deformability of a system. First of all, it is its design features, then, the properties of building materials from which the masonry is made, as well as the magnitude and nature of the load. The influence of deformability of supports on the working and inert parts of the arches and the role of enclosing walls, arches and air connections is determined.

Conclusions. The paper studies the deformation of all major types of coatings that occurred during their centuries-old operation, identifies the causes of their occurrence and presents the main ways to reduce the deformability of spacer systems. The most characteristic causes of deformations of the main types of systems are systematized, the places, directions and external signs of changes are determined, which is of great practical importance in the assessment of the technical condition, which is made before the restoration works. The presented results are relevant and have practical significance, as they allow experts to fully and accurately assess the state of the structures, to exclude erroneous conclusions, often occurring due to the lack of external manifestations of hidden defects and, thus, to avoid sudden collapses and accidents.

Keywords: vault, structural system, arch, analysis, strengthening, sustainability.

References

1. Mario Como. Statics of Historic Masonry Constructions. Springer Series in Solid and Structural Mechanics. Vol. 5. 2016. 619 p.
2. Dahmen J. F. D., Ochsendorfs J. A. Earth masonry structures: Arches, vaults and domes. // Modern Earth Buildings. 2012. P. 427–460.
3. 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.
4. Bessonov G. B. Study of deformations, calculation of bearing capacity and structural strengthening of ancient spacer systems. M. : Specialized restoration of the all-Union production Association «Soyuzrestavratsiya». 1989. 171 p.
5. Pavlov V. V., Khorkov E. V. Restoration of working capacity of stone arches and vaults // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2017. №. 6 (65). P. 65–70.
6. Agafieva T. S. The ensemble of Grodnensky monastery – architectural monument XVI-XVIII century // Priokskaya glubinka : local history almanac. 2012. № 4. P. 18.
7. Merzlyutina N. A. Epiphany (St. Simon's) Chuch in Yurevets // Architecturnoe nasledstvo. 2015. № 62. P. 101–118.
8. Peter and Paul cathedral. Section 1. Complex research. 2015 // Ministry of culture of the Republic of Tatarstan: official website. URL: http://mincult.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_366890. pdf (reference date: 27.03.2019).
9. Temples Of Russia // URL: http://temples.ru/show_picture.php?PictureID=57705 (reference date: 27.03.2019).
10. Abandoned Church of the Republic of Tatarstan (part 2). URL: https://www.drive2.ru/l/4638868/ (reference date: 27.03.2019).

УДК 725.56
Минибаева Алия Муратовна
архитектор
E-mail: mycomputer777@list.ru
Miriada Group
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Московская, д. 15, оф. 53
Денисенко Елена Владимировна
кандидат архитектуры, доцент
E-mail: e.v.denisenko@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Предпосылки и тенденции развития архитектуры домов для пожилых людей в отечественном и зарубежном опыте проектирования

Аннотация

Поставленные задачи. С возрастом пожилые люди начинают испытывать определенные изменения, которые необходимо учитывать при проектировании безопасной среды обитания для пожилых людей. Одним из востребованных видов жилья для данной категории людей на сегодняшний день является дом престарелых. Цель статьи заключается в исследовании предпосылок возникновения домов престарелых, их история и тенденции развития на основе анализа отечественного и зарубежного опыта проектирования.

Результат. Основные результаты исследования состоят в комплексной оценке архитектурных решений отечественного и зарубежного опыта проектирования домов для пожилых людей на предмет соответствия современным требованиям.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в кратком анализе типологий отечественной и зарубежной архитектуры, позволяющем определить потенциал развития современного строительства домов для пожилых людей.

Ключевые слова: архитектура для пожилых людей, типологии домов престарелых, тенденции развития домов престарелых, отечественный и зарубежный опыт проектирования домов престарелых.

Введение

Во многих странах термин «старость» определяет изменение активности и общественной значимости, например, становление бабушками и дедушками, или выполнение меньших трудозатрат на работе. Россия, Европа и США формулируют данный термин с определенным количеством нажитых лет. Западные страны ввели другое понятие «третий возраст» – начало этапа интенсивной жизни, с уходом в отставку [1].

В разных странах к домам престарелых различное отношение: в США, Германии и Израиле проживание в пансионатах и домах престарелых поддерживается обществом в качестве варианта решения для комфортной жизнедеятельности пожилых людей. Если пожилой человек не способен вести самостоятельную жизнь в одиночку (ухаживать за собой, вести быт), его устраивают в дом престарелых, где предлагается надлежащий уход и социально-коммуникативные связи, исходя из чего, пожилые люди не чувствуют себя брошенными, а ведут насыщенную жизнь среди единомышленников, получая при этом спектр необходимых услуг. Данный подход демонстрирует, что «третий возраст» может быть активным этапом жизни.

В России «третий возраст» считается пассивной стадией жизни и представляется отличительным подходом к формированию пространства для пожилых людей. На сегодняшний день проблема немощной старости вызывает различные поиски способов ухода за пожилыми родственниками. Решение такой проблемы отчасти представляет собой социальное жилье, то есть «дом престарелых». Семья – лучшее место для заботы о пожилых людях, однако не все представители старшего поколения адаптированы к самостоятельной жизни и не все имеют семьи, зачастую им приходится жить в домах

престарелых. Дома престарелых не вызывают доверия и представляются крайней мерой даже в случае острой необходимости.

Пожилые люди часто слабее среднего пожилого возраста и более уязвимы, у них есть спектр физических, эмоциональных и коммуникативных потребностей, которым должно отвечать современное социальное жилье. Старость представляет собой этап существования с потерей возможности организма к продолжению рода до конца жизненного пути. Он связан с определенными психическими и физическими изменениями в организме. Старость делится на преклонный возраст (60-75 лет), старческий (75-90 лет), возраст долгожительства (более 90 лет) [2]. Основой проектирования архитектуры и ее управлению для людей любой возрастной категории и физических возможностей служит почтение к человеку, уважение его желаний и учет базовых потребностей.

По результатам последних исследований к 2030 году средняя продолжительность жизни достигнет 80 лет, что будет гарантировать долю пожилых людей более 28 % от населения, а каждый пятый человек доживет до 100 лет. В настоящее время, 24 % пожилых людей проживают одиноко и чувствуют себя отрезанными от мира [2]. В документальном научно-популярном фильме «Тайны взросления. Старость. Золотые годы» говорится о том, что, несмотря на всеобщее представление старения как физических изменений, признаки старения не отражают суть. Исследования показывают, что в старости радость жизни ощущается острее, а для большинства жизнь становится лишь интереснее. Ученые узнали, что «старые мозги» имеют некоторые удивительные преимущества перед молодыми, такие как открытие новых свежих творческих способов мышления, возможность объединения своих логических и творческих сторон. Именно поэтому многие реализуют свой потенциал и достигают вершин лишь после 70 лет [3].

С учетом увеличения продолжительности жизни понимание слова «старый» стремительно меняется, что свидетельствует о том, что основы проектирования современных домов престарелых также подлежат изменениям. В рамках данного исследования проводится выявление ключевых социально-коммуникативных потребностей пожилого человека, описание истории отечественных домов для пожилых людей, а также выявляются современные принципы проектирования на основе примеров зарубежного опыта проектирования.

История появления и становления отечественного опыта проектирования домов для пожилых людей

По мнению британского архитектора Нормана Фостера[1], девиз нашего времени – идти в ногу со временем и быть внимательным к людям, прислушиваться к ним. На основе анализа материала выявлены типы отечественных домов престарелых с XVIII до XX (табл. 1).

Таблица 1

Типология домов для пожилых людей в хронологическом порядке

№	Тип жилья	Описание	Пример
1	Церковная богадельня	Военные моряки, малолетние дети-сироты, инвалиды и пожилые люди.	Инвалидный дом (1766 г.) г. Санкт-Петербург [4]

[1]Барон Но́рман Фо́стер (англ. Norman Foster, 1 июня 1935, Манчестер) – британский архитектор, лауреат Императорской и Притцкеровской премий. Зарубежный почётный член Российской академии художеств (2004).

Продолжение таблицы 1

2	Дом престарелых, Специализированный дом престарелых, Дом ветерана и труда	Пожилые, пожилые с заболеваниями, пожилые одинокие, ветераны войны и труда	Пансионат для ветеранов ВОВ и труда «Красная Звезда» (1967 г.) г. СПБ [5]
3	Пансионат для пожилых людей	Пожилые, пожилые с заболеваниями, пожилые одинокие, ветераны войны и труда	«Дом у парка» Частный пансионат для пожилых людей в г. Москве (2018 г.) [6]

Церковная богадельня располагалась почти при всех храмах и монастырях. Все основательные монастыри стремились создавать и поддерживать интернаты для нуждающихся в медицинской помощи, убогих и пожилых людей. Ответственность за тех, кто по какой-либо причине был нетрудоспособным или недееспособным брали на себя монахи. Среди нуждающихся в помощи были маленькие дети-сироты, инвалиды и пожилые люди [4]. С архитектурной точки зрения, тип «богадельни» не отвечал специфике ухода за пожилыми людьми, так как имел смешанную функцию обеспечения любых нуждающихся жителей.

Уцелевшим образцом подобного типа считается Инвалидный дом, организованный в 1766 году. Протяженностью в 200 метров двухуровневый корпус Инвалидного дома в Санкт-Петербурге располагался вдоль реки Большой Невки, территория была пригородной и размещение такого «пансионата» представлялось допустимым [7]. Фасадная часть составляла ритмичную сетку одинаковых окон без всякого декора. Здание имело 6 одинаковых входов. Планировка представляла собой двустороннюю коридорную систему вдоль всего корпуса с идентичными жилыми комнатами с кладовой. В этом же здании располагались лазаретные комнаты, аптечный пункт, а также квартирное жилье священника, врача и смотрителя дома.

Другим примером богадельни стала Прохоровская богадельня (вероятно, богадельная изба) в 1871 г. Планировочные габариты 12 на 25 метров позволяли разместить до 20 человек пожилых мужчин и женщин в соответствующих отделениях, куда также входили кухня и помещения для попечителя и совета. Дворовое пространство зданий богадельни включало в себя хозяйственные блоки, а также садовые и огородные земли [8].

Богадельня имела четкую организацию пространства, однако ее постояльцами были все нуждающиеся в жилье, пожилые люди не были выделены отдельным классом, следовательно, не учитывалась эргономика и базовые потребности людей пожилого возраста.

Дом престарелых советских времен представляет собой пансионат для ветеранов войны и труда «Красная Звезда», начавший свое функционирование в 1945 году, пользователями которого стали инвалиды Великой Отечественной Войны, а также пожилые ветераны. Здание состояло из нескольких деревянных жилых корпусов для пожилых и персонала, которые заменились на кирпичные трехэтажные корпуса на рубеже 70-х годов. По состоянию здоровья пожилые люди вели самообслуживание, занимаясь скотоводством и растениеводством. Период проживания в учреждении устанавливался лечащим врачом [5]. Также существовали дома инвалидов для разных больных [4].

Со смены обеспечения домов престарелых благотворителями государством изменилась и система социального ухода. Пожилые люди больше не шли наряду с

нищими и больными, а концепция специализированных учреждений для пожилых людей стала шаблоном при проектировании домов престарелых [4].

Пансионат для пожилых людей. С приходом Перестройки изменился ключевым образом социально-политический строй. С середины 90-х гг. гражданам сделалось возможным самим подбирать дом престарелых. Кроме муниципальных учреждений также появились частные заведения. Если государственные учреждения напрямую зависят от финансового положения в стране, то частные дома могут позволить комфорт и высококачественный уход. Для архитектуры домов престарелых данные изменения способствовали развитию объемно-планировочных решений, вариативности функционального насыщения помещений и связей между ними [4].

Пансионат для пожилых людей «Ачипсе» (2007 г.) расположен в Краснодарском крае. Рельеф местности подсказал авторам основную объемно-планировочную идею проекта: пансионат состоит из нескольких блокированных частных домов. Общественными пространствами служат общий двор и зона бассейна. В пансионате предусмотрено 7 спален для приезжих гостей, которые располагаются на втором этаже двух двухэтажных блоков, каждый блок оснащен кухней, столовой, комнатой отдыха. Другой одноэтажный блок включает в себя набор комнат и отдельную кухню для обслуживающего персонала, и гараж [9]. Таким образом, на первом уровне располагаются исключительно общественные пространства, второй же представляет собой «отдельные домики» с более приватным функционалом.

На концепцию пансионата для пожилых людей «Дом у парка» в Москве повлияло проектирование детского сада поблизости [6]. Предполагается, что дети могут приходить к представителям старшего поколения и давать творческие представления, а пожилые люди могут посещать их спектакли или читать сказки. Подобное взаимодействие с растущим поколением благотворно сказывается на психоэмоциональном состоянии людей почтенного возраста.

Проект пансионата «Парк Отель Опека» представляет собой набор жилых, административно-медицинских и гостиных модулей, соединенных между собой как конструктор. Решая проблему изоляции пожилых людей, авторами предложено формирование жилых блоков по принципу объединения резидентов схожих физических заболеваний в группы по 4 человека, располагающихся вокруг их гостиной. Каждая группа имеет блок обслуживающих помещений и может проживать автономно. Здание максимально интегрировано в ландшафт, благодаря чему пансионат ориентирован на природу [10].

Типологии зарубежного опыта проектирования домов для пожилых людей

Самыми прогрессивными на сегодня считаются дома коммунального и межпоколенного типа, основанные на принципах взаимопомощи и общения. На основе анализа проектного опыта выявлены ключевые типы жилья для пожилых людей (табл. 2).

Таблица 2

Классификация типов современных домов престарелых в зарубежном опыте

№	Тип жилья	Описание	Пример
1	Дом поколений	Пожилые, нуждающиеся в уходе, взрослые и молодые семьи.	Future Sølund – ЖК для пожилых людей и молодежи. Дания, Копенгаген [11]

Продолжение таблицы 2

2	Жилой комплекс	Пожилые и молодые семьи	Armstrong Place Senior Housing, Сан-Франциско, Калифорния, США [12]
3	Дом-община	Пожилые, тяготеющие к коллективной жизни	дом престарелых имени Петера Розеггера. Грац, Австрия [13]
4	Социальное жилье	Одинокие и семьи разных возрастов	La Valentina Station США. Сакраменто [14]
5	Дом-курорт	Пожилые, нуждающиеся в реабилитации и их семьи	Дом престарелых, Морнингтон, Австралия [13]
6	Социальное жилье как объект реконструкции	Социально-незащищенные пожилые и молодые семьи	Реконструкция макаронной фабрики – Квартал Tassafaronga Village. Окленд, штат Калифорния [15]

Дом поколений – поколения живут раздельно, но имеют общие пространства для коммуникации и взаимодействия. Альтернативный пример организации дома для пожилых людей представили архитекторы C.F. Møller и Tredje Natur, выиграв конкурс на проектирование жилого комплекса Future Sølund в Дании для пожилых людей и молодежи, ключевой функцией которого служит обеспечение пожилых людей, нуждающихся в повседневном уходе. На смену изоляции пожилых людей предлагается мультифункциональное пространство для разных поколений, контактирующих друг с другом. Жилыми ячейками служат квартиры для представителей старшего возраста, нуждающихся в особом уходе, квартиры для пожилых и квартиры для молодых людей

[11]. Проект отличается вариативностью общественных пространств с разной степенью приватности, со смешением функций и типологий, таких как, например, столовая, общая гостиная, террасы, эксплуатируемая кровля, внутренний двор. Подобно городской структуре, формируется внутренняя планировка дворов, укрепляя связи между жителями.

Жилой комплекс – разные поколения живут вместе. Жилой комплекс Armstrong Place Senior Housing[2], расположенный на территории бывшего индустриального квартала, граничит с основной транспортной магистралью и обладает хорошей вариативной общественно-транспортной доступностью. Бывшее многоквартирное здание служит основой нового комплекса, объединяющего в себе несколько функций: жилые, торговые и обслуживающие. С помощью деталей, заимствованных из национального орнамента и символов, архитектура отражает историю афроамериканского народа, издавна проживающего в этом районе. Фасады декорированы текстильным узором, а внутренний двор здания украшен стеной с панно с традиционными для жителей символами [12].

Дом-община – пожилые люди живут раздельно, занимаясь коллективной деятельностью. В доме престарелых имени Петера Розеггера[3] организована домашняя, дружественная атмосфера для проживания людей пожилого возраста с концепциями безопасности и ресурсосбережения. Корпус состоит из двух уровней, расположенных в зеленой зоне, близ парка и специально открыт вовне. На земле сквозь него проходит «деревенская площадь». На втором этаже предусмотрены четыре атриума. Жилые ячейки представляют собой восемь «общин», по четыре на каждом этаже; каждая община состоит из комнат для резидентов, столовой и кухни для них и одного рабочего персонала. Для упрощения ориентации в пространстве каждая из общин имеет свою цветовую гамму. Помещения для обеспечения пожилых людей расположены в центре, для уменьшения траектории перемещения до них из любой части корпуса. Благодаря относительно сложной планировке удалось спроектировать максимально освещенный интерьер с неоднородными перспективами и «вдохновляющее» пространство для жильцов [13].

Социальное жилье – доступное жилье с ресурсоэффективной эксплуатацией здания. Жилой комплекс La Valentina Station[4], ключевая задача которого заключается в способствовании реабилитации неблагополучного района в притягательное место и востребованный пересадочный узел. Комплекс для одиноких людей и семейных жителей со средним или меньшим доходом внутри региона расположен на ранее пустующем участке земли близ трамвайной остановки. В целях повышенной безопасности архитекторы вынесли часть балконов, вестибюль и лестничный пролет на главную улицу. Для сохранения приватности резидентов со стороны улицы стекло покрыто узором – «штрихкодом». В выборе материалов строительства архитекторы предпочли экологичные материалы [12].

Дом-курорт – жилье со скрытой зоной медицинского обслуживания, по исполнению напоминающее отель. Дом престарелых в Австралии[5], задача которого создание для людей пожилого возраста, нуждающихся в медицинском обслуживании и реабилитации, комфортного пространства. Чтобы отойти от ассоциации с «больничной» архитектурой, объект представлен в виде дома или прибрежного отеля. Жилые помещения увенчиваются эркерами с панорамными окнами, широкие оконные полотна благоприятствуют максимальной освещённости комнат и циркуляции свежего воздуха [13].

Социальное жилье как объект реконструкции – жилье с привычным для городского облика образом. Квартал Tassafaronga Village[6] формирует буферное пространство между жилым и промышленным районами. Квартал включает в себя многоквартирные дома и

[2]Жилой комплекс Armstrong Place Senior Housing. Архитекторы: David Baker & Partners. Местонахождение: Сан-Франциско, Калифорния, США.
[3]Дом престарелых имени Петера Розеггера. Архитектор: Dietger Wissounig Architekten (архитектурное бюро) Местонахождение: Грац, Австрия.
[4]Жилой комплекс La Valentina Station. Архитекторы: David Baker Architects. Местонахождение: США. Сакраменто.
[5]Дом престарелых, проект архитектурного бюро «Лион» (Lyons), Местонахождение: Морнингтон, Австралия.
[6]Жилой квартал Tassafaronga Village. Архитекторы: David Baker Architects. Местонахождение: Окленд, штат Калифорния.

таунхаусы, а также ранее заброшенную макаронную фабрику, реконструированную архитекторами под жилье. Такой подход позволил произвести вторичное использование основы здания, а также придал кварталу новый особый характер [15].

Анализ типологий отечественной и зарубежной архитектуры

На основании вышеизложенного материала, можно сделать вывод, что большинство домов престарелых в России ориентировано на людей «четвёртого возраста». Многие объекты функционально адаптированы под дома престарелых, следовательно, не были спроектированы с учетом специфики физических и эмоциональных потребностей для данной категории людей. Исследования социально-демографических, психологических и культурных особенностей демонстрируют, что число одиноких пожилых людей растет и что присутствует тенденция к коллективной жизни, вследствие чего, поиск новой типологии домов престарелых остается актуальным на сегодняшний день.

Опыт зарубежных стран, напротив, предлагает вариативность типов жилищ для пожилых людей, наблюдается стремление к инновациям, как в интеграции функций объекта, так и в техническом обеспечении. «Третий возраст» расценивается, как активный этап жизни с некоторыми физическими изменениями, вследствие чего, жилье учитывает разные предпочтения и интересы жителей.

Обобщая вышеизложенный материал, можно выявить следующие принципы, связующие отечественный и зарубежный опыт проектирования жилищ для пожилых людей сегодня:

Функциональность предполагает собой организацию системы вариативных пространств в соответствии с учетом потребностей разных поколений в жилой структуре, включая жилой, медицинский, общественный, обслуживающий блоки.

Эргономичность пространства, подразумевающая оптимизацию планировочного решения в соответствии с требованиями норм и габаритов пространства под нужды людей пожилого возраста.

Адаптивность пространства заключается в приспособлении пространства под различные сценарии жизни людей пожилого возраста. Принцип включает в себя функциональность и пространственную вариативность. Подразумевается перепрофилирование помещений способом смены действий, проходящих в них.

Социально-коммуникативная средовая реабилитация предполагает создание условий архитектурной среды с вариативностью буферных пространств между жилыми и общественными блоками, используемые под различные деятельности, направленные на социальную адаптацию и самореализацию пожилых.

Безопасность подразумевает создание среды, минимизирующей риск ущерба здоровья пожилых людей, также способствующий их оздоровлению, с учетом их физических особенностей: беспрепятственные подъемы, наличие оборудования для МГН, близость расположения объектов к природе, а также легкая навигация, продуманная в архитектурно-планировочных решениях.

Приватность представляет собой создание условий и элементов, распознающих пространство жилым, позволяющих воспринимать среду скорее «домашней», нежели больничной. Принцип подразумевает под собой ячеистость жилой структуры с наличием узла обслуживающих помещений, таких как кухня, гостиная.

Заключение

В настоящее время зарубежный опыт проектирования домов для «третьего поколения» базируется на организации вариативных пространств коммуникации и взаимодействия пожилых с разными поколениями, пространств досуговой деятельности. Зарубежная практика демонстрирует развитую типологию жилищ для людей пожилого возраста, на основании предпочтений и возможностей, отличительно от отечественной.

Архитектурно-планировочные решения все чаще стремятся создать среду проживания в домах престарелых аналогично домашней, совмещая при этом спектр медицинских услуг, для того чтобы их резиденты чувствовали себя уверенно в новом доме.

Для того, чтобы вариант жизни в доме престарелых, рассматриваемый в силу обстоятельств, не вызывал сомнений, необходимо применять принципы проектирования,

выявленные на основании анализа современного опыта проектирования. Руководствуясь данными принципами проектирования домов для пожилых людей, необходимо предложить новую модель жилого пространства, способствующую поддержанию разнообразных интересов пожилых людей, повышению комфорта жизнеобеспеченности, удовлетворению социально-коммуникативных потребностей пожилых людей, их безопасному проживанию и восприятию среды дружелюбной.

Список библиографических ссылок

1. Короткова С. Г. Концептуальность и проектирование как основы выражения архитектурного произведения // Актуальные вопросы науки и техники. 2015. № 2. С. 113–115.
2. К 2030 году продолжительность жизни в России достигнет 80 лет // Rg.ru : ежедн. интернет-изд. 2018. URL: https://rg.ru/2018/03/16/k-2030-godu-prodolzhitelnost-zhizni-v-rossii-dostignet-80-let.html (дата обращения: 20.04.18).
3. Secret life of growing up // Wptschedule.org: сайт. 2016. URL: https://wptschedule.org/episodes/47565717/Secret-Life-of-Growing-Up/Golden-Years/ (дата обращения: 04.10.2018).
4. Дома престарелых. Страницы истории // Sgc-opeca.ru : сайт. 2016. URL: https://sgc-opeca.ru/spb/news/doma-prestarelykh-stranitsy-istorii/ (дата обращения: 02.10.2018).
5. Пунин А. Л. Архитектура Петербурга середины XIX века. Л. : Лениздат, 1990. 141 с.
6. Создатель отеля для пожилых: «Любой бизнес может и должен быть лицом к людям» // Rb.ru: ежедн. интернет-изд. 2015. URL: https://rb.ru/article/sozdatel-otelya-dlya-pojilyh-lyuboy-biznes-mojet-i-doljen-byt-litsom-k-lyudyam/7570607.html (дата обращения: 04.03.2019).
7. Привалов В. Д. Каменноостровский проспект. М. : Центрполиграф, 2005. С. 616–617.
8. Брокгауз Ф. А., Ефрон И. А. Энциклопедический словарь. Т. 7. Л. : Брокгауз-Ефрон, 1896. С. 141–142.
9. Пансионат «Ачипсе» // Archi.ru : ежедн. интернет-изд. 2018. URL: https://archi.ru/russia/3972/pansionat-achipse (дата обращения: 02.10.2018).
10. Каким должен быть современный дом престарелых в России? // Sgc-opeca.ru : сайт. 2013. URL: https://sgc-opeca.ru/spb/news/kakim-dolzhen-byt-sovremennyy-dom-prestarelykh-v-r/ (дата обращения: 02.10.2018).
11. The future sølund // Tredjenatur.dk: сайт. 2016. URL: https://www.tredjenatur.dk/en/portfolio/the-future-soelund (дата обращения: 02.10.2018).
12. Philip Jodidio. Rooftops. L. : BBC Books, 2013. P. 285–289.
13. Губанов А. В., Чирва А. В. Тенденції формування сучасної архітектури будинків престарілих // Збірник наукових праць ДонНАБА. 2017. № 2 (7). С. 74–81.
14. Six ced alumni and faculty-led firms win 2018 aiasf design awards // Ced.berkeley.edu : ежедн. интернет-изд. 2018. URL: https://ced.berkeley.edu/events-media/news/six-ced-alumni-and-faculty-led-firms-win-2018-aiasf-design-awards: (дата обращения: 04.10.2018).
15. Philip Jodidio. Homes for our time. Contemporary Houses around the World. Cologne : Taschen, 2017. P. 321–323.

Minibaeva Aliya Muratovna
architect
E-mail: mycomputer777@list.ru
Miriada Group
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Moscovskaya st., 15, of. 53
Denisenko Elena Vladimirovna
candidate of architecture, associate professor
E-mail: e.v.denisenko@bk.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Background and trends in the development of architecture of homes for the elderly in domestic and foreign design experience

Abstract

Problem statement. With age, older people begin to experience certain changes, it is necessary to take them into account when designing a safe living environment for older people. One of the popular types of housing for this category of people today is a nursing home. The purpose of the article is a study of the prerequisites for the emergence of a nursing home, its history and development trends, based on an analysis of international experience.

Result. The main results of the study consist in a comprehensive assessment of architectural solutions of domestic and foreign experience for compliance with the modern requirements of homes for the elderly.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture consists in a brief analysis of the typologies of domestic and foreign architecture, which makes it possible to determine the development potential of modern home construction for the elderly.

Keywords: architecture for the elderly, typologies of nursing homes, trends in the development of nursing homes, global experience of nursing homes.

References

1. Korotkova S. G. Conceptuality and design as the basis for the expression of an architectural work // Aktualnyye voprosy nauki I tehniki. 2015. № 2. P. 113–115.
2. By 2030, life expectancy in Russia will reach 80 years // Rg.ru : daily. internet-edit. 2018. URL: https://rg.ru/2018/03/16/k-2030-godu-prodolzhitelnost-zhizni-v-rossii-dostignet-80-let.html (reference date: 20.04.18).
3. Secret life of growing up // Wptschedule.org : site. 2016. URL: https://wptschedule.org/episodes/47565717/Secret-Life-of-Growing-Up/Golden-Years/ (reference date: 04.10.2018).
4. Nursing home. Pages of history // Sgc-opeca.ru : site. 2016. URL: https://sgc-opeca.ru/spb/news/doma-prestarelykh-stranitsy-istorii/ (reference date: 02.10.2018).
5. Punin A. L. The architecture of St. Petersburg of the mid XIX century. L. : Lenizdat, 1990. 141 p.
6. The creator of the hotel for the elderly: «Any business can and should be facing people» // Rb.ru : daily. internet-edit. 2015. URL: https://rb.ru/article/sozdatel-otelya-dlya-pojilyh-lyuboy-biznes-mojet-i-doljen-byt-litsom-k-lyudyam/7570607.html (reference date: 04.03.2019).
7. Privalov V. D. Kamennoostrovsky Avenue. M. : Centrpoligraf, 2005. P. 616–617.
8. Brokgauz F. A., Yefron I. A. Encyclopedic dictionary. V. 7. L. : Brokgauz-Yefron, 1896. P. 141–142.
9. The pension «Achipse» // Archi.ru : daily. internet-edit. 2018. URL: https://archi.ru/russia/3972/pansionat-achipse (reference date: 02.10.2018).
10. What should be a modern nursing home in Russia? // Sgc-opeca.ru : site. 2013. URL: https://sgc-opeca.ru/spb/news/kakim-dolzhen-byt-sovremennyy-dom-prestarelykh-v-r/ (reference date: 02.10.2018).
11. The future sølund // Tredjenatur.dk : site. 2016. URL: https://www.tredjenatur.dk/en/portfolio/the-future-soelund (reference date: 02.10.2018).
12. Philip Jodidio. Rooftops. L. : BBC Books, 2013. P. 285–289.
13. Gubanov A. V., Chirva A. V. Trends in the formation of modern architecture of nursing homes // Zbirnik naukovih pratz DonNaba. 2017. № 2 (7). P. 74–81.
14. Six ced alumni and faculty-led firms win 2018 aiasf design awards // Ced.berkeley.edu : daily. internet-edit. 2018. URL: https://ced.berkeley.edu/events-media/news/six-ced-alumni-and-faculty-led-firms-win-2018-aiasf-design-awards: (reference date: 04.10.2018).
15. Philip Jodidio. Homes for our time. Contemporary Houses around the World. Cologne : Taschen, 2017. P. 321–323.

УДК 72.03
Мустакимов Валерий Раифович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: Mustakimovvr@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Мустакимов Альберт Валерьевич
архитектор
E-mail: architectus@mail.ru
Мустакимова Виктория Валерьевна
инженер
E-mail: Vvm3375@mail.ru
Аминов Айдар Равилевич
техник-архитектор
E-mail: architect.00@mail.ru
ГУП «Татинвестгражданпроект»
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Чехова, д. 28

Реновация городской структуры города Казани с передвижкой зданий

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является выявление эффективности и целесообразности комплексной реновации с передвижкой существующих зданий, в пределах отдельных участков устаревшей градостроительной и транспортно-пешеходной структуры на фоне интенсивного развития инфраструктуры и увеличения плотности транспортно-пешеходных потоков в городе Казани.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в том, что комплексная реновация с горизонтальной передвижкой зданий или сооружений, позволит существенно улучшить пропускную способность участка проезжей части на улице Ленинградская между ул. Побежимова (на юге) и ул. Беломорская (на севере), и, как следствие, усовершенствовать транспортно-пешеходную сеть города в целом.

Выводы. Значимость полученных результатов для градостроительной и архитектурно-строительной сферы, в результате комплексной реновации участка улицы Ленинградская, с передвижкой пяти существующих зданий, состоит в значительном расширении проезжей части улицы с 2-х стороннего однорядного движения до 4-х рядного двустороннего движения городского автотранспорта; в сохранении историко-архитектурного образа передвигаемых зданий, возведенных в 1935-1955 гг.; в сохранении и повышении комфортности при их дальнейшей эксплуатации на новом месте после передвижки.

Ключевые слова: реновация, стеновой остов, передвижка здания, поворот здания, лебедка, домкрат, паровая тяга паровоза, катучие опоры, стеновой остов, фундамент.

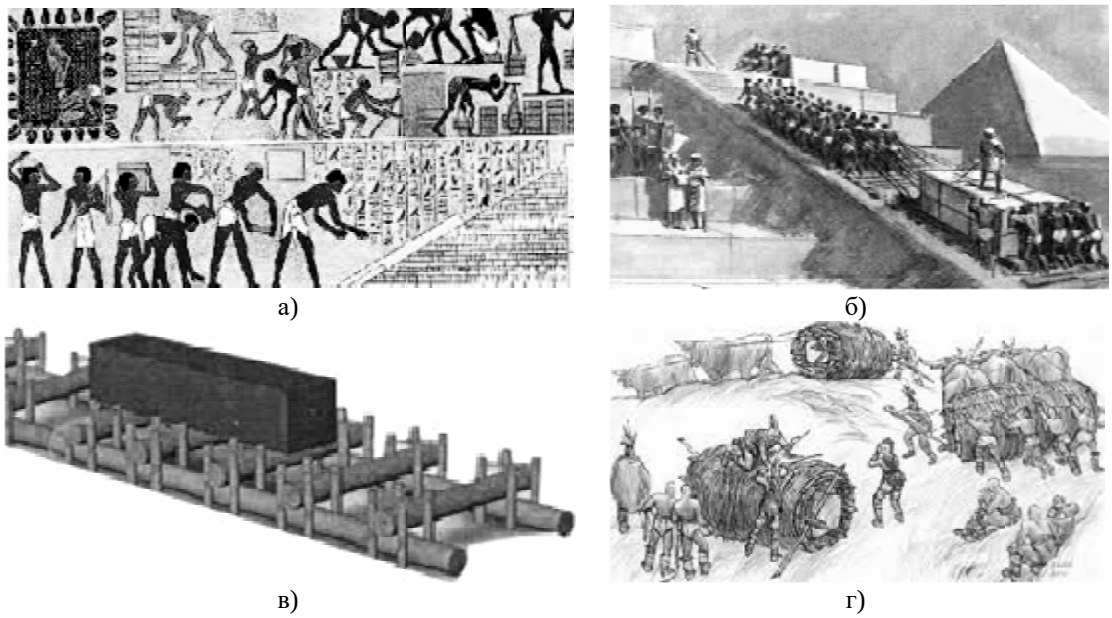
Введение

Успешно реализуемая комплексная реновация, осуществляемая в Москве и других крупных городах РФ, является важным подспорьем для проведения аналогичных инженерно-технических, градостроительных и инновационных мероприятий в городе Казани. Исследованиями авторов определены и изучены отдельные участки в сложившейся градостроительной структуре города Казани, в пределах которых реально сформировались условия, способствующие снижению пропускной способности городского транспорта. В связи с этим, даже локальная реновация в пределах отдельных участков улиц или жилых районов с обновлением и процессами замещения, выбывающей в результате морального и физического износа, устаревшей градостроительной и транспортно-пешеходной структуры, на фоне интенсивного развития инфраструктуры и увеличения плотности транспортных потоков общественного и индивидуального транспорта, позволит существенно улучшить пропускную способность отдельных улиц и транспортно-пешеходной сети в целом. Суть исследуемой проблемы в том, что при

расширении отдельных улиц, эксплуатируемые здания и сооружения оказываются на проезжей части. На примере зауженного участка ул. Ленинградская в Авиастроительном районе города Казани авторами предлагается решить имеющуюся проблему методом горизонтального перемещения вглубь квартала пяти 2-3-этажных кирпичных жилых домов, возведенных в 1935-1955 гг., с последующим расширением проезжей части ул. Ленинградская до 4-х рядного двустороннего движения городского автотранспорта.

История формирования и развития передвижки зданий и сооружений

Такой сложный строительно-технологический процесс, как подъем и передвижка здания или сооружения целиком, без частичной или полной его разборки, и размещения на другом месте, имеет достаточно глубокие корни. Ученые, историки и археологи до сих пор не могут прийти к единому мнению, дискутируя по вопросу, как и каким образом, древние люди вручную перемещали многотонные каменные блоки при возведении Египетских пирамид? Свою версию перемещения тяжелых каменных блоков строителями того времени, удалось сформировать авторам на основе историко-архивных исследований и представить отдельные циклы основных строительно-технологических процессов (рис. 1).



а) б) в) г)

Рис. 1. Основные исторические сведения и версии ученых о методах возведения Пирамид Хеопса:
а) фреска, изображающая перемещение грузов в Древнем Египте (pikabu.ru);
б) перемещение тяжелых каменных блоков вручную методом перекатывания на деревянных бревнах;
в) приспособление для перемещения тяжелых блоков, изготовленное из деревянных бревен (mwork.su);
г) предполагаемый группой ученых, метод перемещения тяжелых каменных блоков, завернутых в бревенчато-тростниковую оболочку, по принципу перекатывания вокруг продольной оси цилиндра в оболочке (источник: https://1chudo.ru.../44piramida-faraona-kheopsa-i-istoriya-egipetskikh-piramid.html/)

Но пытливый ум человечества никогда не покидала мысль о возможности осуществления процесса перемещения тяжелых и громоздких стационарных объектов с одного места на другое. Однако, по мере развития науки, техники, технологии, металлургии, материаловедения, машиностроения и накопления производственно-строительного опыта в мировом масштабе, человечеству удалось решить эту сложную задачу.

Причины перемещения зданий могут быть самыми разными: от причин коммерческого характера (например, для улучшения вида), до задач сохранения ценных или исторически значимых зданий. Перемещения могут быть сделаны просто по желанию владельца, или для отделения здания от участка земли, на котором оно стоит. Передвижка зданий, как правило, выполняется в том случае, если изначальное местоположение здания было выбрано неудачно, и его перемещение предпочтительно с

точки зрения градостроительства, для приведения планировки районов в соответствие генеральному плану.

Зарубежный опыт передвижки зданий и сооружений

Первая документально засвидетельствованная передвижка здания состоялось ещё в 1455 году, когда Аристотель Фиораванти передвинул на 13 метров 24-метровую колокольню Делла Маджоне при церкви Санта Мария Маджоре в Болонье [1, 2].

Известен факт, что затем, только через 415 лет, уже в 1870 году, в США работы по передвижке крупных и тяжелых зданий возобновилось. Активному развитию этого инженерно-технологического приема в реновации и реконструкции, способствовало основание специализированной фирмы в г. Нью-Йорке под названием Christian Vorndran's Sons [3]. Начиная с этого периода, специализированные работы по передвижке объектов в США стали осуществляться систематизировано на научно-практической основе, и имели широкое распространение вплоть до Великой депрессии – до 1932 года [4]. За этот период были сформированы специализированные строительные фирмы, которые активно выполняли сложные и ответственные работы по передвижке объектов. Так в Чикаго строительной фирмой Харви Шилер (Harvey Sheeler) за 50 суток, с 14 октября по 27 ноября 1895 года, успешно выполнена передвижка тяжелого здания церкви массой 6652 тонны на расстояние 51 фут (16 метров) [5, 6].

Процесс передвижки тяжелых стационарных зданий и сооружений охватил и европейскую часть земного шара, но несколько позже. Среди европейских работ нового времени можно выделить передвижку здания старой ратуши, (возведенной в 1778 году), массой около 700 тонн на расстояние 3 метра, осуществленную в 1930 году в Раннерсе (Дания) [4, 7]. Одним из сохранившихся до наших дней является изображение процесса передвижки разноэтажного тяжелого здания «Гильдебранд» в Германии, которое было перемещено при помощи паровой тяги двух паровозов того времени по железнодорожной платформе. Германская карточка 1900 года, приведена на рис. 2.

Рис. 2. Передвижка разно этажного тяжелого здания «Гильдебранд» при помощи паровой тяги на железнодорожной платформе. Германская карточка 1900 года. (источник: https://commons. wikimedia. org/wiki/File:Germany_in_XXI_century._House.jpg? uselang=ru/)

Крупномасштабные работы по передвижке тяжелых строительных объектов были осуществлены и в Египте. Так, при возведении Асуанской плотины в Египте, которое осуществлялось с участием отечественных специалистов, в период 1964-1968 гг., были вскрыты ценные исторические артефакты, которые необходимо было сохранить и бережно переместить для хранения. Вскрытые строителями храмы в Абу-Симбеле, были разобраны на большие блоки и перенесены на безопасное расстояние. Храмы были разрезаны на крупные блоки весом до 30 тонн (в среднем 20 тонн), перемещены на новое место и смонтированы заново, приобретя первоначальный вид и форму. По мнению специалистов, перенос памятников Абу-Симбела и Филе считается одной из крупнейших инженерных операций в мире [8].

Зарубежные специалисты сегодня перемещают любые по весу и сложности здания и сооружения, включая объекты культурного наследия (ОКН). В 2012 году в Цюрихе (Швейцария) переместили здание фабрики «Эрликон», возведенное еще в 1889 году. Необходимость передвижки кирпичного корпуса фабрики протяженностью 80 метров, массой 6200 тонн, на расстояние 60 метров, была вызвана тем, что здание препятствовало градостроительному развитию транспортного узла в городе. Стоимость передвижки составила 12,6 млн долларов. Специалисты, передвигавшие многотонное здание фабрики констатируют, что здание на новом месте будет надежно функционировать, ещё как минимум 100 лет. Процесс передвижки объекта при помощи рельсовых путей, приведен на (рис. 3а). Еще одним из многочисленных примеров, может служить перемещение исторического здания в Шанхае (Китай), возведенного в 1920 году (рис. 3б). Капиталистическая модель экономики предполагает получение прибыли из любой деятельности, включая передвижку зданий. Поэтому зарубежом деятельность по передвижке объектов представляет собой стабильный и прибыльный бизнес, который востребован и процветает. По мнению зарубежных специалистов, передвижка объектов целиком, вместо их поэлементной разборки или сноса, наиболее экономичный способ освобождения места дислокации объекта недвижимости, при необходимости решения градостроительных или реконструктивно-реставрационных задач. Считается, что возведение нового и надежного фундамента для передвигаемого здания, значительно дешевле и менее трудоемко, по сравнению с возведением нового здания целиком. Применение современной техники и технологии при передвижке зданий зарубежом, приведены на (рис. 3в).

а) б) в)

Рис. 3. Зарубежный опыт передвижки зданий и сооружений.
а) процесс передвижки, по состоянию на 2012 г., исторического здания фабрики «Эрликон», возведенной в 1889 году в Цюрихе; б) кирпичное здание переменной этажности, сложной в плане формы, передвинутое в Шанхае (Китай);
в) передвижка зданий на платформах с пневматическими шинами
(источник: https://www.popmech.ru/magazine/2010/88-issue/)

По мере накопления международного и отечественного опыта по расчету, проектированию и реализации инженерных идей подъема и передвижки крупных и тяжелых зданий или сооружений, изменялись и усовершенствовались технологические приемы передвижки на фоне роста грузоподъемности строительных машин и подъемно-транспортного оборудования. Если первые передвижки относительно легких объектов, осуществлялись посредством деревянных или металлических катков-цилиндров, то в современных условиях для перемещения любых по массе и размерам зданий применяются колесные тележки на пневматических шинах. На основе этих достижений в США передвижка зданий было впервые в истории поставлена на коммерческую и индустриальную основу, которая широко практикуется и сегодня. Пример технической оснащенности при современном способе передвижки тяжелых зданий, при помощи колесных тележек с пневматическими шинами в США, приведен на (рис. 4).

а) б)

Рис. 4. Опыт применения колесных тележек на пневматических шинах для передвижки зданий:
а) перемещение исторического здания церкви XIX века на тележке с гидравлическим приводом в городе Сейлем, штат Массачусетс (США)
(источник; https://commons.wikimedia.org/wiki/File: Salem_Chureh_Relocation.JPG?uselang=ru);
б) процесс передвижки 3-этажного кирпичного здания, размещенного на колесных тележках
(источник: https://www.popmech.ru/magazine/2010/88-issue/)

Отечественный опыт передвижки зданий и сооружений

В соответствии с официально опубликованными сведениями [3], одна из первых передвижек в России была осуществлена в 1812 году, когда Дмитрий Петров переместил деревянную церковь в Моршанске, которая, по меркам того времени, относилось к достаточно тяжелым сооружениям. Только через 86 лет, в 1898 году, под руководством и авторством проекта передвижения российского инженера И.М. Федоровича, впервые было перемещено тяжелое каменное здание. Это был дом, расположенный по ул. Каланчёвская в Москве. Следует отметить, что в дореволюционный период, строительно-технологические процессы подъёма и перемещения зданий и сооружений в России широкого распространения не получили.

Уже после Великой октябрьской социалистической революции 1917 года и в советский период практика передвижки объектов целиком, без поэлементной их разборки и последующего воссоздания, приобрела новый импульс и возобновилась, как необходимый строительно-технологический процесс. В 1934 году инженер Н.Г. Кирлан осуществил перемещение тяжелого каменного двухэтажного здания почты массой 1300 тонн, расположенного в Макеевке [9].

В сороковые годы двадцатого столетия советскими градостроителями, архитекторами и специалистами был разработан генеральный план реконструкции города Москвы. В соответствии с этим генеральным планом, составленным в 1935 году, предусматривалось выпрямление и расширение улиц Москвы, систематизация транспортно-пешеходных потоков бурно растущей столицы СССР и развитие ее инфраструктуры. Для реализации проекта реконструкции в полной мере, возникла острая необходимость в сносе целого ряда существующих зданий и сооружений, которые были расположены на проектных магистральных расширенных улицах. Из условий практической и экономической целесообразности, правительством было принято научно обоснованное решение о сохранении и передвижке мешающих зданий вглубь жилых массивов, вместо их сноса. С целью реализации правительственного постановления, в 1936 году в Москве, была создана специальная контора, укомплектованная специалистами из метростроя, которая была призвана заниматься перемещением зданий, затем данная контора была переименована в Трест по разборке и перемещению зданий. В дальнейшем перемещения домов в Москве производились не часто. Одним из самых масштабных было перемещение жилого дома на Тверской улице. При этом отмечается, что подготовительные работы велись несколько дней, а потом, ночью, пока все жильцы дома спали, его передвинули на новое место. Реновация в Москве была начата с

передвижки первых шести небольших домов. После успешного завершения первого этапа передвижки и приобретения соответствующего практического опыта, была выполнена передвижка всех остальных более крупных объектов Москвы.

Один из самых известных примеров передвижки зданий в Москве, является перемещение в 1939 году недостроенного дома Моссовета вглубь квартала на 13,6 м. При этом, на перемещение бывшего дома генерал-губернатора на новое место была затрачена всего 41 минута. Конечно, по мнению авторов, скорость передвижки зданий в таком ответственном инженерно-техническом мероприятии является спорным критерием. Но в период СССР, в технико-технологической тенденции по передвижке зданий было немало политики и идеологии того периода времени, с желанием продемонстрировать «Западу» технические достижения страны победившего социализма.

В общей сложности до начала Великой отечественной войны (1941-1945 гг.) в Москве было передвинуто 23 тяжелых каменных здания [3]. Общий вид отдельных объектов, которые были передвинуты в Москве до 1941 г., приведены на рис. 5.

а) б)

Рис. 5. Отечественный опыт передвижки зданий при реконструкции города Москвы, до 1941 года: а) многоэтажный жилой дом на Садовнической улице (1937 г.); б) передвижка здания с подвалом (источник: http://ru.wikipedia.org/wiki/:Building_movement_1.jpg.)

За этот исторический период отечественными специалистами проведена широкомасштабная и уникальная работа по передвижке целого ряда тяжелых зданий в городе Москве, включая, самый тяжелый в городе Москве и в мире, жилой дом № 24, весом 23 тонны, расположенный по ул. Горького (ныне ул. Тверская, д. 6, стр. 6), именуемый «Саввиновское подворье» [10], дом Моссовета, по ул. Горького № 13 (ныне ул. Тверская [3], Конторский дом Сытина, расположенный по ул. Горького, дом № 18 (ныне ул. Тверская, дом № 18Б), передвинутый в конце 1970-х гг. [3], летом 1937 года, передвинуто здание по ул. Осипенко (ныне ул. Садовническая), дом № 77 (рис. 5) [3], жилые дома, расположенные по ул. Серафимовича, дом № 5/16 и ул. Люсиновская, дом № 24 [3], здание московской глазной больницы, расположенной в переулке Садовских, дом № 7 [3]. В 1983 году было передвинуто здание МХАТ, расположенное в Камергерском переулке, дом № 3 [3].

Передвижку вместе с жильцами на 74 метра 5-этажного кирпичного жилого дома № 5, весом 7500 тонн, расположенного по ул. Серафимовича в городе Москве, увековечила в своем стихотворении «Дом переехал» поэтесса Агния Львовна Барто. В стихотворении имеются такие строки: «Дом стоял на этом месте, Он пропал с жильцами вместе! Поищите за углом – И найдёте этот дом» [11] (рис. 6).

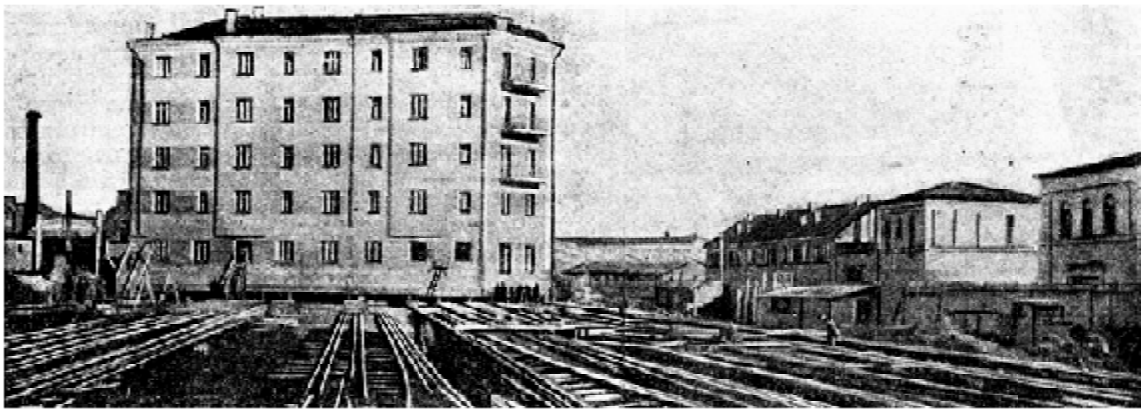


Рис. 6. Передвижка 5-этажного кирпичного жилого дом № 5 на расстояние 74 метра с подъемом на 2 метра вверх, весом 7500 тонн, по ул. Серафимовича в городе Москве [11]

Отличительная особенность этой передвижки состоит в том, что, кроме горизонтальной передвижки с поворотом, тысячетонное кирпичное здание вместе с жильцами было приподнято на 2 метра вверх и смонтировано на новый фундамент. Отмечается, что при всех технико-технологических и инженерно-строительных мероприятиях по передвижке этого объекта, жильцы не выселялись и даже не почувствовали проведенных сложных работ. Впоследствии, на месте расположения этого жилого дома, была возведена эстакада нового Каменного моста, органично вписавшегося в обновленную городскую структуру Москвы.

В Советском союзе технологию передвижки тяжелых зданий разработал талантливый инженер Эммануил Матвеевич Гендель (1903-1994 гг.), который в 1933-1936 годах руководил участком Метростроя и отвечал за укрепление фундаментов зданий, оказавшимися над линиями тоннелей метро. В последующем он руководил всеми работами по передвижке зданий и сооружений. Отмечается, что передвигаемые здания перемещались настолько плавно, что в некоторых случаях жильцы даже не сразу замечали начала движения, при этом они не теряли возможности пользоваться всеми удобствами жилищно-коммунальных услуг. В передвигаемых домах продолжали функционировать водопровод, канализация, электросеть, телефон, радио.

Инженерно-технологическая практика передвижки домов продолжилась и в послевоенные годы. В связи с прокладкой Комсомольского проспекта и строительством метромоста осенью 1958 года были одновременно передвинуты два здания: НИИ ВОДГЕО и НИИ ПРОМСТРОЙПРОЕКТ. Нынешний адрес этих зданий: Комсомольский проспект, 42С2 и 42С3. Конструктивной особенностью зданий являлось то, что их остов представляет собой железобетонный каркас с кирпичным заполнением. Объекты перемещены примерно на сто метров и установлены на заранее подготовленный новый и надежный фундамент. Во время перемещения в зданиях работали все лаборатории и люди находились в помещениях. Лаборатория биологической очистки сточных вод работала, как всегда круглосуточно.

В 1972 году, при строительстве крупного градообразующего завода по производству отечественных грузовых автомобилей «КАМАЗ», в городе Набережные Челны, Республики Татарстан, также осуществлялись работы по передвижке и перевозке на специальных платформах с пневматическими шинами отдельных зданий. Один из таких примеров запечатлен на фото, сделанным Геннадием Копосовым в 1972 году при перевозке сохраненного деревянного сруба по одной из автомобильных дорог, где перевозку осуществлял тягах «КИРОВЕЦ» (рис. 7а).

В апреле 2013 года в столице Азербайджана, городе Баку, в связи с расширением ул. Физули на 10 метров, нидерландской фирмой Bresser Eurasia BV, был передвинут на 10,6 метров 3-этажный кирпичный особняк, весивший 18 тысяч тонн. Это здание, которое было возведено ещё в 1908 году на средства Бакинского нефтепромышленника и мецената Гаджинского, Иса-бека Абдулласамлам-бека оглы, стало первым перемещённым домом в Азербайджане [12] (рис. 7б).

а) б)

Рис. 7. Отечественный опыт передвижки зданий в СССР и в СНГ после войны (1941-1945 гг.):
а) передвижка деревянного сруба в Набережных Челнах
(Татарстан, 1972 г. Фото Геннадия Копосова);
б) 3-этажный кирпичный особняк Гаджинского на улице Физули в городе Баку (Азербайджан, 2013 г.)
(источник: http://commons.wikipedia.org/wiki/:File:Building_on_Fizule_Street_39_(3).JPG? uselang=ru)

Важным условием при выработке концепции для формирования научно-обоснованной градостроительной структуры современных отечественных городов на примере г. Москвы и г. Казани с учетом их исторического становления и нынешней реновацией послужили исследования ученых КГАСУ: Надырова Х.Г. «Пространственно-планировочные структуры Казани и Москвы середины XV-первой половины XVI вв.», Дембич А.А. и др. «Градостроительная концепция как основа инвестиционных программ развития локальных территорий», опубликованных в журнале Известия КГАСУ, соответственно: 2008, № 2(10). С. 15-21; 2017, № 2(40). С. 12-14 и [14].

Современные технологии подъема и передвижки зданий и сооружений

При использовании строительно-технологических приемов передвижки тяжелых зданий с «пересадкой» всего объекта на колесные тележки соблюдаются тщательно выверенные расчетом и подтвержденные экспериментами условия технологической последовательности.

Апробированная опытом, строительно-технологическая последовательность:

1) вначале здание окапывают траншеями для выявления конструкций фундамента;

2) стены «отрезают» от фундамента горизонтальными пропилами и сквозь стены фундамента или подвала заводятся стальные балки;

3) стальные двутавровые балки расчетного поперечного сечения подводятся под конструкции стенового остова и жестко прикрепляются к нему, создавая основную опорную рамную систему в форме жесткого горизонтального диска;

4) при помощи системы гидравлических домкратов, размещенных на колесных тележках, в электронно-синхронизированном режиме, производится медленное и одновременное поднятие здания на проектную высоту;

5) все работы производятся квалифицированными специалистами, под мониторинговым инструментальным наблюдением за техническим состоянием отдельных строительных конструкций, элементов и здания в целом;

5) при помощи лебедок, тягачей, производится горизонтальное линейное или с поворотом перемещение объекта на новое место его дислокации по спланированной поверхности предварительно подготовленного основания.

В отдельных случаях, когда передвигаемое здание небольшое, вместо тележек под него подводят специальный грузовик-тягач с широкой платформой, на котором и осуществляется транспортировка [13].

В современных условиях, независимо от того, что колесные тележки на пневматических шинах, при передвижке зданий приобрели широкую популярность, в исключительных случаях, с учетом реальных местных финансово-экономических,

инженерно-технических и гидрогеологических условий, применяется метод перемещения объектов на специальной рельсовой платформе. Так в конце XX-начале XXI вв., в штате Северная Каролина (США), на специальной рельсовой платформе был передвинут каменный маяк высотой 59 метров, массой около 4000 тонн, на расстояние 870 метров.

Достигнутый на начало XXI века уровень развития архитектурно-строительной науки, техники, технологии, материаловедения и машиностроения при передвижке любых по размеру и массе зданий и сооружений, позволил выработать научно обоснованную надежную и безопасную технологическую последовательность осуществления комплекса мероприятий по перемещению объектов в условиях реновации городской среды без сноса и разборки зданий.

Важное место в процессе передвижки занимает подготовительный период, включающий общую организацию специальных видов работ. Поэтому, прежде чем приступить к передвижке тяжелого здания или сооружения, производится его тщательное инженерно-техническое инструментальное обследование в соответствии с требованиями ГОСТ 31937-2013 и СП 13-102-2003. По результатам инструментальных обмерных работ, устанавливаются фактические поэтажные планы объекта с уточненными геометрическими размерами стенового каркасного или комбинированного остова. По результатам вскрытия грунтовых шурфов вблизи от существующих фундаментов, устанавливается их техническое состояние, тип, конструктивная особенность и материал тела фундамента (ленточный, столбчатый, плитный, свайный, бутовый, кирпичный бетонный и др.), геометрические размеры, глубина заложения подошвы фундамента (*FL*).

Рассчитывается теоретический вес всего здания ($G_{здания}$, *кН*) с учетом постоянной и временной нагрузок. В отдельных случаях уточненный вес отдельных конструктивных элементов и вес здания в целом определяют с учетом установления фактического удельного веса (γ_{mt}, *кН/м*^{3}) конструкций, методом взвешивания образцов.

В соответствии с техническим заданием, производится исполнительная инструментальная топографо-геодезическая съемка «дневной» поверхности земли и всех подземных инженерных коммуникаций в зоне обследования передвигаемого объекта, а также уточняются абсолютные значения всех основных вертикальных отметок здания, принятых по Балтийской системы координат (*BC*). Осуществляются инженерно-геологические изыскания с исследованием физико-механических характеристик не только под существующим зданием, но по всей траектории движения передвигаемого объекта, с установлением расчетной и фактической несущей способности грунта основания. При необходимости, полученные в лабораторных условиях прочностные характеристики грунта (угол внутреннего трения грунта φ, град. и удельное сцепление *c*, кПа) и основные деформационные показатели (модуль общей деформации *E*, МПа, осадка *S*, см, просадка S_{sl}, см), уточняются более достоверными исследованиями при помощи штамповых испытаний и статическим зондированием грунтового массива.

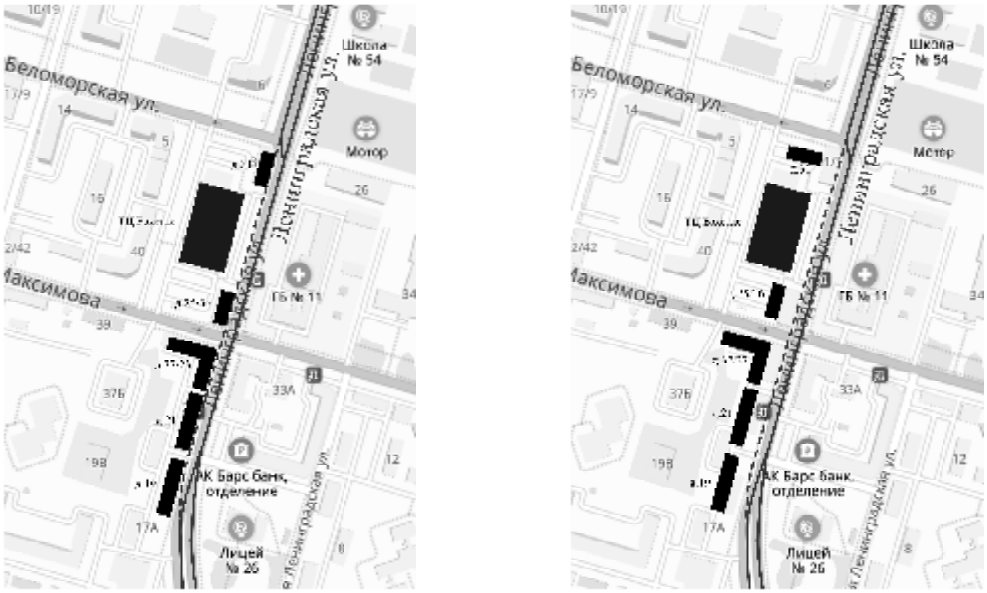
Непосредственно перед началом передвижки здания или сооружения по горизонтальной плоскости «линии» сквозного пропила (при помощи цепных пил) в несущих и самонесущих элементах остова, производят усиление строительных конструкций, и укрепление опорной части здания, стальными рамами и «отделяют» надземный объем от стен фундамента или подвала вертикальным подъемом. Вертикальный подъем здания целиком на проектную, расчетно-демонтажную высоту, производится при помощи системы мощных гидравлических домкратов. Проектная линия сквозного пропила располагается между перекрытием подвальной части здания и вертикальными элементами стен подземной части объекта. При этом конструкции фундаментов оставляют на месте, с последующей их утилизацией. Разрезка здания осуществляется с применением дисковых алмазных или гибких цепных пил. Затем в подвальной части здания устанавливаются пути перемещения. Внутренние перегородки подвала демонтируют, засыпают щебёнкой и заливают бетоном подготовку для путей. На подготовку устанавливаются рельсовые пути со шпалами. После устройства путей осуществляется установка ходовых балок и катучих опор для передвижки зданий.

Подготовку завершают посадкой дома на пути. Это очень ответственная операция, поскольку если разные части рамы будут оседать неравномерно, могут появиться трещины и начнётся разрушение здания. Производят посадку здания на ходовые балки,

стремясь обеспечить равномерный подъём и опускание всех частей дома. Делается это при помощи системы домкратов, синхронизация их работы в наши дни производится с применением компьютерной техники. Наконец, начинается самый главный этап – перемещение дома. В зависимости от средств механизации процесс передвижки осуществляется одним из двух методов: подтягиванием системой полиспастов и электролебедок или толканием с помощью системы гидравлических домкратов. После передвижки здание устанавливают на заранее подготовленные фундаменты. Рельсы путей и ходовые балки демонтируют. Во избежание неравномерных осадок участки путей, находящиеся под стенами, оставляют на месте и бетонируют, включая в совместную работу с конструкциями фундаментов.

Реновация городской структуры в городе Казани с передвижкой зданий

Имея внушительный мировой и отечественный научный и практический положительный опыт передвижки тяжелых зданий и сооружений, авторами предлагается реализация этих современных достижений при реновации структуры города Казани, в конкретных условиях, на одном из участков, в Авиастроительном районе, по ул. Ленинградская. Визуально-практическими исследованиями сформировавшейся пешеходно-транспортной структуры города Казани, авторами, установлен один из проблемных участков с существенно и резко «зауженной» проезжей частью на участке ул. Ленинградская между ул. Побежимова (на юге) и ул. Беломорская (на севере). Схематизированное расположение объектов по системе «ЯНДЕКС-карты», с выделением проблемного (зауженного) участка ул. Ленинградская в Казани с коллажем авторов, до реновации и после реновации с передвижкой пяти объектов, приведены на (рис. 8).



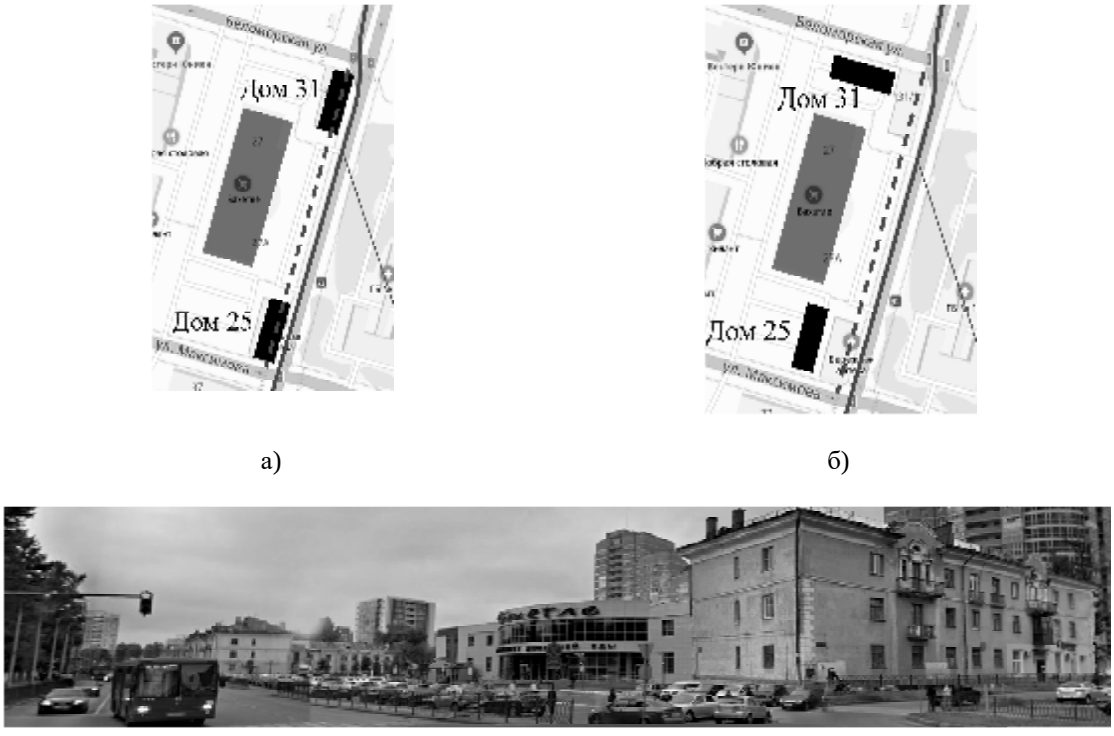
а) б)

Рис. 8. Ул. Ленинградская на участке между ул. Побежимова (на юге) и ул. Беломорская (на севере) в Авиастроительном районе города Казани с расположением жилых домов № 19, № 21, № 37/23, № 25/36 и № 31 до проведения работ по реновации и после реновации с передвижкой пяти объектов (иллюстрации авторов):
а) схема расположения жилых домов № 19, № 21, № 37/23, № 25/36 и № 31 до их передвижки вглубь квартала;
б) то же, после проектной передвижки «в створ» с ТЦ «Бэхетле»

С целью исключения имеющегося «затора» на обозначенной зоне проезжей части ул. Ленинградская, способствующего формированию автомобильных «пробок» на подъездах к «зауженному» участку, авторами предлагается проведение реновации фрагмента сформировавшейся пешеходно-транспортной структуры с передвижкой пяти

малоэтажных кирпичных зданий вглубь квартала на расстояние до 15 метров. Это инженерно-технологическое и градоформирующее мероприятие, по мнению авторов, позволит с минимальными материально-техническими, финансово-экономическими затратами за кратчайший срок без выселения жильцов расширить проезжую часть с одной стороны улицы до требуемого двустороннего четырёхрядного движения.

Базисным объектом на этом участке улицы, в створ главного фасада которого, предлагается произвести горизонтальное смещение всех пяти жилых зданий, является современное 2-этажное каркасное здание торгового центра (ТЦ) «Бэхетле», возведенное ООО «Строймонтажпроект» в июле 2012 года по проекту ЗАО «Проектно-сметное бюро». Здание торгового центра (ТЦ) возведено по современному проекту, с учетом градостроительной политики и генплана города Казани. Поэтому, даже в условиях существующей застройки ул. Ленинградская, размещение ТЦ осуществлено с учетом современных красных линий и перспективного расширения проезжей части на исследуемом участке. Взаиморасположение существующих объектов и возведенного между ними ТЦ с проектной площадью застройки $A_{застр.}$=3228 м^2; общей площадью $A_{общ.}$=5610 м^2 и торговой площадью $A_{торг.}$=2937 м^2, до и после передвижки близ расположенных жилых домов № 25/36 и № 31, приведено на (рис. 9).



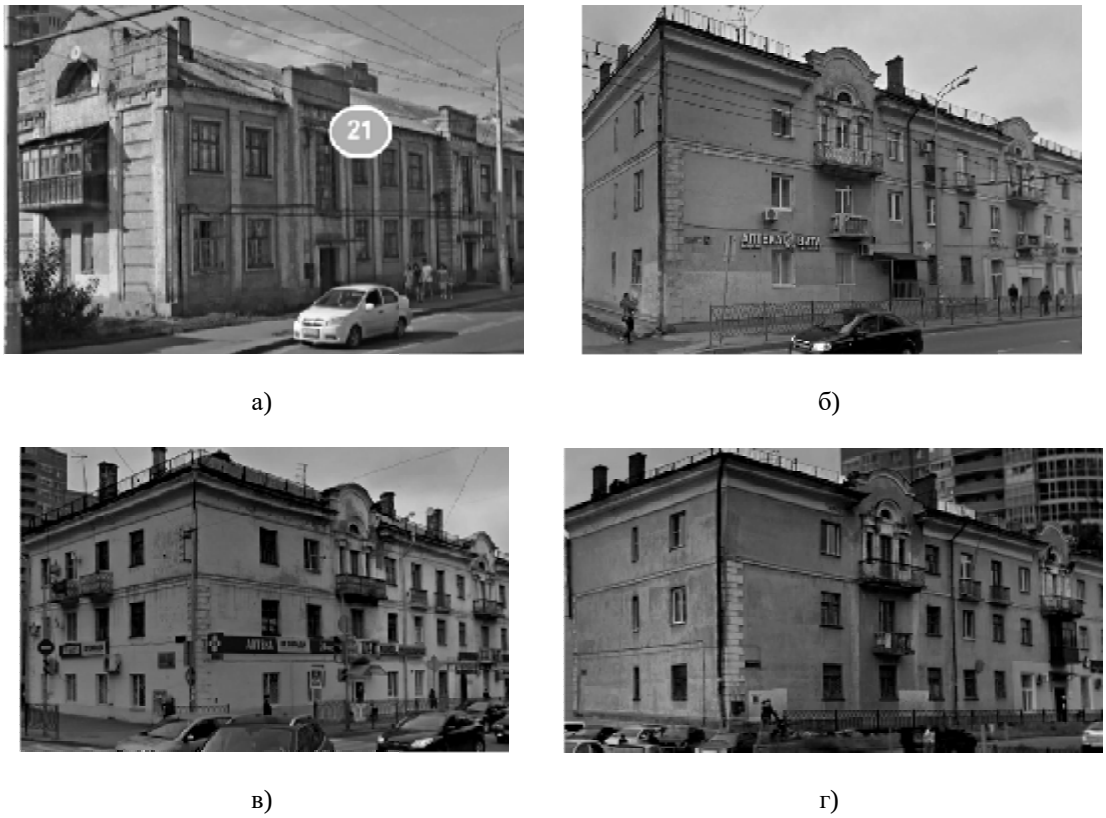
а) б)

в)

Рис. 9. Реновация участка городской структуры Казани, в Авиастроительном районе, вдоль ул. Ленинградская, между ул. Беломорская и ул. Максимова, с передвижкой жилых домов № 25/36 и № 31 вглубь квартала по отношению и с привязкой к створу ТЦ «Бэхетле»:
а) схема фактического расположения жилых домов № 25/36 и № 31 (ЯНДЕКС-карты с коллажем авторов);
б) то же, после их передвижки в створ с ТЦ «Бэхетле» и расширением пешеходно-проезжей части ул. Ленинградская;
в) фактическое взаиморасположение объектов на участке сужения ул. Ленинградская (иллюстрация авторов)

Для выработки предложений по реновации фрагмента городской структуры, авторами было проведено визуально-инструментальное инженерное обследование в соответствии с требованиями ГОСТ 31937-2013 и СП 13-102-2003 по всем пяти объектам,

предполагаемым к передвижке. Установлены реальные инженерно-технические и технологические возможности горизонтальной передвижки каждого из пяти жилых домов, включая дома № 19, № 21, № 37/23, № 25/36 и № 31 со стеновым кирпичным остовом, вглубь квартала на расстояние до 15 метров. На основании проведенных исследований констатируется, что, в соответствии с пунктом 3 ГОСТ 31937-2013, техническое состояние всех жилых домов оценивается, как работоспособное техническое состояние и они пригодны к горизонтальной передвижке. При этом, в соответствии с требованиями СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», передвижку одного из трехэтажных кирпичных жилых домов № 31, из условий обеспечения нормативного расстояния до существующего здания ТЦ «Бэхетле», рекомендуется передвинуть с поворотом на 90 градусов и ориентацией главного фасада на ул. Беломорская. Фотографический фиксаж всех пяти жилых домов, возведенных в разное время с 1935 г. по 1955 г., со стороны их главных фасадов, ориентированных на ул. Ленинградская, приведен на рис. 10.



а) б)

в) г)

Рис. 10. Общий вид и техническое состояние объектов,
возведенных в разные периоды и расположенных вдоль ул. Ленинградская,
в Авиастроительном районе города Казани, рекомендуемых к передвижке
при реновации участка городской среды (фото авторов):
а) 2-этажные жилые дома № 19 и № 21 (1935 г.); б) 3-этажный жилой дом № 37/23 (1954 г.);
в) 3-этажный жилой дом № 25/36 (1954 г.); г – 3-этажный жилой дом № 31(1955 г.)

Для разработки полноценной инженерно-технологической части рабочего проекта (РП) и составления проектно-сметной документации (ПСД) по реновации с передвижкой конкретных объектов, возникает необходимость в формировании и расчете основных исходных данных с технико-экономическими показателями (ТЭП). Поэтому, в качестве примера, авторами составлена таблица с указанием основных ТЭП по каждому из пяти жилых домов.

Таблица

Технико-экономические показатели объектов передвижки, расположенных по ул. Ленинградская в Авиастроительном районе города Казани РТ
(источник ТЭП: http://dom.mingkh.ru/tatarstan/kazan/3845)

Наименование объекта, адрес и принадлежность	Год возведения	Площадь, м^2 Количество жилых помещений, шт.			Строительные конструкции остова				Централизованная система инженерных коммуникаций для зданий без подвала				
		общая	жилая	участ-ка	Сроки капремонта: 2016-2030 гг.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2-этажный 3-х подъездный жилой дом № 19. ТП 1-447 С43. Кадастровый № 16:50:220530:85. Управляющая компания «ЖКХ Авиастроительного района» с 02.09.2016 г.	1935	1251,3 / 12	650,5 / 12	1928,0 / 1	Фундаменты – ленточные	Стены – кирпичные	Перекрытия – деревянные	Крыша – скатная	Холодный водопровод	Канализация	Теплоснабжение	Газоснабжение	Электроснабжение
2-этажный 3-х подъездный жилой дом № 21. Кадастровый № 16:50:220530:88 Управляющая компания «ЖКХ Авиастроительного района» с 05.03.2015 г.	1935	1279,1 / 11	614,9 / 11	1928,0 / 1	Фундаменты – ленточные	Стены – кирпичные	Перекрытия – деревянные	Крыша – скатная	Холодный водопровод	Канализация	Теплоснабжение	Газоснабжение	Электроснабжение
3-этажный 3-х подъездный жилой дом № 37/23. ТП 11-01. Управляющая компания «ЖКХ Авиастроительного района» с 05.03.2015 г.	1954	2098,1 / 15	989,6 / 15	1936,0 / 1	Фундаменты – ленточные	Стены – кирпичные	Перекрытия – деревянные	Крыша – скатная	Холодный водопровод	Канализация	Теплоснабжение	Газоснабжение	Электроснабжение
3-этажный 2-х подъездный жилой дом № 25/36. Управляющая компания «ЖКХ Авиастроительного района» с 05.03.2015 г.	1954	2101,2 / 15	892,5 / 15	1936,0 / 1	Фундаменты – ленточные	Стены – кирпичные	Перекрытия – деревянные	Крыша – скатная	Холодный водопровод	Канализация	Теплоснабжение	Газоснабжение	Электроснабжение
3-этажный 2-х подъездный жилой дом № 31. Управляющая компания «ЖКХ Авиастроительного района» с 02.09.2016 г.	1955	2075,3 / 17	1110,4 / 17	1936,0 / 1	Фундаменты – ленточные	Стены – кирпичные	Перекрытия – деревянные	Крыша – скатная	Холодный водопровод	Канализация	Теплоснабжение	Газоснабжение	Электроснабжение

Заключение

Исследованиями авторов установлено, что на примере одного из реальных участков «зауженной» проезжей части ул. Ленинградская в Авиастроительном районе города Казани, при комплексной реновации городской структуры с горизонтальной передвижкой пяти 2-3-этажных жилых домов № 19, № 21, № 37/23, № 25/36 и № 31 со стеновым кирпичным остовом вглубь квартала до 15 метров, решается принципиально важная градостроительная проблема по обеспечению требуемой пропускной способности пешеходных и транспортных потоков. Реализация предлагаемой реновации, инженерно-технологических и градоформирующих мероприятий с передвижкой зданий, по мнению авторов, позволит с минимальными материально-техническими, финансово-экономическими затратами, за кратчайший срок без выселения жильцов расширить проезжую часть улицы до требуемого двустороннего четырёхрядного движения.

Список библиографических ссылок

1. Адриано Г. Г. Биографический словарь итальянцев. Рим, 1997. 36 с.
2. Буянова Д. Непризнанный новатор. Первый «передвижник» сбежал в Москву к царю // Метро. 2014. № 13. (48/2966) 7 с.
3. Левин Л. Дом переехал // Наука и жизнь. 1996. № 4. С. 24–28.
4. Гендель Э. М. Передвижка зданий. М. : Издательство Наркомхоза РСФСР, 1946. С. 65–74.
5. Джонсон Д. Б. Перемещение стен церкви в Чикаго // Новости и железные дороги Америки. 1896. № 35. С. 95–96.
6. Дуис П. Преобразование Чикаго // Печать Иллинойского университета. 1998. № 10. 92 с.
7. Элверс. Переезд ратуши в Рандерсе (Дания) // Гражданское строительство. 1931. № 16. С. 400–401.
8. Боголюбова Н. М., Фокина В. И., Всемирное культурное наследие. СПб. : СПбГУ, 2015. 128 с.
9. Гендель Э. М. Советский опыт передвижки зданий. Передвижка зданий и сооружений. Новое в жизни, науке, технике // Строительство и архiтектура. 1978. № 5. 18 с.
10. Кочевые дома. Что и куда передвигали в Москве, чтобы расширить пространство // msk.mr7.ru : ежедн. интернет-изд. 2013. URL: http://msk.mr7.ru/city/article/kochevye-doma-chto-i-kuda-peredvigali-v-moskve-cht-1057948 (дата обращения: 20.02.2019).
11. Барто А. Дом переехал // Снегирь. Сборник стихов. М. : Детиздат ЦК ВЛКСМ. 1938.
12. Впервые в Азербайджане передвинуто здание // anspress.com : 2015. URL: http://www.anspress.com/index.php?a=2&lng=ru&nid=197094 (дата обращения: 22.02.2019).
13. Макаров О. Дом оторвался от корней: как переносят здания // Популярная механика. 2010. № 2 (88). С. 24–32.
14. Надырова Х. Г. Градостроительство Татарстана. Татарская энциклопедия. Том 2. Казань : НТЭ, 2005. 656 с.

Mustakimov Valery Raifovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: Mustakimovvr@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Mustakimov Albert Valerievich
architect
E-mail: architectus@mail.ru
Mustakimova Victoria Valeryevna
engineer
E-mail: Vvm3375@mail.ru

Aminov Aydar Ravilevich
technician-architect
E-mail: architect.00@mail.ru
SUE «Tatinvestgrazhdanproekt»
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Chekhov st., 28

Renovation of the city structure of Kazan with the shifting of buildings

Abstract

Problem statement. The aim of the study is to identify the effectiveness and feasibility of a comprehensive renovation with moving existing buildings, within individual sections of an outdated urban planning and transport and pedestrian structure against the background of intensive infrastructure development and an increase in the density of transport and pedestrian flows in the city of Kazan.

Results. The main results of the study are that comprehensive renovation with horizontal movement of buildings or structures will significantly improve the capacity of the roadway section on Leningradskaya Street between Pobezhimov Street (in the south) and Belomorskaya Street (in the north), and as a result, improve transport and pedestrian traffic network of the city as a whole.

Conclusions. The significance of the results obtained for the urban planning and architectural and construction sphere, as a result of a comprehensive renovation of the Leningradskaya street section, with the shifting of five existing buildings consists of: a significant expansion of the roadway from 2-sided single-row traffic to 4-way two-way traffic of urban vehicles; in preserving the historical and architectural image of the movable buildings erected in 1935-1955; in preserving and increasing comfort during their further operation in a new place after shifting.

Keywords: renovation, wall frame, building movement, building rotation, winch, jack, steam locomotive hauling, rolling supports, wall frame, foundation.

References

1. Adriano G. Biographical Dictionary of Italians. Rome, 1997. 36 p.
2. Buyanova D. Unrecognized innovator. The first «wanderer» fled to Moscow to the tsar // Metro. 2014. № 13. (48/2966). 7 p.
3. Levin L. House moved // Nauka i zhizn'. 1996. № 4. P. 24–28.
4. Handel E. M. Moving of buildings. M. : Publishing House of the National Committee of the RSFSR, 1946. P. 65–74.
5. Johnson D. B. Moving the walls of the church in Chicago // Novosti i zheleznyye dorogi Ameriki. 1896. № 35. P. 95–96.
6. Duis P. Transformation of Chicago // Pechat' Illinoyskogo universiteta. 1998. № 10. 92 p.
7. Elvers. Moving town hall in Randers (Denmark) // Grazhdanskoye stroitel'stvo. 1931. № 16. P. 400–401.
8. Bogolyubova N. M., Fokina V. I. World Cultural Heritage. SPb. : SPSU, 2015. 128 p.
9. Handel E. M. The Soviet experience of moving buildings. Moving buildings and structures. New in life, science, technology // Stroitel'stvo i arkhítektura. 1978. № 5. 18 p.
10. Nomadic houses. What and where was moved in Moscow to expand the space // msk.mr7.ru: daily internet ed. 2013. URL: http://msk.mr7.ru/city/article/kochevye-doma-chto-i-kuda-peredvigali-v-moskve-cht-1057948 (reference date: 20.02.2019).
11. Barto A. House moved // Snegir'. Sbornik stikhov. M. : Detizdat Central Committee of the Komsomol. 1938.
12. For the first time in Azerbaijan the building was moved // anspress.com: 2015. URL: http://www.anspress.com/index.php?a=2&lng=ru&nid=197094 (reference date: 22.02.2019).
13. Makarov O. The house broke away from the roots: how buildings are transferred // Populyarnaya mekhanika. 2010. № 2 (88). P. 24–32.
14. Nadyrova Kh. G. Town-planning of Tatarstan. Tatar Encyclopedia. Vol. 2. Kazan : NTE, 2005. 656 p.

УДК 712-1
Цитман Татьяна Оретосовна
доцент
E-mail: taortsi@gmail.com
Прошунина Ксения Алексеевна
доцент
E-mail: ksuprosh@mail.ru
Астраханский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18
Кудрявцева Светлана Петровна
архитектор
E-mail: gildpao@gmail.com
СРО АО «Гильдия проектировщиков АО»
Адрес организации: 414000, Россия, г. Астрахань, ул. Ленина, д. 23, оф. 91

Реорганизация системы пешеходных пространств в градостроительных решениях центральной исторической части г. Астрахани

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить возможности реорганизации исторической части города Астрахани с созданием пешеходных пространств, призванных повысить комфорт и улучшить экологию среды, в том числе за счет выведения транспорта с потенциальных прогулочных улиц. Происходящие в последнее время в стране культурные преобразования приводят к осознанию необходимости создания благоприятной среды городского пространства как составляющей архитектуры и общего благоустройства улиц и городских территорий, приходит понимание необходимости комфортного и безопасного пребывания в городе.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в разработке предложений по организации единой пешеходной структуры исторической части г. Астрахани, формирующей целостную сеть пешеходных улиц для решения проблем, имеющихся в настоящее время.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектурно-строительной отрасли состоит в конкретных предложениях по развитию пешеходных пространств с использованием существующих улиц и реконструкцией сложившейся застройки исторической части г. Астрахани, которые могут быть положены в основу при разработке проектов и их дальнейшей реализации. Создание системы пешеходных пространств в градостроительных решениях исторического центра позволит сформировать безопасную и благоприятную среду и будет способствовать улучшению качества жизни горожан и гостей города.

Ключевые слова: пешеходные пространства, комфортная городская среда, историческая часть города, уличная сеть, реконструкция исторической застройки.

Введение

Исторический центр города Астрахани имеет сложную градостроительную структуру, сформированную сетью транспортных магистральных улиц и системой естественных и искусственно организованных речных каналов.

Градостроительное формирование г. Астрахани началось относительно основного городского ядра «Ансамбль Кремля XVI-XIX вв.» и, с течением времени, охватило прилегающие территории, которые до настоящего времени сохранили свои исторические названия. В центральной части г. Астрахани сосредоточено большое количество памятников историко-культурного наследия, отличающихся своим архитектурным решением и исторически сформированным колоритом.

Изучение современных подходов к проектированию пешеходных пространств в сложившейся градостроительной среде прослеживается во многих теоретических исследованиях, а также в практически воплощённых решениях создания единой системы пешеходных улиц. Значимое теоретическое исследование этой проблемы представлено в

работе А.И. Урбаха «Архитектура городских пешеходных пространств», в которой выделяется приоритетность пешеходных улиц: «пешеходная зона, как пространственная среда в функциональном отношении должна быть достаточно наполненной, чтобы пешеходное движение в ней стало целесообразным и привлекательным» [1]. Также теоретические исследования были проведены в работе А.И. Урбах и М.Т. Лин «Пешеходные торговые улицы и зоны за рубежом. Обзорная информация» и О.Н. Судаковой «Торговые пассажи, как форма пространства культуры повседневности сибирского купечества». В трудах авторов рассмотрены вопросы формирования закрытых и открытых пешеходных зон, которые могут включать в себя функции торгового, рекреационного, коммуникационного назначения.

По вопросам исследования организации движения пешеходов и внедрения пешеходного движения в сложившихся городах выделяются работы Н.В. Бевза, З.В. Харитоновой, В.А. Нефедова, М.Т. Лина.

Принципы реконструкции открытых пространств в исторической застройке подкреплены теоретической базой фундаментальных работ В.Т. Шимко, Ю.И. Курбатова.

Отдельный интерес представляют исследования С.С. Рубцовой «Градостроительная эволюция Астрахани» [2] о региональных особенностях формирования города, с системой улиц и площадей, на основе которых была проанализирована историческая структура города Астрахани.

Рассматривая имеющиеся в настоящее время проблемы городской среды исторического центра г. Астрахани, можно выделить наиболее значимые из них:

− из-за сложившейся исторической застройки все улицы узкие и не имеют зеленой зоны, линия застройки, как правило, совпадает с красной линией, вследствие чего отсутствуют комфортные пешеходные пространства;

− городская среда ориентирована в основном на экономическую составляющую бизнеса сбыта, поэтому в нее максимально интегрируют средства передачи информации, лишающие ее первоначальной индивидуальности, что создает препятствия к передвижению пешеходов;

− увеличение в городском центре количества крупных объектов торговли ведет к сосредоточению в определенных местах автомобилей, при этом существующая транспортная сеть не приспособлена к такому масштабному размещению автотранспорта, автомобили занимают места пешеходных путей;

− функционирование в историческом центре значительного числа административных зданий городского и регионального значения также обуславливает большое скопление транспортных средств, из-за чего узкие улицы и переулки перенасыщены из-за нагромождения транспорта, что создает дискомфорт для пешеходов;

− участки садово-парковых пространств, из-за нехватки финансирования и сложности поддержания их в надлежащем виде, ликвидируются, возводятся торговые центры, которые экономически важны для привлечения средств в городскую казну, но губительны для экологии городского пространства и комфортного пребывания пешехода в среде «каменных джунглей»;

− сохранившиеся единичные парковые зоны не благоустроены, не отвечают современным требованиям для пребывания людей, и не учитывают особенности местных климатических условий: в первую очередь – очень жаркого продолжительного периода;

− ликвидация насаждений и покрытие камнем площадей, отреставрированных набережных, создает приемлемые условия пребывания здесь только в весенний и осенний периоды года, в то время как летом на набережных переизбыток солнечного излучения, вызывающий дискомфорт для пешеходов и риск ухудшения их самочувствия от перегрева.

Для достижения результатов поставленной цели, предложены следующие задачи:

− провести анализ исторического формирования и развития пешеходных пространств в период конца XIX в.;

− определить архитектурно-градостроительные закономерности формирования улиц, площадей и набережных;

− определить функциональную составляющую пешеходных пространств;

− связать пешеходные направления с достопримечательными объектами города.

В процессе выполнения работы были рассмотрены методики исследований, включающие фотографирование, натурное обследование, сравнение аналогичных исторических застроек, моделирование новых проектных решений.

Анализ формирования пешеходных пространств

В статье впервые предлагается решение по созданию единых пешеходных пространств г. Астрахани, объединяя существующую сложившуюся сеть улиц. Новым в исследовании является разработка рекомендаций для Астраханского региона по пространственному решению исторической застройки с целью формирования комфортных пешеходных направлений.

Изучение мирового опыта развития городов и проведенный анализ исторического формирования в них пешеходных пространств показывают, что проблема пешеходов и транспорта появилась еще в условиях древних городов. Исторически зафиксированы предложения Леонардо да Винчи о разделении путей движения [3]. Так, предполагалось выделять пути движения отдельными полосами пешеходного и конного движения, предложив располагать их в разных уровнях. Предшественниками пешеходных пространств были прототипы площадей, аллей, садов, появившихся на улицах античных и средневековых городов. Улица XIX века была рассчитана на пешеходов и немногочисленный и медлительный транспорт. На такой улице естественно было располагать магазины, театры, клубы, рестораны, кафе, поскольку это делало улицу оживленной и создавало жизненные удобства для жителей. Улица являлась одновременно и жилой, и пешеходной, и транспортной, а архитектура ее застройки была сомасштабна человеку. Одним из лучших примеров таких улиц является Невский проспект в Санкт-Петербурге с домами одинаковой высоты, скромными по архитектуре, с размещением объектов общественного назначения в первых нежилых этажах.

С середины XX века пешеходные связи, сформированные на протяжении всего исторического развития территории, претерпевают глобальные трансформации: частично реконструируются и утрачиваются. Внедрение автомобильного транспорта, как чуждого исторической территории элемента, в значительной степени оказывает влияние на трансформацию городской ткани и делит ее окончательно на функциональные зоны, предназначенные конкретно для транспорта и конкретно для пешеходов. Такое внедрение оказало неблагоприятный эффект не только для планировочной сети исторических территориальных участков, выраженных в сокращении площадей зеленых насаждений, и в целом изменения визуального восприятия исторической среды, но и привнесло ряд экологических проблем, таких как избыточный шум и вибрации, излишняя загазованность воздуха, изменение гидрологического режима. В итоге к концу XX века обострилась проблема нехватки пешеходных пространств и комфортного пребывания человека в городе.

Вышеперечисленные процессы в развитии градостроительства были главной причиной создания пешеходных улиц, площадей и зон, которые в результате распространились во многих городах мира. Одна из первых пешеходных улиц, в современном понимании, появилась в Германии в г. Эссен, в 30-е годы XX века. Но массовое проектирование и реализация пешеходных зон началось после второй мировой войны. Общие планы восстановления и реконструкции разрушенных городов учитывали современные тенденции развития пешеходных улиц. Самый активный период создания пешеходных пространств на всех континентах проявился именно в 70-е годы XX века. Известно, что после открытия центральной пешеходной зоны к Олимпиаде1972 года, в Мюнхене, было провозглашено движение «Каждому городу – своя пешеходная зона», в рамках которого было запланировано создание 450 таких зон. Во Франции, в 1972 году, была открыта первая пешеходная улица в городе Руане. К 1976 году подобные зоны были созданы в 34-х, а к 1982 году уже в 266 городах, в том числе в городе Баку (рис. 1).

Одним из первых городов Западной Европы, где получили распространение крытые пешеходные улицы-пассажи, был Париж. В дальнейшем, с развитием прогресса в строительной отрасли, этот тип архитектурного сооружения стал использоваться во многих странах Европы.

Рис. 1. Пешеходная зона в городской среде г. Баку (иллюстрация авторов)

Рассмотренные варианты пешеходных пространств, успешно функционирующих, создающих комфорт и украшающих городскую среду, могут быть примером для формирования пешеходных зон и в городе Астрахани.

Исторический анализ планировочного становления города Астрахани

Изучая историю развития Астрахани, следует отметить, что центральная ее часть сформировалась задолго до появления современных видов транспорта. Начальное формирование городской планировочной структуры Астрахани дало активное развитие ее историческому ядру – Белому городу – в первой половине XVII века.

Сеть улиц центральной части г. Астрахани, большинство из которых дошло до настоящего времени, сохранила сложившуюся структуру и исторический облик. Торговое значение города, расположенного на пересечении торговых путей, обусловило развитие иностранных подворий, русского гостиного двора и площади с торговыми рядами. Кремль и рельеф местности оказались в данном случае основными градообразующими факторами [4]. Большая улица, ныне ул. Советская, являлась основной осью Белого города, на ней стоял первый храм Астрахани и на нее выходили торговые подворья (персидское, армянское). У стен Кремля улица заканчивалась площадью, на которой размещались деревянные торговые ряды.

В условиях градостроительного формирования Астрахани как города, находившегося на пересечении торговых путей, постепенно образовывались площади, на которых шла реализация, сбыт и обмен продукции. Такие площади, предназначенные для торговли, условно называли «садками». Позднее этот термин преобразовался в наименование торговых рыночных площадей города, таких как: Большие Исады, Селенские Исады, сохранивших и в настоящее время свою функциональную значимость и исторические названия. Многие торговые площади с течением времени становились садами и скверами, создавая первые рекреационные зоны нашего города. К примеру, Фруктовый садик, называвшийся так от наименования продукции (торговля фруктами), позже становится местом отдыха жителей города, ныне – Морской садик.

В течение XIX века в Астрахани создаются парковые зоны для прогулок и отдыха горожан, где людям можно укрыться в летний астраханский зной, это: Николаевский парк, Сад «Колизей», Сад велосипедистов, парк «Аркадия». Многие территории исторических парков к нынешнему моменту, к сожалению, не сохранились. На сегодняшний день многие улицы исторического центра Астрахани (ул. Ахматовская, ул. Кирова Володарского, Театральный переулок), остаются по функции сферой предоставления услуг для горожан, среди которых доминирующей является торговля. В то же время главная ось Белого города – улица Советская – не ограничена сферой обслуживания населения, и представляет административно-управляющую артерию города. Таким образом, сложились следующие закономерности: регулярное планировочное решение, линия застройки совпадает с красной линией, ограничивая пешеходные пространства, все улицы направлены на набережные или торговые площади.

Новые условия общественной и деловой жизни требуют решения задач организации пространственно-развитой многофункциональной структуры городского центра, органически связанной с историческим ядром, и включающей в себя новые полифункциональные комплексы – офисы, банки, административно-управленческие, торговые, развлекательные центры, гостиницы и т.п.

Анализ существующего состояния исторической части города позволяет сделать следующие выводы (рис. 2):

− уличная сеть исторического ядра полностью сохранилась до наших дней;

− облик застройки отражает черты архитектуры XVII-XIX веков;

− формирование пешеходных пространств является одним из путей сохранения исторического наследия Астрахани и создания комфортных условий жизнедеятельности.

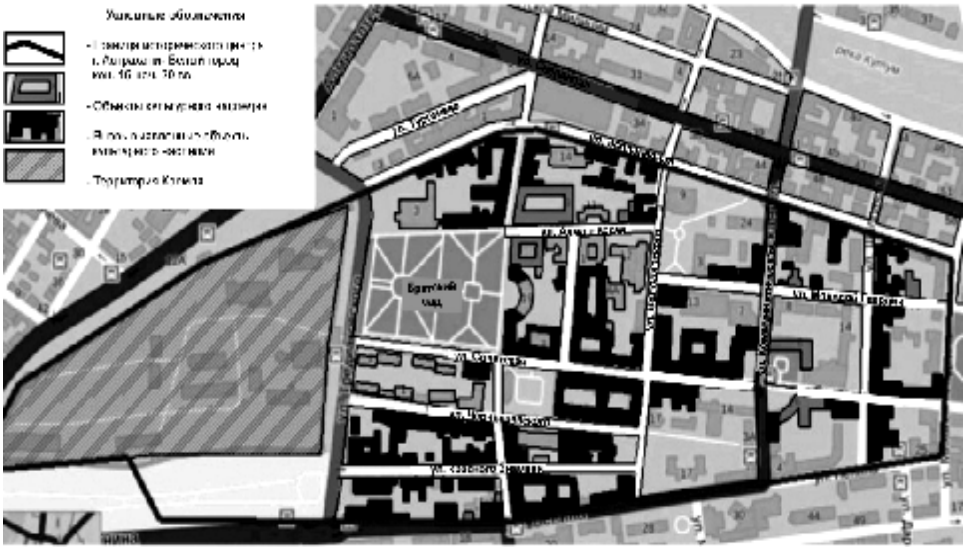


Рис. 2. Историко-архитектурный анализ территории Белого города (иллюстрация авторов)

Грамотное формирование пешеходных пространств в центральной исторической части города позволит решить целый ряд проблем, касающихся интересов не только населения, но и интересов региональной власти, таких, как:

− зонирование и модернизация функционально-пространственной структуры в «Историческом городе» даст возможность этой исторической части города выйти на другой, более высокий, уровень качества обслуживания для населения;

− создание пешеходных пространств, торговых площадей, набережных, перекрытие улиц с устройством пассажей позволит историческим зданиям быть меньше подверженными влиянию окружающей среды и будет способствовать сохранению историко-художественных ценностей города;

− создаваемые пешеходные направления, выполняющие роль пространственных доминант в общественно-административном центре, помогут грамотно внедрять новые объекты для обогащения композиционной связи центральной части города в планировочной структуре;

− размещение парковок, в том числе подземных, в непосредственной близости от пешеходных улиц, позволит освободить от автотранспорта улицы центра города;

− превращение торговых улиц в оборудованные пешеходные зоны с реконструкцией объектов культурного наследия будет содействовать созданию своеобразного архитектурного музея под открытым небом.

Реорганизация системы пешеходных пространств

Создание пешеходных улиц и зон в странах с различными климатическими, экономическими и социальными условиями отличается многообразием архитектурно-планировочных решений городских центров, особенностями создания выразительности и организации комфортных условий. Поэтому при рассмотрении примеров пешеходных

улиц и зон выделялись наиболее общие для них характеристики: время, место и условия строительства, организация транспортного движения и движения пешеходов, планировочное решение и пространственное построение пешеходной зоны или улицы, средства визуальной информации, а также благоустройство и озеленение [4].

Анализируемые пешеходные пространства исторической части города Астрахани дифференцированы по их принадлежности к различным планировочным схемам: пешеходная улица; пешеходная площадь; пешеходная зона открытая (набережная и бульвары); пешеходная зона закрытая (пассаж).

Пешеходная улица

В качестве пешеходных улиц на территории исторической застройки г. Астрахани предлагаются ул. Советская, ул. Интернациональная и ул. Кирова.

Для эффективного использования торговой пешеходной улицы требуется решить несколько задач: во-первых, создание мест для парковок автотранспорта вблизи от пешеходной торговой улицы; во-вторых, придание торговой улице статуса своеобразного архитектурного музея путем реконструкции и дальнейшего использования объектов культурного назначения для создания пешеходного пространства.

Движение транспорта предлагается осуществлять по внешним сторонам данной территории, а точнее – по ул. Свердлова, ул. Чалабяна, ул. Ногина и, частично, по ул. Маяковского, при этом предлагается изменить категории ул. Советской и ул. 3-ей Интернациональной – с транспортно-пешеходных улиц районного значения на торгово-пешеходные улицы. Вследствие частичного изменения транспортной схемы данного района, потоки движения транспорта и пешеходов будут разделены, а, соответственно, изменится зонирование территории.

В условиях исторической застройки, благодаря изменению категорий улиц с проезжих на пешеходные, будет осуществляться пешеходная связь с центром и Кремлем через ул. Советскую, а с противоположной стороной – через Красную Набережную и выход к каналу 1 мая (рис. 3).

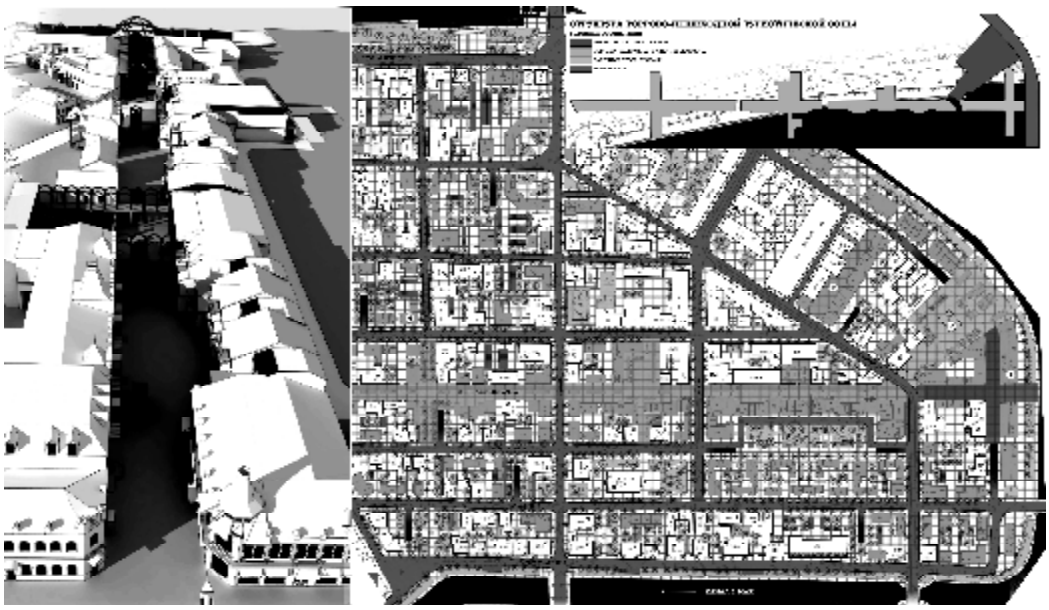


Рис. 3. Территория исторической застройки района Больших Исад (иллюстрация авторов)

Пешеходная площадь

В центральной части города Астрахани площади исторически сформированы в границах территории Кремля, вдоль набережной реки Волги, религиозных и торговых комплексов. В качестве пешеходных пространств предлагается создание новых площадей, которые могут иметь самое различное назначение: рекреационное, торговое,

религиозное и мемориальное. Одним из таких предложений является проектное предложение по ревитализации городского православного кладбища.

Пешеходные открытые зоны

Пешеходные открытые зоны представлены набережными и бульварами.

Астрахань расположена в дельте реки Волги и имеет протяженную береговую линию. Основную композиционную роль играют разветвленная сеть каналов и берега Волги. Можно выделить набережную в центральной части города и, противоположно расположенную, Трусовскую набережную. Связь между ними осуществляется через «новый мост», проходящий по Городскому острову, создавая единую непрерывную сеть пешеходных пространств. В связи с тем, что в левобережной части города уже имеются благоустроенные набережные вдоль реки Волги и Приволжского затона, назрела необходимость создания комфортной пешеходной зоны на правом берегу Волги.

Следование основной цели – связать городское пространство с пространством реки – определяет формирование пешеходно-транспортного каркаса территории, направляя основные движения от существующей жилой застройки и автомобильной магистрали к набережной. Территория рекреационной зоны имеет функциональное разделение на зоны: зона водного транспорта, зона набережной, центральная площадь, детская и спортивная зоны, зона тихого отдыха и прогулок, творческий экоцентр, хозяйственная зона [5].

Пешеходная зона закрытая (пассаж)

Создание крытого пешеходного пространства возможно в переулке Театральном. На данный момент территория пер. Театральный используется как одна из улиц местного значения, основная функция которой – сфера предоставления услуг населению. Предлагается перекрыть переулок Театральный светопрозрачными конструкциями для организации крытого пространства, что позволит использовать данный переулок более эргономично. Активные зоны улицы располагаются на входных участках пассажа, что далее позволит развиваться зоне уединенного общения и экспозиционной зоне [6].

Начиная движение от ул. Ахматовская, перед пешеходом раскрываются торговые лавки, расположенные на первых и частично на вторых этажах, которые создают особую зону с выходящими на нее выставочными элементами и позволяют посетителю найти то, что ему необходимо. Далее сценарная модель в данном направлении раскрывает перед нами большую атриумную площадь, которая дает возможность сделать акцент на старинную усадьбу Агамова. Данное направление завершается выходом в зону памятника федерального значения – Армянского торгового подворья XVIII века – и плавно переходит в зону сквера им. Кирова.

В процессе реконструкции предусматривается превращение торговой улицы в оборудованную пешеходную зону, с учетом дальнейшего использования объектов культурного назначения для создания своеобразного архитектурного выставочного пространства [7], а также размещение парковок автомобилей в непосредственной близости от пешеходной торговой улицы, – все это, несомненно, приведет к созданию благоприятной среды исторического центра.

Классифицированные элементы пешеходных пространств

Проведенные исследования позволили выделить общие решения, подходящие для всех видов рассматриваемых пешеходных пространств. Внедрение пешеходных пространств в регенерацию городской планировочной структуры необходимо на этапе преобразований города Астрахани.

Выделенные классифицированные элементы пешеходных пространств раскрывают определенные утверждения:

Пешеходная улица:

− создание узнаваемых улиц в каждом районе города;

− развитие городских улиц по принципам, соответствующим каждому из четырех основных типов: комплексные улицы, пассажи, бульвары, торговые.

Пешеходная площадь:

– создание связанной сети общественных пространств и формирование границ между общественными городскими пространствами;

– создание узнаваемых площадей в каждом районе города.

Пешеходная зона открытая (набережная и бульвары):

– развитие рекреационного потенциала набережных при помощи ландшафтного дизайна и новых видов городского отдыха.

Пешеходная зона закрытая (пассаж):

– развитие компактной городской среды, в которой все функции и сервисы находятся в пешеходной и велосипедной доступности (рис. 4).

Рис. 4. Концепция взаимосвязи пешеходных пространств в г. Астрахани (иллюстрация авторов)

Заключение

Проведенные исследования впервые предоставляют возможность использовать полученные результаты для конкретной ситуации, также данная работа может стать примером для исторических городов, имеющих сходную планировочную структуру. Преимущество рассматриваемой темы заключается в назревшей актуальности по созданию комфортной городской среды для улучшения условий жизни горожан.

Согласно концепции развития пешеходных территорий исторического центра Астрахани выделены несколько групп пешеходных зон движения – проезды и благоустроенные улицы, для проведения организационных мероприятий, повышающих уровень безопасности пешеходов: выделение и благоустройство мест для стоянки автотранспорта, увеличение ширины тротуаров, ограничение скорости движения транспорта, ограничение на сквозной транзитный проезд тяжелого транспорта, запрет на несанкционированную стоянку автотранспорта [7]. Концепция системы пешеходных пространств представлена соединением всех пешеходных связей в единую непрерывную сеть, создающую комфортную среду для пешехода.

Грамотное формирование пешеходных пространств требует соблюдения четырех главных условий: пространства должны быть безопасны, комфортны и интересны, ходьба по ним должна быть полезна. Безопасные пешеходные пространства должны быть спроектированы так, чтобы защитить пешехода от транспорта, при этом пешеход должен не только находиться в безопасности, но и чувствовать себя безопасно. Комфортное пространство предусматривает создание условий с определенными критериями, такими как озеленение, солнцезащита, сомасштабность архитектурной среды зданий, восприятие наружных фасадов как элементов внутренней среды. Интересное пространство подразумевает, что вдоль тротуаров тянутся единственные в своем роде здания с фасадами, приятными для глаз, и что улицы изобилуют признаками человеческого присутствия [8]. Полезная функция пешеходного пространства заключается в том, что

большая часть объектов социально-культурного назначения находится неподалеку и размещается таким образом, что оказывается доступна для пешехода.

Основываясь на проведенных исследованиях и предложенной классификации элементов пешеходных пространств, можно сделать следующие выводы: соединение набережных р. Волги с историческим центром города в непрерывную сеть позволит создать комфортное передвижение по наиболее значимым местам и связать правобережную и левобережную стороны реки Волги; пешеходная структура дополняется буферными пространствами в виде площадей и пассажей, формируя большое общественное пространство, насыщенное различными функциями [9].

В связи с активностью горожан и тяготением к проведению времени на открытом воздухе возрастает роль создания пешеходных пространств и благоустройства центральной исторической части города. Идея реорганизации систем пешеходных прогулочных пространств выражается в создании комфортной среды и изоляции от транспорта наиболее посещаемых улиц, путем перекрытия проезжих фрагментов улиц и переулков и придания им статуса пешеходных пространств [10]. В целом формирование городской среды должно быть продиктовано спросом общества, люди сами определяют, что им нужно и могут выбрать нужное из того, что им предложено в благоустройстве города. Необходимо помнить, что человек не создан для города, но город вполне может быть создан для человека [11].

Список библиографических ссылок

1. Урбах А. И., Лин М. Т. Архитектура городских пешеходных пространств. М. : Стройиздат, 1990. 200 с.
2. Рубцова С. С. Градостроительная эволюция Астрахани, в 2-х книгах. Ульяновск : Ульяновский дом печати, 2017. 448 с.
3. Зубов В. П. Леонардо да Винчи. М. : Наука, 2008. 350 с.
4. Аркадьева В. Ю. Астраханский край: события и даты на 2016 год. Астрахань : Типография «Нова», 2015. 148 с.
5. Цитман Т. О., Алимова Ю. Р. Современные решения набережных // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2016. № 3 (17). С. 9–14.
6. Судакова О. Н. Торговые пассажи, как форма пространства культуры повседневности сибирского купечества // Идеи и идеалы. 2017. № 1 (31, т. 2). С. 123–132.
7. Morar T., Bertolini L. Planning for Pedestrians: A Way Out of Traffic Congestion // Procedia – Social and Behavioral Sciences 81. 2013. P. 600–608.
8. Книга о полезной и красивой архитектуре // Docplayer : интернет-ресурс. 2016. URL: https://docplayer.ru/81020057-Kniga-o-poleznoy-i-krasivoy-arhitekture-arhitekturnaya-politika-kak-drayver-razvitiya-gorodov.html (дата обращения: 24.11.18).
9. Melbourne: A Case Study in the Revitalization of City Laneways. // The Urbanist : интернет-изд. 2015. URL: https://www.theurbanist.org/2015/09/16/melbourne-a-case-study-in-therevitalization-of-city-laneways-part-1/ (дата обращения: 24.01.19).
10. The spatial relationship between pedestrian flows and street characteristics around multiple destinations // ScienceDirect : интернет-изд. 2015. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111215000266 (дата обращения: 15.12.18).
11. В эпицентре шума. Почему человек не создан для города // Сноб : интернет-изд. 2017. URL: https://snob.ru/selected/entry/125224 (дата обращения: 03.12.18).

Tsitman Tatiana Oretosovna
assistant professor
E-mail: taortsi@gmail.com
Proshunina Kseniia Alekseevna
associate professor
E-mail: ksuprosh@mail.ru
Astrakhan state university of architecture and civil engineering
The organization address: 414056, Russia, Astrakhan, Tatishcheva st., 18

Kudryavtseva Svetlana Petrovna
architect
E-mail: gildpao@gmail.com
SRO of the AR «Guild of designers of the Astrakhan region»
The organization address: 414000, Russia, Astrakhan, Lenina st., 23, of. 91

Reorganization of the system of pedestrian spaces in the town-planning solutions of the central historical part of Astrakhan

Abstract

Problem statement. The purpose of the research is to identify the possibilities of reorganizing the historical part of the city of Astrakhan with the creation of pedestrian spaces. Cultural transformations lead to the creation of an enabling environment for urban space and systems for a safe stay in the city.

Results. The main results of the research consist in the development of proposals for the organization of a single pedestrian structure of the historical part of Astrakhan. A single pedestrian structure will form a complete network of pedestrian streets and will allow to solve actual problems.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in concrete proposals for the development of pedestrian spaces using the existing streets and the reconstruction of the existing buildings of the historical part of Astrakhan. Proposals may be used as a basis for developing projects and their further implementation. Creating a system of pedestrian spaces in the town-planning decisions of the historical center will allow to create a safe and favorable environment and will contribute to improving the quality of life of citizens and guests of the city.

Keywords: pedestrian spaces, comfortable urban environment, historical part of the city, street network, reconstruction of historic buildings.

References

1. Urbakh A. I., Lin M. T. Architecture of urban pedestrian spaces. M. : Stroiizdat, 1990. 200 p.
2. Rubtsova S. S. The urban development of Astrakhan, in 2 books. Ulyanovsk : Ul'yanovskiy dom pechati, 2017. 448 p.
3. Zubov V. P. Leonardo da Vinci. M. :Nauka, 2008. 350 p.
4. Arkadyev V. Y. Astrakhan territory: events and dates for 2016. Astrakhan : Printing house «Nova», 2015. 148 p.
5. Tsitman T. O., Alimova Y. R. Modern Solutions to Embankments // Construction Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya. 2016. № 3 (17). P. 9–14.
6. Sudakova O. N. Trade passages, as a form of space culture of everyday life of the Siberian merchants // Idei i idealy. 2017. № 1 (31. v. 2). P. 123–132.
7. Morar T., Bertolini L. Planning for Pedestrians: A Way Out of Traffic Congestion // Procedia – Social and Behavioral Sciences 81. 2013. P. 600–608.
8. The book is about the useful and beautiful architecture // Docplayer : internet-edit. 2016. URL: https://docplayer.ru/81020057-Kniga-o-poleznoy-i-krasivoy-arhitekture-arhitekturnaya-politika-kak-drayver-razvitiya-gorodov.html (reference date: 11.24.18).
9. Melbourne: A Case Study in the Revitalization of City Laneways // The Urbanist : internet-edit. 2015. URL: https://www.theurbanist.org/2015/09/16/melbourne-a-case-study-in-therevitalization-of-city-laneways-part-1/ (reference date: 24.01.19).
10. The spatial relationship between pedestrian flows and street characteristics around multiple destinations // ScienceDirect : internet-edit. 2015. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111215000266 (reference date: 15.12.18).
11. At the epicenter of noise. Why man is not created for the city // Snob : internet-edit. 2017. URL: https://snob.ru/selected/entry/125224 (reference date: 03.12.18).

УДК 721
Москаленко Татьяна Алексеевна
архитектор
E-mail: tanyazolotuhina1@gmail.com
ООО «4D concept»
Адрес организации: 420030, Россия, г. Казань, ул. Жуковка, д. 2
Короткова Светлана Геннадьевна
кандидат архитектуры, доцент
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Приемы формирования коррекционно-развивающей среды для детей с умственной отсталостью

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – сформулировать основные приемы проектирования коррекционно-развивающих комплексов для детей с умственной отсталостью, на основе анализа зарубежных и отечественных объектов различных коррекционных учреждений.

Результаты. Основные результаты исследования заключается в разработке приемов формирования архитектурных пространств, благоприятно влияющих на ребенка с умственной отсталостью, а так же в исследовании предпосылок к их созданию.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении принципов архитектурно-пространственной организации коррекционно-развивающих комплексов для детей с умственной отсталостью. Авторами доказано, что коррекционно-развивающая пространственная среда оказывает непосредственное влияние на воспитание, развитие и компенсацию психофизиологических нарушений детей-инвалидов.

Ключевые слова: умственная отсталость, влияние архитектуры, благоприятная среда, архитектурные приемы, коррекционная среда, олигофрения, архитектурное пространство.

Введение

Проблема абилитации и социализации людей с умственной отсталостью всегда остро стояла не только в России, но и за рубежом. История изменения отношения к умственно отсталым людям начинается с VII вв. до н.э. Она прошла путь от отторжения и агрессии, до первого осознания обществом необходимости помощи им, и организации коррекционно-развивающих учреждений. В настоящее время мировое сообщество осознает необходимость создания реабилитации на медицинском, социальном и бытовом уровнях.

Для умственной отсталости характерно стойкое снижение познавательной деятельности человека вследствие органического поражения центральной нервной системы. Характерной особенностью дефекта при умственной отсталости является нарушение высших психических функций – отражения и регуляции поведения и деятельности. Это выражается в нарушении познавательных процессов, эмоционально-волевой сферы, моторики, личности в целом [1, 2].

На данный момент распространенность врожденной умственной отсталости (олигофрении) колеблется в пределах 1-3 % от населения планеты. За последние 10 лет в России в 20 раз увеличилось число умственно отсталых детей и около миллиона из них являются инвалидами или состоят на учете в различных диспансерах. Основную часть детей с умственной отсталостью составляют дети-олигофрены (около 10 тысяч детей в год). В настоящее время в России насчитывается более 2 млн детей с ограниченными возможностями (8 % всех детей).

Олигофрения (малоумие) – это форма умственной отсталости, которая возникает до развития речи у ребенка, как правило, до 3-х лет. Дети с олигофренией представляет собой группы различные по происхождению и течению болезненных состояний, которые

проявляются в общем недоразвитии психики вследствие наследственно обусловленной неполноценности мозга или органического поражения его на ранних этапах онтогенеза (внутриутробно или в первые 3 года жизни). Такие дети на ранних этапах развития практически здоровы, но при этом наблюдается стойкое недоразвитие психики, которое проявляется не только в отставании от нормы, но и в глубоком ее своеобразии [3].

Очень важно, чтобы человек чувствовал принадлежность к миру, мог спокойно перемещаться по территории объекта и имел возможность общения с социумом. Особенно важно это в детском возрасте, когда еще есть возможность откорректировать поведение и восприятие ребенка.

На данный момент дети с умственной отсталостью проживают в необорудованных квартирах и не имеют возможности развития и коррекции состояния здоровья, так же есть проблемы передвижения по городу и посещения специалистов. Количество детей с умственной отсталостью увеличивается, что говорит о необходимости существования коррекционно-развивающих комплексов, которые будут способствовать улучшению состояния детей. Для проектирования подобных комплексов необходимо знать приемы и способы формирования благоприятной среды для умственно отсталых.

Предпосылки к формированию среды для людей с умственной отсталостью

История развития отношений к людям с умственной отсталостью начинается еще с IX-VIII вв. до н.э. и продолжается до сих пор, но ранее не существовало ни понятия «олигофрения», ни специализированных учреждений для таких людей. Выяснить истинное количество людей с умственной отсталостью в древнем мире было сложно. Тем не менее, эти люди на протяжении тысячелетий воспринимались обществом как неполноценное меньшинство. К человеку с выраженным физическим или психическим недостатком во все исторические эпохи относились с опаской и брезгливостью, поэтому такой человек чаще всего не мог участвовать в общественной жизни.

История людей с ограниченными возможностями здоровья началась еще в Спарте. Физически неразвитых детей убивали, но уже в 451-450 гг. до н.э. появилось первое юридическое упоминание (закон 12 таблиц[1]) о людях с грубыми физическими и умственными нарушениями, что говорит о признании данного недуга как болезни. В I-III вв. до н.э. закон не различает умалишенных и глухонемых, относя их к одной категории недееспособных, и лишает их гражданских прав, но уже в IV вв. слепые и калеки начинают получать помощь в монастырях, в 369 г. открывается первый хоспис с приютом для психически больных (Кесарея, Византия). Людей стали помещать в пространство, где их не избегали, а старались помочь. Это стало первым шагом к формированию среды для умственно отсталых людей.

Всерьез изучением болезни начали в 19 веке. Термин «олигофрения» был введен Э. Крепелином и в 1908-1910 гг. появились вспомогательные школы, создавалась социально-благоприятная среда, и проводилось обучение. Благоприятная среда складывалась из социального контакта здорового человека и олигофрена. Олигофрен стал частью общества, имел возможность обучаться, что благоприятно влияло на его психоэмоциональное состояние. В 1929 году был открыт научно-практический институт детских домов и специальных школ в Москве и создание при нем лаборатории специальной психологии, где болезнь не только изучалась, но и разрабатывались методики обучения и реабилитации людей-олигофренов. Появились первые задатки архитектурных приемов формирования среды для олигофренов. Вначале 1930-х Л.В. Занков разработал теоретические основы специальной психологии и предпринял разноплановое изучении памяти умственно-отсталых людей, это было толчком к созданию не только специализированных школ, но и общин-поселений. Люди, занимающиеся изучением данной болезни, пришли к выводу, что помещение больного человека в благоприятную среду поможет не только стабилизировать его состояние, но и помочь адаптировать его в социуме. Среда складывалась из нескольких составляющих, выяснилось, что натуральные материалы, теплые спокойные тона, пространства без

[1]Законы двенадцати таблиц содержали постановления, относившиеся к судопроизводству, уголовному и гражданскому праву, некоторым полицейским правилам [4].

острых углов и ограничений помогают умственно отсталым людям стабилизировать свое психологическое состояние и, впоследствии, физическое. Первая община для людей с психофизиологическими нарушениями была создана психиатром Карлом Кенингом под Абердином в 1940 году и называлась «Camphill» [1, 2]. В этом сообществе проживали вместе здоровые и умственно отсталые люди, чтобы максимально приблизить среду в поселении к реальной, а не держать инвалидов в изоляции от общества. Здоровые люди обучали и помогали больным, тем самым умственно отсталые развивались и социализировались. Существенным минусом общины было нахождение ее за пределами города, что заметно замедляло развитие, а так же имело проблемы с инфраструктурой. Данный факт показывал, что больные люди оставались изгоями общества. С точки зрения теории и философии, общины основаны на христианских идеалах и на учениях немецкого философа и педагога Рудольфа Штейнера [5, 6]. Штайнер создал школу, которая основывалась на развитии духа человека. Школа Штайнера основывалась на принципах вальдорфской педагогики, которую он единолично основал. Данные поселения не отличались особенным архитектурным решением, человек помещался в благоприятную социальную среду, но со временем пришло понимание того, что и визуальный облик общины, его планировочные и фасадные решения так же играют большую роль в обучении и лечении. Таким образом, общины строились по принципам: вписывание в природу, натуральные материалы, учет ландшафтных особенностей, использование простых форм в плане [7].

Приемы и способы создания благоприятной среды для умственно отсталых детей

В 1954 г. по принципу Camphill и философии Штайнера была построена деревня «Боттон-вилледж» в Великобритании. Основатели деревни выбрали участок, близкий к лесу и полю, в строительстве зданий использовался камень и другие натуральные материалы. Для людей была создана благоприятная «природная» среда, которая положительно влияла на их психологическое и физическое здоровье. Но поселение, так же как и Camphill под Абердином, находился вдали от города. В 1994 г. тенденция общин появилась в России. В деревне Алексино под г. Волхов в Ленинградской области был построен первый Camphill «Светлана», в котором проживали волонтеры и больные дети. Деревня была построена из дерева и находилась вдали от города возле леса. Сразу после «Светланы» были построены «Прибалтийские истоки» и «Семейная усадьба» под Иркутском (2000 г.) и «Чистые ключи» Смоленская область (2012 г.). На данный момент существует единственный в России детский сад для детей инвалидов «Звездочка» в Москве и коррекционно-развивающий центр для детей с ОВЗ в Питере.

В данных проектах основными приемами формирования благоприятной среды было использование натуральных материалов и расположение в озелененной местности, но для социализации умственно-отсталых этого недостаточно [8].

Практика показывает, что даже самые «тяжёлые» дети, при условии правильного подхода и создания вокруг них благоприятной среды, стремятся к общению и активности. Одно из важных условий проектирования центров для умственно отсталых – правильная организация пространства и среды, в которой ребенок будет находиться находится.

Среда, в которой живет ребенок, оказывает огромное влияние на его развитие и формирование. У детей с умственной отсталостью отмечается нарушение координированной деятельности различных анализаторных систем, поэтому бедность, однообразие микросреды могут привести к усугублению задержек в развитии. Так же важным для развития ребенка является пространство, в котором он находится. Использование натуральных материалов в отделке, использование природных образов в формировании пространств, способствуют благоприятному пребыванию умственно отсталого человека в комплексе [9].

Основная методика при работе с умственно отсталыми детьми – Монтессори. В основу данной методики лежит свобода действий ребенка, и только натуральные материалы. Метод Монтессори просматривается в проекте детского сада Такахару Тезуке. Детский сад имеет круглую форму плана с внутренним двором посередине, функциональное пространство на крыше и отсутствие перегородок в помещениях.

Объект выполнен полностью из натуральных материалов и каждый уголок сада функционален и направлен на развитие ребенка.

При проектировании коррекционно-развивающей среды следует учитывать многие факторы: расположение объекта проектирования, масштабы объекта, количество корпусов и их высотность, рациональное размещение помещений, а так же материалы из которых будет построен объект [10, 11]. Проектный опыт создания адаптационной среды имеет множество эффективных решений.

Экологичный центр реабилитации для пациентов и их семей Caring Cabin

Расположение вдали от города и применение натуральных материалов являются главными особенностями центра. Центр Children's Cancer Association расположен вблизи озера, что обеспечивает детям и их родителям благоприятную среду, которая помогает отдохнуть от стерильных условий медицинских учреждений. Центр состоит из нескольких павильонов с главным корпусом, небольшого помещения для медитации, игровой комнаты и гаража. Основной объект состоит из двух частных семейных спален и прилегающего холла, служащего местом сбора жильцов, он включает в себя кухню, столовую и зону отдыха. Общая зона здания обозначена более низкой крышей. Углы комнат застеклены для того, чтобы пространство было плавным. Отделка включает в себя природный камень с низким содержанием краски, а также натуральные изделия из древесины[2]. В соответствии с данными функциональным наполнением сформирована схема (рис. 1).

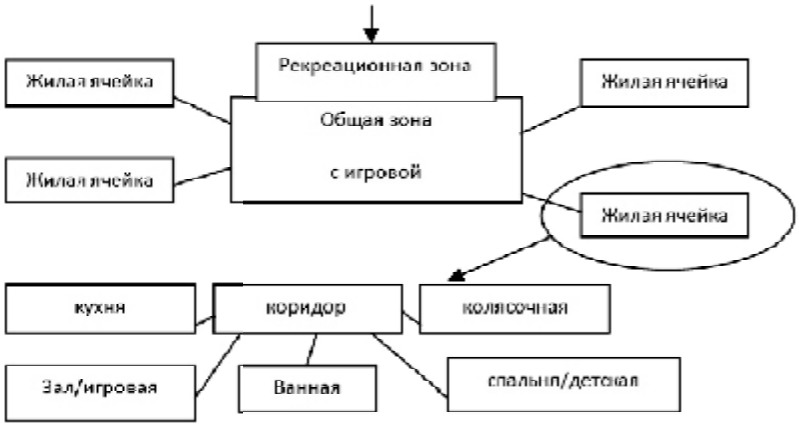


Рис. 1. Жилой блок (иллюстрация авторов)

Эко-реабилитационный центр иппотерапии «Камелия» (Украина)

Центр «Камелия» включает все необходимое для лечения, отдыха и спорта: помещения для содержания лошадей; помещение медицинских процедур.

В состав медицинских процедур входит иппотерапия. Помещение для иппотерапии включает в себя два манежа для занятий с лошадьми: открытый – функционирует с мая по сентябрь, и закрытый – для круглогодичного использования.

Лечение происходит в манеже, во время тренировки на лошади. В манеже предусмотрен пандус и механический подъемник, с помощью которого пациента сажают на лошадь, что значительно упрощает эту процедуру.

Во внутреннем дворе размещены здание терапии и зона отдыха, которая включает в себя детские площадки, предусмотренные как для здоровых детей, так и для детей с ограниченными физическими способностями.

Здание терапии включает в себя медицинский блок: помещения для реабилитации, массажа, мануальной терапии, кабинеты медперсонала и т.п., вестибюльная группа, бытовые помещения, административные помещения.

[2]Экологичный центр реабилитации для пациентов и их семей Caring Cabin // apartmentinteriors.ru: ежедн. интернет-изд. 2005.

Так же в проекте используются эко-технологии: солнечные батареи, установки по сжиганию биотоплива, автономная система канализации и водоснабжения, био-компост[3].

Центр социальной реабилитации инвалидов и детей-инвалидов, г. Санкт-Петербург

Объёмно-планировочное решение здания сформировано вокруг трехэтажного атриума. Здание состоит из трех этажей, которые оборудованы приспособлениями (пандусы, тактильные дорожки и т.д.) для легкого перемещения пациентов и цоколя. По периметру дворовой территории расположены основные группы помещений. На первом этаже располагается отделение приема и консультации граждан, отделение дневного пребывания, отделение адаптивной культуры с бассейном и кафе. Второй этаж включает в себя отделение профессиональной реабилитации инвалидов трудоспособного возраста и профессиональной реабилитации детей-инвалидов, отделение социально-медицинского сопровождения, социально-реабилитационное отделение. Третий этаж – содержит отделение временного пребывания, актовый зал (вместимостью 62 места), аппарат центра и буфет[4]. В соответствии с данными функциональным наполнением сформирована схема (рис. 2).

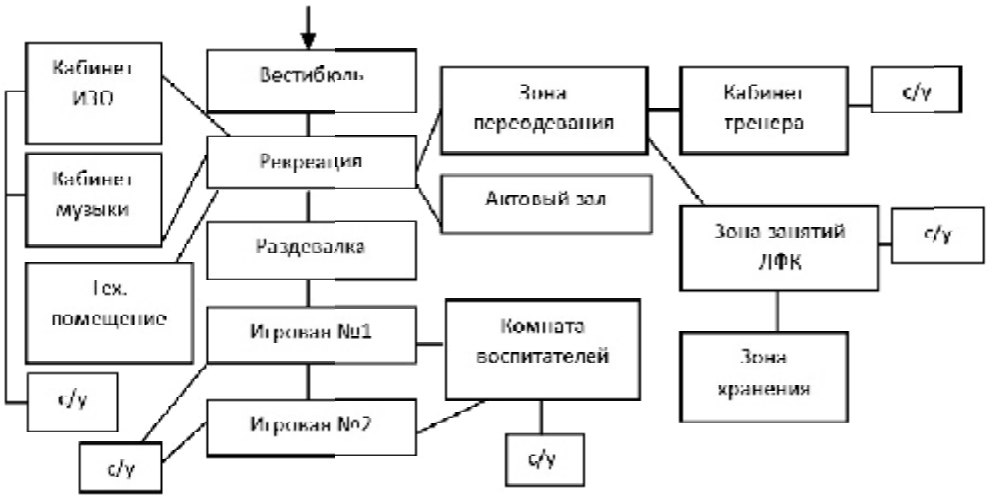


Рис. 2. Детский (развивающий) блок (иллюстрация авторов)

Спортивно-оздоровительный центр для реабилитации и социальной адаптации людей с инвалидностью и различными заболеваниями, о. Русский, Приморский край, Россия

Большая площадь озеленения территории центра и близость к морю оказывает положительное влияние на физическое, психологическое и эмоциональное состояние людей, находящихся в центре. В состав центра входит бассейн с морской водой и дельфинами (для акватерапии), пансионат, оздоровительный центр, конюшня с ипподромом (для иппотерапии), спортивные площадки: баскетбольная площадка и два теннисных корта, береговая линия разделена на водную станцию с пирсом для лодок и катеров и песчаный пляж. Все объекты центра связаны между собой пешеходными дорожками с беседками для отдыха. Пансионат состоит из двух функциональных блоков: жилого (рассчитанного на 1000 мест, 700 которых для инвалидов и 140 мест для гостей и персонала) и общественного. Общественный блок состоит из универсального зала, который может выполнять функцию обеденного зала (на 230 человек) и пищеблока.

[3]Эко-реабилитационный центр иппотерапии «Камелия» Украина // apartmentinteriors.ru: ежедн. интернет-изд.
[4]Центр социальной реабилитации инвалидов и детей-инвалидов г. Санкт-Петербург // archi.ru: ежедн. интернет-изд.

Оздоровительный центр так же включает в себя медицинский блок[5]. В соответствии с данными функциональным наполнением сформирована схема (рис. 3).

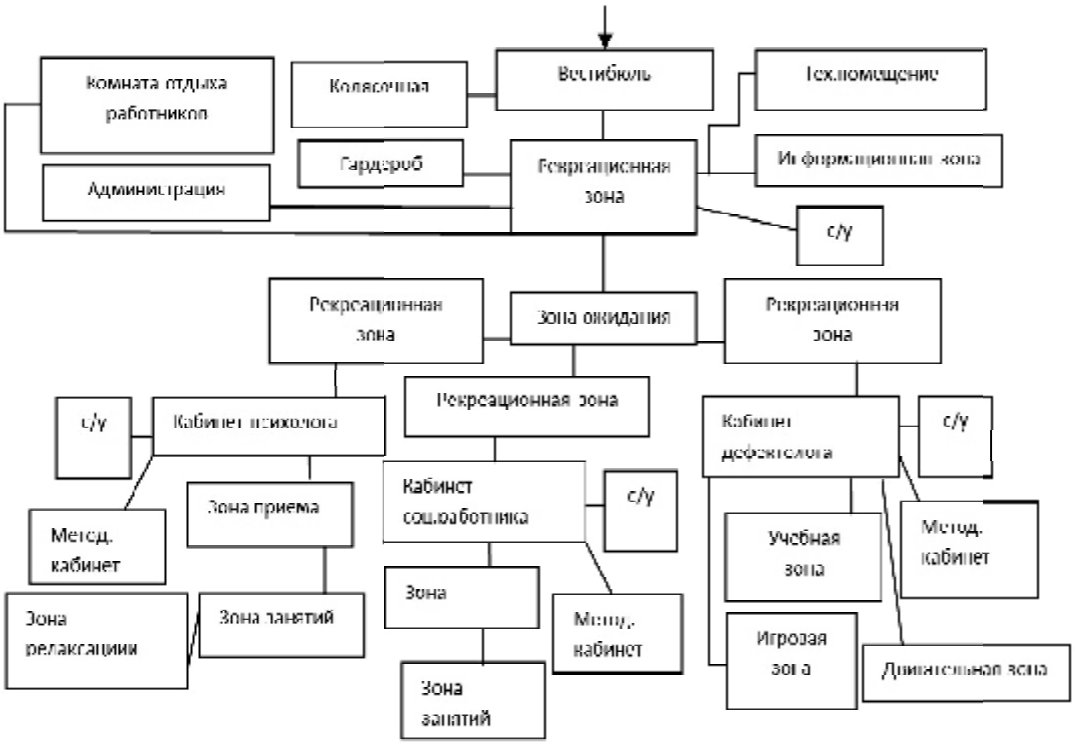


Рис. 3. Коррекционный блок (иллюстрация авторов)

Комплексный протезно-ортопедический реабилитационный центр для людей с ограниченными возможностями Белгород

Основное направление деятельности центра – восстановительное лечение после нарушений функций опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы

В здании площадью 9 тыс. м^2 палаты на 140 мест, протезно-ортопедический салон, процедурные кабинеты, столовая, СПА-зона с бассейнами (в том числе для вытяжения позвоночника) и банным комплексом, тренажёрные залы и многое другое. В этом же здании располагаются и несколько отдельных апартаментов, где смогут расположиться родственники пациентов и гости центра.

Вокруг здания расположен парк, но, кроме парка, здесь также оборудованы зоны для ходьбы на протезах и обучения езде на инвалидных колясках. При этом для инвалидов разрабатываются специальные маршруты, включающие все те препятствия, с которыми им придётся столкнуться в городе: бордюры, спуски, подъёмы, ямы и т. д.[6] В соответствии с данным функциональным наполнением сформирована схема (рис. 4).

[5]archi.ru // Спортивно-оздоровительного центра для реабилитации и социальной адаптации людей с инвалидностью и различными заболеваниями о. Русский Приморский край, Россия : ежедн. интернет-изд.

[6]belpressa.ru // Комплексный протезно-ортопедический реабилитационный центр для людей с ограниченными возможностями Белгород : ежедн. интернет-изд.

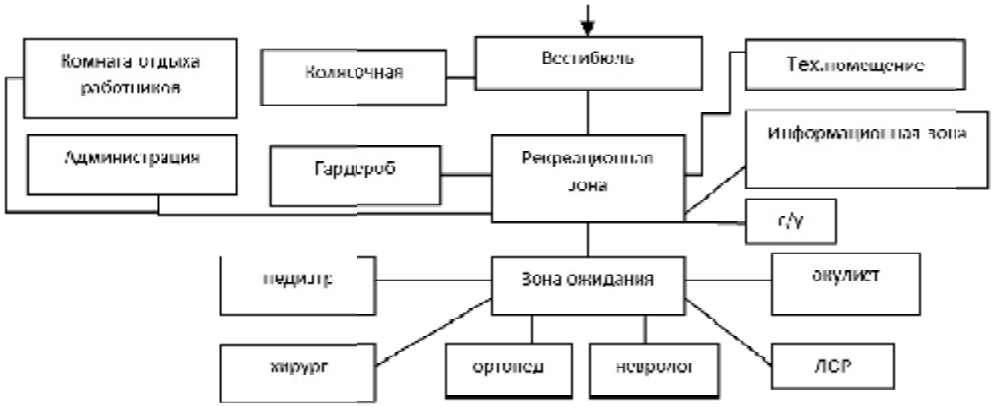


Рис. 4. Медицинский блок (иллюстрация авторов)

В результате анализа объектов по каждому были выявлены основные приемы формирования архитектурного пространства, благоприятно влияющих на физическое и психологическое состояние человека (табл.).

Таблица

Приемы формирования архитектурных пространств

	Генплан	Объемно-планировочное решение	Фасадное решение	Интерьерные решения
Экологичный центр реабилитации для пациентов и их семей Caring Cabin.	Расположение вблизи водоема в рекреационной зоне города вблизи леса.	Наличие жилого корпуса для родителей ребенка. Пространства с минимальным количеством углов, панорамные окна.	Использование камня и дерева при строительстве и облицовке фасада.	Натуральные материалы при отделке (лаки на водной основе, бумажные обои, дерево, камень), использование спокойных теплых тонов. Создание образа дома, а не больницы, посредством плавных линий и использования теплых тонов.
Эко-реабилитационный центр иппотерапии «Камелия» (Украина)	Расположение вблизи леса, в составе центра несколько корпусов.	Центр включает в себя корпуса для лечения, отдыха и спорта. Преимущественно одноэтажные постройки. Предоставление свободы перемещение в здании, связанность уровней и корпусов.	Спокойные тона.	Создание «дружественной» среды посредством придания образа санатория, а не лечебницы.
Центр социальной реабилитации инвалидов и детей-инвалидов, г. Санкт-Петербург		Пространство сформировано вокруг атриума. Обеспечение полным объемом медицинских, социальных и реабилитационных мероприятий. Предоставление свободы перемещения в здании, связанность уровней и корпусов.	Отделка из камня.	

Продолжение таблицы

Спортивно-оздоровительный центр для реабилитации и социальной адаптации людей с инвалидностью и различными заболеваниями, о. Русский.	Расположение вблизи водной глади. Соединение корпусов прогулочными дорогами.	Распределение функций по корпусам. Малоэтажость объекта.		Интерактивные пространства для игры и обучения (лестницы, бытовая техника и т.п.).
Комплексный протезно-ортопедический реабилитационный центр для людей с ограниченными возможностями, Белгород.	Прогулочные и тренировочные маршруты. Озеленение (без использования колючих и ядовитых растений). Площадки для отдыха и для игр	Большие свободные пространства для маневров и движения, широкие коридоры.		Тактильные дорожки, поручни и световые направляющие в комнатах и коридорах.

Данные приемы не только создают гармоничное пространство, но и благоприятно влияют на психологическое состояние человека, что способствует восстановлению здоровья и улучшению состояния.

Заключение

Реабилитационный процесс – это целенаправленный процесс возвращения человека с ограниченными возможностями здоровья в продуктивную и полноценную социальную жизнь и очень важно грамотно спроектировать сам комплекс, подобрать материалы для строительства и отделки.

По результатам анализа отечественного и зарубежного опыта, была составлена функционально-технологическая программа состава обязательных блоков и функций для формирования коррекционного пространства. Коррекционно-развивающие пространство должно включать в себя:

а) медицинский блок – диагностика и лечение физических недугов;

б) коррекционный блок – диагностика и лечение психологических проблем;

в) образовательный развивающий блок – обучение на уровне школьной программы, а также обучение основным навыкам жизни и самообслуживания;

г) жилой блок временного проживания с социальной функцией – проживание и обучение родителей.

В результате анализа планировочных решений объектов выявлены следующие приемы формирования среды:

- расположение вблизи города или в его рекреационной зоне;
- обширное озеленение территории, наличие искусственных водоемов;
- использование сплошного остекления фасада, что дает ощущение незамкнутости пространства;
- проектирование учреждений с учетом предоставления свободы передвижения всем детям, независимо от их физических возможностей;
- пребывание с родителями;
- большие пространства для свободного перемещения, широкие коридоры;
- обеспечение полным объемом медицинских реабилитационных мероприятий.

Выявленные приемы формируют гармоничное архитектурное пространство, способствующее комфортному пребыванию умственно отсталых детей, что благоприятно сказывается на их психологическом и физическом состоянии и способствует стабилизации и улучшению психоэмоционального состояния. Коррекционно-развивающая среда, сформированная с помощью данных приемов, компенсирует психофизиологические нарушения, и ребенок, находящиеся в условиях комфортного пребывания, легче социализируется и обучается.

Список библиографических ссылок

1. Тиганов А. С. Руководство по психиатрии. М. : Психиатрия, 1999. 613 с.
2. Chelly J., Khelfaoui M., Francis M., Che´rif B., Bienvenu T. Genetics and pathophysiology of mental retardation // European Journal of Human Genetics. 2006. P. 701–713.
3. Karl König. The child with Special Needs: Letters and Essays on Curative Education Vienna. 1902-1966. P. 150–350.
4. Законы Двенадцати таблиц // hrono.ru : интернет-справочник. URL: http://hrono.ru/dokum/_000dok/12tablic.php (дата обращения: 01.04.19).
5. Левченко И. Ю., Приходько О. Г. Технологии обучения и воспитания детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата. М. : Психиатрия , 2001. 192 с.
6. Врунге В. Ф., Манусевич Ю. Л. Эргономика в дизайне среды. М. : Архитектура, 2005. 327 с.
7. Martin W. Barr. Mental defectives : their history, treatment, and training, 1904. P. 250–400.
8. Гилева Н. С. Создание предметно-развивающей среды для детей с ограниченными возможностями здоровья // Молодой ученый. 2015. № 10. С. 1128–1139.
9. Попкова Л. А. Создание доступной среды для детей-инвалидов младшего возраста с нарушениями опорно-двигательного аппарата // Приволжский научный журнал. 2014. № 5. С. 206–212.
10. Попкова Л. А. Особенности планировочного решения реабилитационного центра для инвалидов «Преодоление» // archvuz.ru: ежедн. интернет-изд. 2005. URL: http://archvuz.ru/2015_3/11 (дата обращения: 09.12.18).
11. Денисенко Е. В. Тенденции развития архитектуры в XXI веке // Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития. 2015. С. 140–142.

Moskalenko Tatyana Alekseevna
E-mail: tanyazolotuhina1@gmail.com
architect
LLC «4D concept»
The organization address: 420030, Russia, Kazan, Zhukovka st., 2
Korotkova Svetlana Gennadievna
candidate of architecture, associate professor
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Methods of forming a correctional and developing environment for children with mental retardation

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to formulate the main methods of designing correctional and developmental complexes for children with mental retardation, based on the analysis of foreign and domestic facilities of various correctional institutions.

Results. The main results of the research consist in the development of techniques for the formation of architectural spaces that favorably affect a child with mental retardation, as well as a study of the prerequisites for their creation.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture consists in identifying the principles of the architectural and spatial organization of correctional and developmental complexes for children with mental retardation. The authors proved that the correctional-developing spatial environment has a direct impact on the upbringing, development and compensation of psycho-physiological disorders of disabled children.

Keywords: mental retardation, influence of architecture, favorable environment, architectural techniques, correctional environment, mental retardation, architectural space.

References

1. Tiganov A. S. Guide to psychiatry. M.: Psychiatria, 1999. 613 p.
2. Chelly J., Khelfaoui M., Francis M., Che´rif B., Bienvenu T. Genetics and pathophysiology of mental retardation // European Journal of Human Genetics. 2006. P. 701–713.
3. Karl König. The child with Special Needs: Letters and Essays on Curative Education Vienna. 1902-1966. P. 150–350.
4. The laws of the Twelve Tables // hrono.ru: online directory. URL: http://hrono.ru/dokum/_000dok/12tablic.php (reference date: 01.04.19).
5. Levchenko I. Yu., Prikhodko O. G. Technologies of training and education of children with disorders of the musculoskeletal system. M. : Psychiatria, 2001. 192 p.
6. Vrunge V. F., Manusevich Yu. L. Ergonomics in environmental design. M. : Architectura, 2005. 327 p.
7. Martin W. Barr. Mental defectives : their history, treatment, and training, 1904. P. 250–400
8. Gileva N. S. Creating a subject-developing environment for children with disabilities // Molodoj uchenyj. 2015. № 10. P. 1128–1139.
9. Popkova L. A. Creating an accessible environment for young children with disabilities with disorders of the musculoskeletal system // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. 2014. № 5. P. 206–212.
10. Popkova L. A. Features of the planning solution of the «Overcoming» rehabilitation center for the disabled // archvuz.ru : daily. internet-ed. 2005. URL: http://archvuz.ru/2015_3/11 (reference date: 09.12.18).
11. Denisenko E. V. Trends in the development of architecture in the XXI century // Tekhnicheskiye nauki: tendentsii, perspektivy i tekhnologii razvitiya. 2015. P. 140–142.

УДК 728
Юсупова Элина Эдуардовна
архитектор-проектировщик
E-mail: usupova_elina@mail.ru
Аглямова Заира Мухаматдиновна
архитектор-проектировщик
E-mail: z-a-i-r-a1993@mail.ru
Архитектурно-проектное бюро ООО «Солев»
Адрес организации: 420141, Россия, г. Казань, ул. Салиха Батыева, д. 17, оф. 11
Короткова Светлана Геннадьевна
кандидат архитектуры, доцент
E-mail: svetlkor@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Разработка концептуальной модели многофункционального жилого здания на основе приемов устойчивого проектирования

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – проанализировать приемы проектирования жилых зданий в соответствии с тремя факторами устойчивой архитектуры: фактором сохранения природных ресурсов, фактором жизненного цикла материалов в строительстве и фактором гуманного проектирования. На их основе предложить модель жилого многофункционального здания.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в разработке концептуальной модели, выстроенной на основе приемов устойчивого проектирования, жилого многофункционального здания.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в разработке концептуальной модели с учетом приемов устойчивого проектирования, которая, в дальнейшем, может быть применена в качестве основы для создания полноценного проекта жилого многофункционального здания.

Ключевые слова: факторы устойчивого развития архитектуры, сохранение природных ресурсов, жизненный цикл материалов в строительстве, гуманное проектирование, концептуальная модель многофункционального жилого здания.

Введение

Большинство современных архитектурных построек в мире не относятся к энергоэффективным. По данным экспертов, запасы основных источников энергии на планете (нефть, газ и уголь) иссякнут в ближайшие столетия. Практически половина всей энергии в различных странах мира потребляется жилыми зданиями, поэтому на сегодняшний день актуальным направлением в строительстве становится возведение экологичных жилых строений и минимизация потребляемой ими энергии при максимальном сохранении окружающей среды.

Существует необходимость создания концептуальной модели жилого здания, выстроенной с учетом архитектурно-планировочных приемов устойчивого проектирования. Сначала необходимо рассмотреть приемы, выявленные в соответствии с тремя факторами устойчивого проектирования, которые влияют на энергоэффективность зданий, на безопасность окружающей среды и на комфортное проживание разных слоев общества.

Фактор сохранения и использования природных ресурсов

Под этим понятием подразумевается комплекс мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов при проектировании, куда входят:

- Изменение формы здания путем формирования одного объекта из нескольких блоков. Блокирование позволяет снизить теплопотребление благодаря уменьшению площади наружных ограждающих конструкций. Процесс блокирования также снижает материалоемкость строительства, площадь застраиваемой территории и приводит к сокращению длины коммуникаций, подъездных путей и др. Отсюда можно сделать

вывод, что наибольшего эффекта можно достичь при увеличении числа образованных внутренних граней относительно количества сблокированных объектов. Этот вывод наглядно демонстрируется при проектировании открытого внутреннего двора. При этом обеспечивается уменьшение площади наружной поверхностей блокированного здания по отношению к суммарной площади отдельных объектов в 1,5 раза [1].

- Устройство солнечных батарей для использования (утилизации) солнечной энергии в энергетическом балансе здания, а также устройство ветрогенераторов для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора с последующим её преобразованием в электроэнергию. Для этого необходимо установить солнечные панели под определенным углом к солнцу, а ветрогенератор – по отношению к потокам ветра.

- Зеленые фасады и крыши. Часто на крышах жилых зданий устраивают сады и даже мини-фермы. Зеленая кровля позволяет сэкономить приблизительно 25 % электроэнергии благодаря свойству сохранения прохлады в помещении в жаркую погоду, существенно снижает расходы на отопление в зимний период из-за хороших теплоизоляционных свойств, разгружает водостоки, так как большая часть осадков впитывается в грунт на крыше.

- Выбор материалов наружной и внутренней отделки. Облицовка составляет оболочку здания, которая будет сберегать тепло зимой и отдавать его летом, поэтому необходимо предусмотреть высокоэффективную изоляцию стен и окон. Особенно эффективно применение вентилируемых фасадов. При остеклении зданий целесообразно использовать энергосберегающие стекла с солнцезащитными свойствами, регулирующие уровень проходящей солнечной энергии, что также позволяет экономить на отоплении зимой и на кондиционировании летом.

- Применение эффективной системы водоснабжения, в которую входит сбор дождевых и грунтовых вод для холодного и хозяйственного водоснабжения, а также установка насосов для горячего водоснабжения, аккумулирующая тепло грунта и удаляемого вентиляционного воздуха.

- Использование системы «пассивный дом», когда тепло, вырабатываемое электроприборами и самими людьми, аккумулируется и используется для обогрева здания [2].

- Использование системы «умный дом». Интеллектуальная система управления зданием, куда входит автоматическое освещение в подъездах, установка автоматических раздвижных дверей, применение системы отопления, обеспечивающей возможность учета и регулирования потребляемого тепла и др.

Фактор жизненного цикла материалов в строительстве

Под жизненным циклом здания понимается период времени от создания объекта до полной его ликвидации (демонтажа). В традиционной модели отношения к строительству наблюдается неэффективное использование строительных материалов после сноса здания. Чаще всего их просто вывозят на свалку.

С каждым годом в мире образуется все больше строительных отходов, которые вывозятся на специально отведенные площадки. Однако такой способ избавления от мусора наносит вред экологии, что ведет к нарушению природного баланса.

Экологический подход в жизненном цикле здания заключается в переработке материалов и их повторном использовании для создания новых архитектурных форм и объектов [3].

Переработка строительных отходов предусматривает повторное использование таких материалов как железобетонный лом, пластик, стекло, дерево, асфальт, кирпич и прочие каменные материалы, металлолом в виде арматур, перегородочных профилей, перил и пр. Строительный мусор, в основу состава которого входит железобетон, перерабатывается экскаваторами. Бетонные отходы перерабатываются в щебень. Щебень, полученный в результате переработки, может использоваться для засыпки болот или реставрации дорог. Асфальтовое покрытие под действием нагрева может применяться при строительстве дорог. Арматурная сталь в результате переработки также может пользоваться хорошим спросом. Среди всех отходов наиболее преобладающим остается лом – его сортируют и увозят на промышленные заводы по переработке.

На сегодняшний день самые безопасные дома – это здания, построенные из экологически чистого красного кирпича. Еще одним безопасным для здоровья строительным материалом является дерево.

Фактор гуманного проектирования

Гуманное проектирование является третьим и главным фактором устойчивого проектирования. Оно относится не только к природе, но также к людям, и ко всем живым организмам в целом. Для жизнедеятельности человека важно обеспечение благоприятных условий работы и отдыха, личного покоя, получение эстетического удовлетворения от окружающей обстановки и защита от стрессов.

Можно выявить ряд приемов гуманного проектирования зданий:

- Проектирование с учетом сохранения природных условий

Городское планирование с учетом проектирования зеленых коридоров. Отсутствие условий для размножения микроорганизмов может привести к нарушению почвы, что повлияет на исчезновение растений, животных и жизни на земле в целом. Формирование городских пространств изначально должно основываться на принципе экологического каркаса. Основной прием – озеленение всех возможных поверхностей, связанных в единую непрерывную цепь («принцип зеленых коридоров»). Подобное решение необходимо в целях очистки воздуха, улучшения визуальной среды, обеспечения возможности безопасной миграции животных и пеших прогулок жителей [4].

Например, в Бостоне впервые в мировой практике был применен подобный принцип озеленения. Все парки, пляжи, скверы и лесные массивы связаны между собой и представляют единый зеленый каркас города, простилающийся от окраин города к его центру [5].

Инсоляция. В нашем климате в условиях большого города люди сталкиваются с хроническим недостатком света в помещении. Это связано как с географическими обстоятельствами (умеренный климатический пояс), так и с субъективным фактором (архитектурно-строительный аспект). Прямые лучи солнца являются для человека жизненно необходимым фактором. Они благотворно влияют на центральную нервную систему организма. Гигиенически обоснованной считается не менее чем трехчасовая инсоляция помещений, так как именно такое время необходимо для гибели вредоносных бактерий.

При проектировании здание рационально максимально ориентировать к солнцу – на южную и юго-восточную стороны. В других случаях возможно применение специальных конструктивных решений на окнах – эркеров. Некоторые жилые комплексы имеют фасады в виде гармошки, у которой «ребра» смещены и ориентированы на солнце. Подобное решение можно наблюдать в проекте «The street» архитектурной фирмы «Sanjay Puri Architects» в Индии.

Отсутствие достаточной освещенности неблагоприятно влияет не только на человека, но и на растения и любые микроорганизмы, поэтому инсоляция территории вокруг здания также имеет большое значение при проектировании. Она не зависит от географического местоположения объектов и должна составлять, как минимум, три часа на половине площади участка. Двор желательно ориентировать на южную сторону. Затенение помещений окружающей застройки и дворовой территории не должно превышать 6 часов.

Однако существует также и неблагоприятный аспект инсоляции, который связан с перегревом воздуха при длительном летнем солнечном облучении комнат. Гиперинсоляция также негативно влияет на растительность и комфортное состояние человека. В таком случае целесообразно применение солнцезащитных устройств (балконы, козырьки, жалюзи, устройство специальных солнцезащитных окон и др.) или высадка деревьев вдоль здания. Озелененный двор предохраняет от чрезмерного перегревания почву, стены зданий и тротуары и создает комфортные условия для отдыха на улице.

Проветривание. Правильное проветривание помещений – неотъемлемая часть создания благоприятного микроклимата. Польза проветривания: снижение концентрации вредных веществ, в том числе продуктов человеческой жизнедеятельности, частиц пыли и вредных микроорганизмов, включая вирусы; насыщение воздуха кислородом и отрицательными ионами; регулирование температурного режима и влажности; удаление посторонних запахов; предотвращение развития грибков и плесени.

Защита от ветра. При проектировании зданий необходимо учитывать розу ветров (векторная диаграмма, характеризующая в метеорологии и климатологии режим ветра в

данном месте по многолетним наблюдениям) и ориентировать здание таким образом, чтобы создавалось защищенная от ветра территория. Также при проектировании следует учитывать местоположение: близ рек и других водоемов ветряная нагрузка на здание увеличивается в несколько раз. Закрытая форма двора (двор-колодец) может обеспечить защиту от ветра внутри комплекса.

- Хорошая шумоизоляция

Шум создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Он способен увеличивать содержание гормонов стресса в крови, что приводит к опасным для жизни физиологическим проблемам.

В городской среде существует огромное количество источников шума. В помещениях шум подразделяется на внешний (с уличных пространств) и внутренний (соседние помещения или квартиры). Для защиты зданий от шумных магистралей принято устраивать зеленые насаждения вдоль дорог, шумозащитные экраны, подпорные стенки и др. Зеленые фасады и крыши также способствуют хорошей звукоизоляции зданий. Еще один способ повышения шумозащиты зданий – специальное архитектурно-планировочное и объемно-пространственное решение (дома – экраны или отсутствие окон, выходящих на проезжую часть) либо защита помещений за счет повышения звукоизоляции наружных ограждающих конструкций и т.п.

Озеленение крыш и фасадов не только создают интересный внешний облик постройки, но и являют собой дополнительное место встречи жильцов дома.

- Проектирование с учетом особенностей людей с различными ограничениями в здоровье (доступная среда)

Создание доступной среды для инвалидов и других маломобильных групп населения предполагает сочетание требований и условий к городскому дизайну, инфраструктуре объектов и транспорта, которые позволяют инвалидам свободно передвигаться в пространстве и получать необходимую информацию для осуществления комфортной жизнедеятельности.

Для лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата необходимо предусмотреть беспрепятственные пути передвижения, как на уровне уличного пространства, так и внутри зданий. Сюда можно отнести обустройство специально оборудованных спортивных и детских площадок для детей разных возрастов, зон отдыха, парковочных мест для специальных автомобилей, отсутствие бордюров и порогов, установку автоматических дверей, пандусов, подъемников, специальных лифтов, кнопок вызова персонала, удобное расположение всех необходимых элементов на уровне досягаемости. Помимо этого должны быть соблюдены нормы ширины дорожек и внутридомовых коммуникаций (коридоров), ширина дверных проемов, особые размеры комнат и помещений для маневрирования колясок, оборудованные санузлы и многое другое.

Для слабослышащих и слабовидящих людей предполагаются особые архитектурные приемы при проектировании среды. Для слабовидящих людей большое значение имеют материалы поверхностей путей передвижения, запахи, звуковые ориентиры (шум), цветовые контрасты. Слабослышащим людям помогает ориентироваться в пространстве навигационная система (указатели, информационные стенды и др.) [6].

- Многофункциональная наполненность жилого дома

На современном этапе развития общества одной из наиболее эффективных форм организации жилой среды крупнейшего города становятся многофункциональные жилые комплексы с обслуживанием. Обычно инфраструктура проектов таких зданий подразумевает включение торговых, развлекательных и оздоровительных объектов, а также офисных площадей.

Многофункциональные жилые здания, основанные на объединении жилья и системы общественного обслуживания в едином компактном объеме, компенсируют удаленность населения от развитых культурных центров, формируя развитое культурно-бытовое обслуживание на месте, что идеально подходит для проживания людей с ограниченными возможностями.

- Соучаствующее (партисипативное) проектирование

Обосновывается необходимость участия населения в процессе проектирования открытых рекреационных общественных пространств с целью создания городской среды,

отвечающей современным трендам развития градостроительства и потребностям граждан [7]. Архитектурный дизайн может целенаправленно формировать желательное поведение: хорошо оборудованная спортивная площадка привлечет молодежь к занятиям спортом; столики и лавочки вокруг поспособствуют общению; просторная кухня повысит желание готовить дома, собираться вокруг стола всей семьей или с друзьями; гармонично организованное офисное пространство поспособствует повышению работоспособности и т. п. [8].

В мировой архитектурной практике достаточно много примеров, когда при строительстве не учитывается социально-культурная или национальная почва. Жилой комплекс «Прюитт-Игоу», построенный в США в 1956 году, был полностью снесен через 18 лет. Изначально создание проекта имело цель решить проблемы жилья для людей, относящихся к среднему классу. Квартиры предоставлялись беднякам и малоимущим семьям, жившим ранее в трущобах. Таким образом, неблагополучный слой населения оказался изолированным от остального общества, что привело к полнейшей его деградации [9].

Этот пример демонстрирует несостоятельность проектных решений с точки зрения отсутствия их привязки к реальным нуждам проживающих, игнорирование их действительных потребностей, что считается противоположностью соучаствующему проектированию. Именно проблемы комплексов социального жилья заставили архитекторов понять, что для создания правильной среды обитания необходимо учитывать постоянное контактирование различных слоев общества, а не отделять их друг от друга.

- Визуальный комфорт (видеоэкология)

Архитектура начинается со стремления человека выстроить здания для своей жизни, работы, отдыха, а также культурных и духовных потребностей так, чтобы они были не только удобны, но и визуально привлекательны. Реализованные архитектурные постройки воздействуют на человека физически и эмоционально, влияют на настроение и психическое состояние, воспитывают, формируют мысли и поведение человека.

По архитектуре можно судить о процессах, которые зарождаются и будут происходить в обществе в дальнейшем. Исследователи того или иного периода в истории могут по архитектуре оценить нравственные приоритеты общества и его элиты, наличие и следование тем или иным взглядам, экономическое благосостояние общества, а также вектор движения в целом – в направлении развития или деградации. Когда человек вынужден постоянно пребывать среди серых однообразных зданий, у него возникает развитие психических заболеваний, что может привести к падению нравственности и процветанию низменных качеств человеческой природы. Существует особая наука, занимающаяся исследованием влияния окружающей видимой среды на человека – видеоэкология.

Архитектурное решение внешнего вида здания. «Загрязнителями» визуальной среды являются гомогенные (голые поверхности) и агрессивные (поверхности, содержащие множество одинаковых, равномерно распределенных видимых элементов) визуальные поля, а также большое число прямых линий, ровных углов, больших монотонных поверхностей и бедной цветовой гаммы [10].

Важной задачей является определение сочетания цвета, формы, материалов и текстур, наилучшим образом влияющих на сознание людей. Необходимый эмоциональный фон зависит от творческого подхода архитекторов и дизайнеров при застройке города и жилой среды в целом. Человека большую часть своей истории окружала естественная визуальная среда, которая является наиболее комфортной, отвечающей всем нормам зрительного восприятия. Архитектура прошлых столетий положительно влияла на визуальную среду города. Следуя стилевым направлениям в искусстве, каждое архитектурное сооружение было неповторимо.

Выдающийся архитектор Алвар Аалто сочетал в своих работах черты двух направлений: органической архитектуры и функционализма. В своих проектах он использовал сочетание природных (дерево, природный камень) и искусственных (железобетон, стекло) материалов, создавая при этом оригинальные композиционные решения.

Текстура дерева в архитектуре благоприятно влияет на человека: помогает в создании максимального комфорта, снимает нервное напряжение, вызывает чувство равновесия, спокойствия и единении человека с природой, как на уровне квартиры, так и на уровне жилого двора, района или всего населенного пункта.

Панорамное остекление заменяет стены, соединяя экстерьер и интерьер в единое целое, сохраняя при этом домашний микроклимат.

За счет озелененных фасадов каждое здание также приобретает индивидуальный стиль и облик, придает городу неповторимость, эстетичность.

Благоустройство территории. Пространство вокруг человека может подавлять его состояние, вызывать дискомфорт или, наоборот, повысить работоспособность, помочь сконцентрироваться или расслабиться.

Повышение многообразия, художественной выразительности и эстетических качеств застройки и открытых озелененных территорий – одна из основных целей внешнего благоустройства. Городскую среду формируют жилые и общественные здания, улицы, рекреационные зоны и малые архитектурные формы – объекты утилитарного и декоративного характера, которые используются для образования открытых пространств и дополняют архитектурную и ландшафтно-градостроительную композицию города.

Необходимо обустраивать комфортные зоны отдыха на путях передвижения людей в городском и дворовом пространстве. Сюда относятся скамьи, урны, беседки, фонтаны, скульптуры и др.

Важным аспектом благоустройства территорий является искусственное освещение. В дворовом пространстве и на городских улицах освещенность в темное время суток играет немаловажную роль для ощущения комфорта и безопасности прохожих. В архитектуре свет обладает пластической ценностью – может облегчать глазу усвоение архитектурных масс и объяснять пространственные формы здания. Помимо этого свет обладает эмоциональной ценностью – может создавать определенное настроение у человека (радостное, мрачное, уютное, торжественное). Красиво подсвеченные здания притягивают взгляд и оказывают приятное положительное впечатление на зрителя.

Еще один путь визуального улучшения городской среды – озеленение. Оно способствуют улучшению микроклиматических и санитарных условий. Озелененный двор создает хорошие условия для отдыха на открытом воздухе. При проектировании зон отдыха целесообразно высаживать высокоствольные деревья, дающие тень и создающие чувство уединенности. Для выделения полотна дорог, ограждения или декоративного обрамления площадок и цветников вместо заборов желательно использовать живые изгороди. Для оформления подпорных стенок, крутых откосов, склонов широко применяется вертикальное озеленение. Клумбы и цветники несут эстетическую ценность для людей, а для насекомых представляют жизненную необходимость [11].

Концептуальная модель жилого многофункционального здания

На основе перечисленных приемов устойчивого проектирования предложена концептуальная модель жилого многофункционального здания.

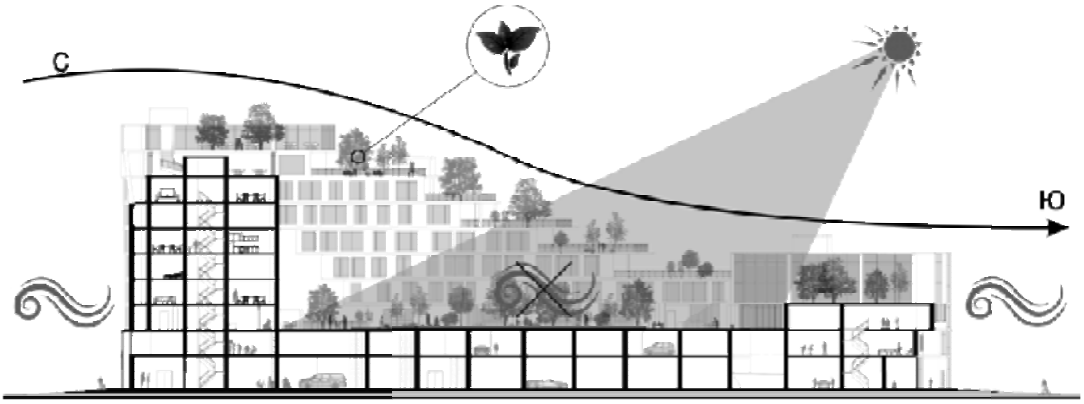


Рис. 1. Концептуальный разрез модели жилого многофункционального здания (иллюстрация авторов)

Энергоэффективная форма здания в этой модели образуется путем присоединения четырех отдельных блоков, которые формируют закрытое дворовое пространство.

Блокирование объектов позволяет уменьшить площадь наружных ограждений (за счет чего увеличивается энергоэффективность всего здания), а также площадь занимаемой зданием территории. Блоки имеют различную функциональную наполненность, благодаря чему формируется развитое культурно-бытовое обслуживание в здании. Один блок полностью отведен под общественные функции, он обращен в сторону магистрали. Остальные блоки – жилые, отличаются друг от друга уровнем комфортности, однако вместе формируют единый объект и объединяет людей из различных слоев общества.

Конструкция здания в модели имеет общий двухуровневый стилобат, внутри которого запроектирован паркинг, по периметру – общественные помещения. Один этаж паркинга предназначен для жильцов комплекса, второй – для гостей. Заезд на парковку для гостей комплекса расположен со стороны блока с общественными функциями, а заезд для жильцов – с противоположной, чтобы разграничить потоки людей и машин.

Для правильной инсоляции дворового пространства необходимо открыть часть здания, обращенную на южную сторону. В модели предполагается изменение этажности с девяти до трех этажей, при этом двор будет защищен от сильных ветровых потоков.

Для выполнения условий инсоляции внутри здания жилой блок, обращенный на северную сторону, имеет двустороннюю ориентацию квартир. Одностороннюю ориентацию имеют квартиры, обращенные на запад и восток.

Для использования природных ресурсов в модели предусмотрено устройство солнечных батарей и ветрогенераторов. Применена эффективная система водоснабжения, куда входит сбор дождевых и грунтовых вод и установка насосов, генерирующая тепло грунта для водонагрева. Использование системы «пассивный дом» аккумулирует тепло, вырабатываемое внутри здания, и использует его в своем энергетическом балансе. Для облицовки предлагается применение системы вентилируемых фасадов, которые помогают сохранять тепло внутри здания. Также предполагается устройство энергосберегающих окон. Создание зеленых крыш в нашем климате нецелесообразно, однако зеленые террасы могут использоваться жильцами в качестве зоны отдыха. Устройство остекленного зимнего сада на крыше послужит дополнительным приемом для теплосбережения и местом коммуникации жителей дома.

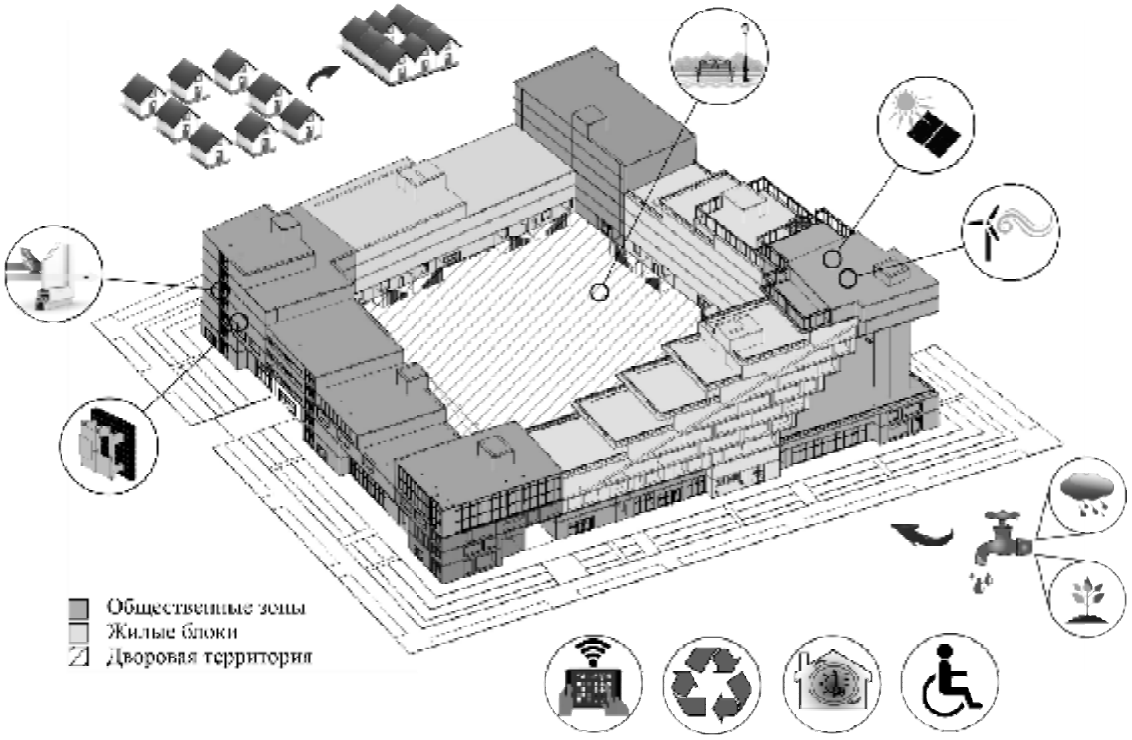


Рис. 2. Функциональная модель жилого многофункционального здания (иллюстрация авторов)

Архитектурное решение внешнего облика здания соответствует принципам визуального комфорта, то есть имеет интересный неповторимый облик, формирующийся посредством использования различных архитектурных материалов разной текстуры и цветовой гаммы.

Территория вокруг здания, дворовое пространство и планировочное решение самого дома соответствуют всем необходимым требованиям маломобильных групп населения. Также в модели предусмотрено качественное благоустройство территории с включением различных зон для отдыха, игр и занятий спортом, рассчитанных на людей разной возрастной группы и имеющих разные физические возможности (рис. 1-2).

Заключение

На основе исследования факторов устойчивого проектирования была разработана концептуальная модель жилого многофункционального здания, включающая в себя основные приемы устойчивого развития архитектуры. Моделью предполагается проживание населения разного социально-экономического состава. Помимо этого в модели предусмотрена доступность всех входных и коммуникационных зон, квартир и дворовой территории для передвижения и проживания маломобильных групп населения. Визуальный комфорт достигается сочетанием различных по цвету и текстуре материалов, большим процентом озеленения территории, хорошим благоустройством. Ступенчатая форма здания с закрытой дворовой территорией создает комфортные инсоляционные и ветровые условия, что благоприятно сказывается на здоровье человека. Соблюдение приемов устойчивого проектирования позволит снизить негативное влияние строительства на окружающую среду, минимизирует потребление природных ресурсов и поспособствует улучшению физического, психологического и эмоционального состояния граждан. Данная модель может быть применена в качестве основы для создания полноценного проекта жилого многофункционального здания.

Список библиографических ссылок

1. Марков Д. И. Проектирование энергоэффективных жилых зданий средней этажности для условий Ленинградской области России // Вестник ВолГАСУ. 2012. № 1 (20). С. 10–12.
2. Robert J. Howlett, Lakhmi C. Jain, Shaun H. Lee. Sustainability in Energy and Buildings. Berlin, 2009. P. 410–419.
3. Денисенко Е. В. Тенденции развития архитектуры в XXI веке // ООО Ареал. 2015. С. 140–142.
4. Изюрьева И. А., Нестерова А. М. Методы и приемы при проектировании энергосберегающих зданий // Фотинские чтения. 2014. № 2 (2). С. 20–24.
5. Горохов В. А. Ландшафтная архитектура и зеленое строительство. Озеленение зарубежных городов. URL: http://landscape.totalarch.com/node/15 (дата обращения: 22.04.19).
6. Aimi Hamraie. Building Access Universal Design and the Politics of Disability // Journal of Design History. 2017. № 3 (31). P. 296–298.
7. Багрова Н. В., Глушакова Е. С. О роли соучаствующего архитектурного проектирования в формировании открытых рекреационных общественных пространств для граждан – конечных потребителей архитектуры // Творчество и современность. 2017. № 1 (2). С. 14–27.
8. Santiago C. P. Dialogue Between Nature and Architecture. Barcelona : MBArch, 2017. 204 p.
9. Капустин П. В. От Альберти до Прюитт-айгоу: два печальных юбилея с пятисотлетним интервалом // Архитектурные исследования. 2017. № 2 (10). С. 4–15.
10. Новиков В. М., Повышева С. В. Проблемы видеоэкологии городской среды // Известия МГТУ МАМИ. 2013. № 1 (15). С. 199–202.
11. Марченко М. Н., Давыдова Я. А. Современные способы озеленения в ландшафтном дизайне // Молодой ученый. 2016. № 12 (116). С. 977–980.

Iusupova Elina Eduardovna
architect-designer
E-mail: usupova_elina@mail.ru
Aglyamova Zaira Muhamatdinovna
architect-designer
E-mail: z-a-i-r-a1993@mail.ru
Architectural and design bureau LLC «Solev»
The organization address: 420141, Russia, Kazan, Salih Batyev st., 17, of. 11
Korotkova Svetlana Gennadievna
candidate of architecture, senior lecturer
E-mail: svetlkor@yandex.ru
Kazan State University of Architecture Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Creating conceptual model of a multifunctional residential building based on sustainable design methods

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to analyze the design techniques of residential buildings in accordance with the three factors of sustainable architecture: the factor of conservation of natural resources, the factor of the life cycle of materials in construction, the factor of humane design. On their basis, propose a model of a residential multifunctional building.

Results. The main results of the research consist in the development of a conceptual model of a residential multifunctional building, built on the basis of sustainable design techniques.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture consists in developing, taking into account the techniques of sustainable design, a conceptual model of the building, which can later be used as a basis for creating a full-fledged project for a residential multifunctional building.

Keywords: factors of sustainable development of architecture, the preservation of natural resources, the life cycle of materials in construction, humane design, a conceptual model of a multifunctional residential building.

References

1. Markov D. I. Designing of energy-efficient residential buildings of average height for the conditions of the Leningrad region of Russia // Vestnik VolGASU. 2012. № 1 (20). P. 10–12.
2. Robert J. Howlett, Lakhmi C. Jain, Shaun H. Lee. Sustainability in Energy and Buildings. Berlin, 2009. P. 410–419.
3. Denisenko E. V. Trends in the development of architecture in the XXI century // LLC Areal. 2015. P. 140–142.
4. Izuryureva I. A., Nesterova A. M. Methods and techniques for designing energy saving buildings // Fotinskiye chteniya. 2014. № 2 (2). P. 20–24.
5. Gorokhov V. Landscape architecture and green building. Gardening of foreign cities. URL: http://landscape.totalarch.com/node/15 (reference date: 10.22.18).
6. Aimi Hamraie. Building Access Universal Design and the Politics of Disability // Journal of Design History. 2017. № 3 (31). P. 296–298.
7. Bagrova N. V., Glushakova E. S. On the role of participatory architectural design in the formation of open recreational public spaces for citizens – end users of architecture // Tvorchestvo i sovremennost'. 2017. № 1 (2). P. 14–27.
8. Santiago C. P. Dialogue Between Nature and Architecture. Barcelona : MBArch, 2017. 204 p.
9. Kapustin P. V. From Alberti to Pruitt-Aigou: two sad anniversaries with a five hundred year interval // Arkhitekturnyye issledovaniya. 2017. № 2 (10). P. 4–15.
10. Novikov V. M., Vyshchev S. V. Problems of videoecology of the urban environment // Izvestiya MGTU MAMI. 2013. № 1 (15). P. 199–202.
11. Marchenko M. N., Davydova Y. A. Modern gardening methods in landscape design // Molodoy uchenyy. 2016. № 12 (116). P. 977–980.

УДК 712.25
Ахметшина Лейсан Алмазовна
архитектор
E-mail: akhmleisan@gmail.com
ГУП «Татинвестгражданпроект»
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Чехова, д. 28
Айдарова Галина Николаевна
доктор архитектуры, профессор
E-mail: aidagalnik@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Особенности формирования архитектурной среды пешеходных улиц периферийных («спальных») районов на примере г. Казани

Аннотация

Постановка задачи. Цель статьи – рассмотреть опыт трансформации городских пешеходных улиц, выявить проблемы формирования и типы улиц периферийных («спальных») районов, как общественных пространств, предложить методы их трансформации.

Результаты. Основные результаты состоят в применении методов трансформации уличного пространства к периферийным улицам («спальные» районы) г. Казани с целью создания комфортных условий для пешеходов, умеренного использования автомобилей, приоритета общественного транспорта и пешеходно-велосипедного движения.

Вывод. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в предложенной классификации улиц спальных районов Казани, в формировании методов трансформации уличного пространства на примере улицы им Ю. Фучика, как универсального подхода к реорганизации улиц периферийных («спальных») районов с учетом их устойчивого развития.

Ключевые слова: пешеходная улица, «спальный» район, периферийные районы, пешеходное пространство, комфортная среда.

Введение

Глобальные процессы, отличающиеся высокими темпами роста численности населения, появлением и быстрым распространением новых видов производства и услуг, высокими темпами потребления и, как результат, загрязнения окружающей среды – отличительная черта второй половины XX-начала XXI века. Современные реалии предъявляют новые требования к проектированию городских улиц, а также существующих улиц, которые имеют потенциал трансформации для создания новых общественных пространств. Для достижения принципов устойчивого развития появляется необходимость в сокращении количества личных автомобилей и популяризации общественного транспорта, велосипедного и пешеходного движения, повышения уровня комфорта.

Устойчивое развитие пешеходных пространств – это создание экологичной, безопасной и привлекательной среды открытых (или полуоткрытых) общественных пространств, влияющей на городскую жизнь и позитивно воздействующей на жителей и их общение, предоставляющей человеку высокое качество жизни и находящейся в экологическом равновесии с природной средой [1, 2].

На мероприятии «Создание и внедрение инновационной образовательной программы «Мониторинг и управление глобальными процессами в больших городах» в рамках деятельности Московской кафедры ЮНЕСКО МГУ по глобальной проблематике» [3] говорилось о том, что в целях осуществления последовательного перехода Российской Федерации к устойчивому развитию, Президент РФ утвердил своим Указом № 440 от 1 апреля 1996 года «Концепцию перехода Российской Федерации к устойчивому

развитию». Концепция ориентирует российское общество и государство на стратегию устойчивого развития, которая должна обеспечить сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешних и будущих поколений людей.

В научной литературе сложились различные понятия «городская улица» [1, 4-5]. В целом, улицу можно определить как линейно-узловой социально-функциональный элемент городской структуры, при этом играющий роль главной площади города, а также пространство взаимодействия, где горожанин может быть как пешеходом, так и водителем.

В нормативно-правовой литературе понятие городской улицы достаточно четко сформулировано – территория общего пользования, ограниченная красными линиями улично-дорожной сети города (СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», 2017), что говорит о «компромиссе» общественного пространства пешехода и движения транспорта. Реальность такова, что в городской среде приоритет отдается транспортному средству, а не интересам пешехода. В то же время в обществе признается, что динамичный ритм городской жизни ощущается полнее всего в оживленных коммуникационных пространствах.

По мере развития общества меняется и статус улицы в городе – от линейных пешеходно-торговых пространств до транспортных коммуникаций. В XX веке с ростом автомобилизации городская улица становится транспортной артерией развивающихся городов и, в значительной мере, утрачивает свою роль общественного пространства [6].

Первая пешеходная улица была открыта еще в 1972 г. во Франции (в Руане), а в 1982 г. такие улицы были уже в 266 городах. Пешеходные зоны созданы во многих европейских городах с населением свыше 100 тыс. человек. Наибольшее распространение получили зоны, состоящие из одной или нескольких торговых или туристических улиц в центральной части города длиной 500-700 м [7].

В европейской практике городские улицы проектируют как общественные пространства. В российских городах необходимость в создании новой многофункциональной среды городских улиц начали осознавать сравнительно недавно. Особенно актуальна проблема повышения качества городских улиц, как общественных пространств, для периферийных («спальных») районов.

В настоящее время городские общественные пространства периферийных («спальных») районов недостаточно сформированы. Большинство средств выделяется для преобразований на территории центральных, исторических частей города.

Основными проблемами уличной среды в «спальных» районах Казани можно обозначить:

· отсутствие благоустройства и зон отдыха на путях движения пешеходов;

· необходимость в популяризации важности городских улиц и повышения их комфорта;

· отсутствие единого архитектурно-художественного образа улиц;

· отсутствие организации деятельности горожан на пешеходных улицах.

Улучшение качества пешеходных улиц предполагает некоторый отказ от моторного транспортного движения в пользу велосипедного и пешеходного, что ведет к преобразованию нынешнего состояния городских улиц.

Вопрос благоустройства улиц периферийных районов российских городов становится все более актуальным. Многие города России создавались в советское время и были спроектированы из усредненных расчетов и норм. В настоящее время улица меняет свой статус и становится, как и в прошлом, многофункциональным пространством, когда она была местом социального взаимодействия, перемещения, торговли, развлечения, общественных событий. Приоритетным становится создание качественной и комфортной среды для пешехода.

В последние годы потребность в комфортной и современной среде во многих городах России реализуется через государственные программы благоустройства парков и скверов.

Улица как общественное пространство

Общественное пространство рассматривается как городская территория, на которой происходит формирование, воспроизводство и жизнь горожан. Идеальной моделью общественного пространства представляется сумма трех аспектов общественной жизни: социального, культурного и политического [8].

Л. Лофланд, Д. Джекобс, К. Линч, Я. Гейл рассматривают общественные пространства как неотъемлемую часть городской жизни, где происходит взаимосвязь людей [5, 9-11]. Исследователи особенностей пешеходного движения и создания пешеходных зон в России: И.Н. Етеревская, А.В. Крашенинников, В.А. Нефедов, В.Л. Глазычев, Е.Г. Трубина, К.В. Киененко [1, 5, 12-13].

Согласно классификации, данной Баталиной Т.С., городские открытые пространства делятся на урбанистические, «зеленые», набережные и городские пляжи, а общественные пространства – на центральные и периферийные. Исторически уличные общественные пространства были представлены в качестве торговых улиц – подземных, надземных – пассажей и моллов, а также мостов – комплексных переходов [14].

В книге «Guidelines for Creating Walkable & Bikeable Communities» современные улицы разделяют на основные (традиционные) улицы и специальные. Основные (традиционные) улицы представлены транзитным коридором (магистралью), бульваром, авеню, местной улицей и аллеей. К специальным улицам авторы относят главную улицу, транзитную аллею, велосипедный бульвар, фестивальную улицу и коллективную дорогу [15]. Из всех, ранее перечисленных, улиц в России представлены лишь магистраль, бульвар и местная улица. Анализируя эту классификацию, необходимо отметить, что виды специальных улиц, которые не представлены в России, в европейских странах и США специализируются на пешеходах и велосипедистах. Городские уличные пространства в нашей стране ориентированы на автотранспорт, а пешеходам не уделяется должного внимания.

Таблица 1

Принципы устойчивого развития улиц

Принцип	Описание
Принцип 1: Создание уличной сети, поддерживающей сообщества и пространства	Уличные сети способствуют развитию экономической деятельности и обеспечивают общественное пространство для взаимодействия людей
Принцип 2: Создание уличной сети, привлекающей и поддерживающей экономическую активность	Устойчивые уличные сети – это магниты для бизнеса, рабочих мест и экономических возможностей.
Принцип 3: Увеличение выбора транспорта	Устойчивая уличная сеть обеспечивает выбор видов транспорта и маршрутов.
Принцип 4: Интеграция уличной сети с природными системами на всех уровнях	Устойчивость уличной сети рассматривает широкий спектр взаимосвязей природных систем, в том числе специфические, региональные и глобальные.
Принцип 5: Уважение существующей природной и антропогенной среды	Сохранение уникальных местных и региональных особенностей природной и антропогенной среды.
Принцип 6: Подчеркивание пешей ходьбы как фундаментальной единицы уличной сети	Создание комфортной, безопасной, экологичной среды для пешеходов с разнообразными маршрутами.
Принцип 7: Создание гармонии с другими транспортными сетями	Уличная сеть обеспечивает гибкую подвижность, легкое и четкое перемещение между способами передвижения, и помогает превратить транзитные пункты встреч в привлекательные и ценные городские пространства.

Международная некоммерческая организация Конгресс по Новому Урбанизму (Congress for the New Urbanism), работающая над созданием новых комфортных улиц, предлагает сделать их местом общественной жизни, частично отказавшись от автомобильного движения и отдав приоритет пешеходам. Конгресс сформировал общие принципы проектирования для таких проектов и предлагает 7 основных принципов устойчивого развития уличного пространства (табл. 1) [16].

Уличное пешеходное пространство должно включать в себя не только физические элементы, такие как растительность, мебель и др., но и значимость места и активную деятельность на своей территории (рис. 1) [17]. Также для устойчивого развития уличного пространства должны учитываться такие критерии, как безопасность, климат, масштаб, доступность, контекст и обслуживание (рис. 2) [17]:

· Безопасность включает в себя защиту от транспортных потоков и видимости; скорость и объем движения; визуальную непроницаемость; освещаемость.

· Климат – это понимание погоды и комфорт; воздействие солнца и тени; защита от стихии; сезонность (круглогодичное пользование); чувственное восприятие.

· Масштаб представляет собой размеры прилегающих зданий; ширину улиц и тротуаров; плотность и высоту застройки; использование уровня земли.

· Доступность дает возможность перемещения для всех пользователей. Также это альтернативные формы перемещения; очертания пространства; входная зона пространства; транспортная и велосипедная парковки; уклоны и топография.

· Контекст показывает уникальность и плейсмейкинг; использование окружения; отзывчивость к необходимостям и желаниям общества; соседскую любезность; пешеходное и велосипедное движение; здание в жизни имеющейся улицы.

· Обслуживание – это ответственный долгосрочный надзор над территорией; местные партнеры и спонсоры; долгосрочный план управления; качественное техническое обслуживание.

Рис. 1. Элементы уличного пространства [17]

Рис. 2. Принципы для функционирования уличного пространства [17]

Методы трансформации уличных пространств

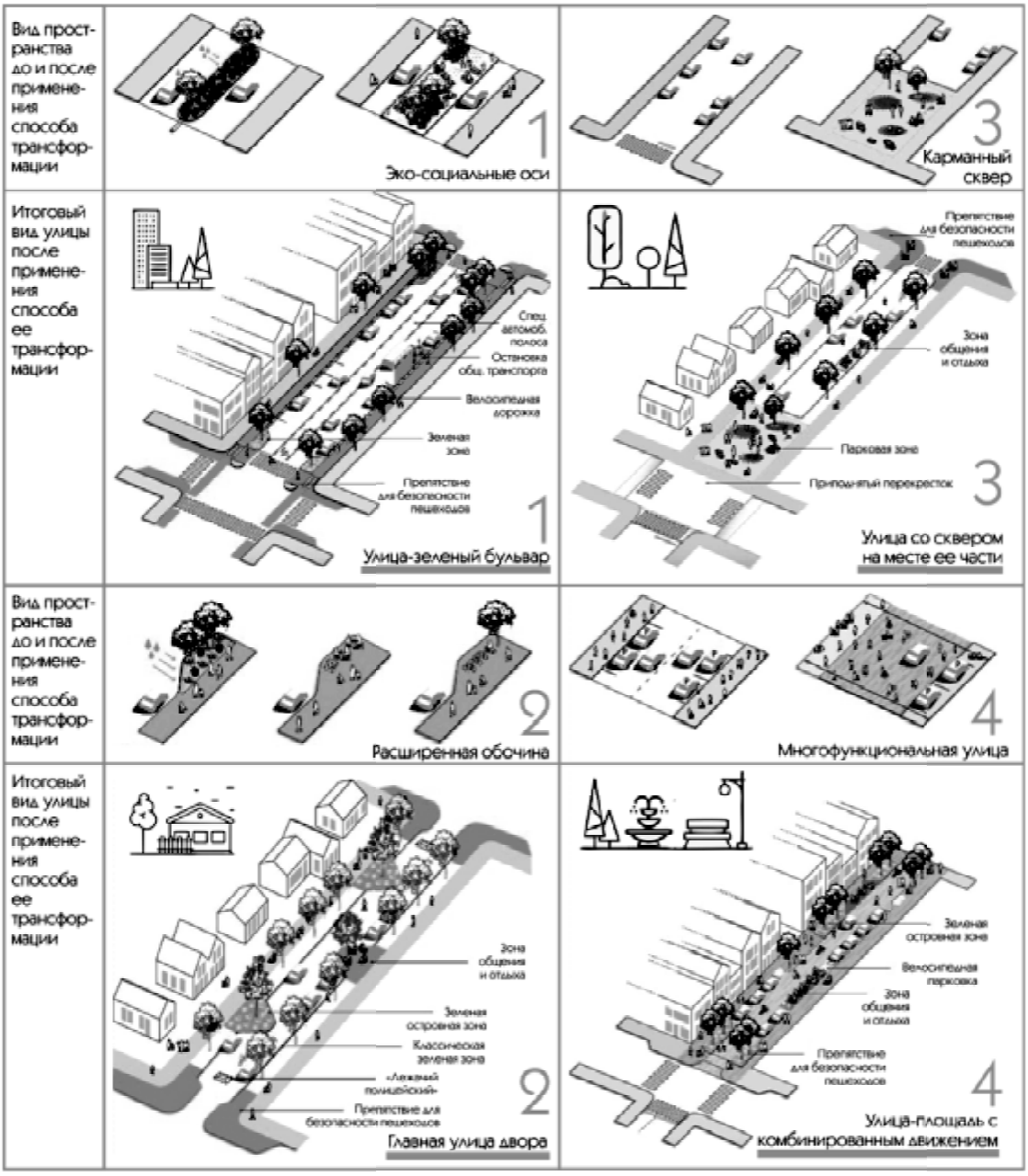


Рис. 3. Методы трансформации уличного пространства
(составлено на основе исследования авторов Jordan Lewis, Mike Schwindeller) [17]

В книге Adaptive streets: strategies for transforming the urban right-of-way [17] приводятся различные методы трансформации уличного пространства (в авторском переводе), которые будут приносить пользу и создавать новую среду, привлекательную для пешеходов, но при этом не ущемляющую автомобилистов:

1. Эко-социальная ось (1, рис. 3): медианы (оси) или центральные островки замедляют скорость движения на более широких участках улицы, при этом давая возможность для создания инфраструктуры ливневых вод (GSI) и городского зеленого каркаса. В местах, где имеется достаточная ширина, медианы могут быть линейными парковыми пространствами, а при низком уровне трафика использоваться как зона для городского сельского хозяйства, игровых площадок и отдыха.

2. Расширенная обочина (2, рис. 3): расширение тротуара в необходимых частях парковочной полосы. Расширенная обочина, расположенная на перекрестке, сокращает длину пешеходных переходов и замедляет скорость транспорта на поворотах, а находясь

в средней части, создает пешеходный переход и замедляет скорости транспортного потока визуальным сужением проезжей части.

3. Парк на месте части улицы (3, рис. 3): часть второстепенной улицы превращается в карманное парковое пространство. Парк закрывает улицу от автомобилей с одной стороны и создает пространство для игровых площадок, городского земледелия или общественных собраний.

4. Многофункциональная улица (4, рис. 3): улица, позволяющая пешеходам, автомобилистам и велосипедистам одновременно использовать уличное пространство без разделения территорий пользования. Улица ориентируется на пешеходов, используя снесение обочины и добавление мощения, а велосипедисты и автомобилисты выступают в роли «гостей». Часто такая улица имеет сплошную ровную поверхность между двумя противоположными зданиями.

Представленные принципы универсальны и возможны к применению в условиях трансформации уличного пространства периферийных («спальных») районов.

Классификационные признаки и методы трансформации улиц периферийных («спальных») районов г. Казани

Периферийные, так называемые «спальные», районы образованы жилой застройкой средней и повышенной этажности, которая комплексно заполняет пространство микрорайона. Периферийные («спальные») районы имеют свою специфику: они востребованы в вечернее, ночное время и в выходные дни благодаря трудовым маятниковым поездкам жителей этих районов. Такие районы существуют по режиму жизни жителей «дом-работа-дом».

Весомую долю периферийных («спальных») районов г. Казани занимают панельные здания советского периода. Горожане, проживающие здесь, давно привыкли к серой окружающей среде. На этих территориях отсутствует благоустройство и зоны отдыха на путях движения пешеходов; улицы не имеют единого архитектурно-художественного образа; деятельность пешеходов никак не организована. Все перечисленные причины делают улицы непривлекательными для пешеходов. В периферийных («спальных») районах весомой проблемой является нехватка общественных пространств: они представлены малым количеством скверов, которые, необходимо отметить, качественно и морально устарели. В г. Казань наиболее выражены перечисленные проблемы в периферийных («спальных») районах советского периода – Азино, Горки-1, Горки-2 и Горки-3, Квартала, Соцгород и Жилплощадка.

Таблица 2

Недостатки улиц периферийных («спальных») районов г. Казани на примере ул. Ю. Фучика

Проблемы устойчивости улиц	Примеры существующей ситуации
Степень низкого благоустройства	· Недостаточность точек отдыха · Не скрытое техническое оборудование · «Мусорные» композиции · Устаревшие детские площадки
Неорганизованные парковки	· Обилие автомобилей · Стихийные парковки
Неорганизованные пешеходные пути	· Протоптанные «короткие» пути пешеходов · Отсутствие качественного благоустройства на путях движения
Низкий уровень комфортности среды	· Стихийные рынки на путях движения пешеходов · Ненормированные пандусы и ступени входных узлов
Низкий уровень эстетики архитектурной среды	· Странные объекты на путях движения пешеходов · Заброшенные ларьки · Низкое качество отделки зданий

В каждом «спальном» районе имеется своя главная улица-артерия, вокруг которой формируются микрорайоны. Через районы Горки-2, Горки-3 и Азино-2 проходит ул. Ю. Фучика, на примере которой можно увидеть основные недостатки улиц периферийных («спальных») районов г. Казани: стихийные рынки, заброшенные ларьки, протоптанные «короткие пути» пешеходов, обилие автомобилей и стихийные парковки, недостаточность точек отдыха, мусорные «композиции» и другие странные объекты на путях движения пешеходов (табл. 2). Вышеперечисленное говорит о том, что данным улицам необходимы изменения.

В табл. 3 предпринята попытка сформировать классификацию улиц в периферийных («спальных») районах г. Казани на основе сочетания статусов места и связи. Данная классификация основана на анализе улиц периферийных («спальных») районов Горки-2, Горки-3 и Азино-2, на территории которых располагается крупнейшая улица г. Казани – ул. Ю. Фучика. По мере уменьшения статусов места и связи улица приближается к человеческому масштабу, имея все большие условия для комфортного и безопасного передвижения пешехода. Ул. Ю. Фучика относится к типу улицы с пешеходной зоной, который имеет средний статус связи и высокий статус места.

Таблица 3

Классификация улиц периферийных («спальных») районов на примере улиц районов Горки-2, Горски-3 и Азино-2 в г. Казань

Статус места / Статус связи	Низкий – Дорога	Средний – Уличное пространство	Высокий – Пешеходное пространство
Высокий – Магистраль городского значения	Транспортная магистраль – ул. Проспект Победы	Городской проспект – Проспект А. Камалеева	Городской узел – ст. метро Пр. Победы
Средний – Магистраль районного значения	Транспортная магистраль – ул. Габишева	Районная улица – ул. Ломжинская	Торговая улица – Рынок Ала-Дим на ул. Юл. Фучика
Средний – Улица-коллектор	Улица без застройки – ул. Ноксинский Спуск	Улица – Ул. Вербная	Улица с пешеходной зоной – ул. Ю. Фучика
Низкий – Улица	Улица промзоны (без застройки) – Ул. Акчулпан (Восточный)	Жилая улица – Ул. Чишмяле	Пешеходная улица – Бульвар Фучика

На рис. 4-5 представлены варианты применения ранее представленных методов на конкретных территориях г. Казани. Например, принцип эко-социальной оси может быть представлен в виде зеленой улицы-бульвара на ул. Гарифьянова (рис. 4.1), а принцип расширенной обочины – на территории дворовой улицы, примыкающего к ул. Ю. Фучика (рис. 4.2). Также возможен вариант размещения сквера на месте существующей стихийной парковки на ул. Ю. Фучика (рис. 5.3). Принцип многофункциональной улицы может быть применен в качестве улицы-площади рядом со сквером «Дубовый Кордон» на ул. Кул Гали (рис. 5.4). Эти принципы подразумевают не только размещение новых точек отдыха на путях передвижения пешеходов, детских и спортивных площадок, автомобильных и велосипедных парковок, но и качественное благоустройство, активное введение велодвижения, меры по снижению скорости автомобилей и приоритетность общественного транспорта.

Данные методы представляют универсальный механизм трансформации улиц периферийных («спальных») районов с целью создания комфортных условий для пешеходов, умеренного использования автомобилей, приоритета общественного транспорта и создания новых пешеходных и велосипедных пространств. Расширение тротуаров и добавление на проезжей части центральных медиан (эко-социальных осей) дает возможность создания велосипедных дорожек и зеленых островков, уменьшения скорости автомобилей и сокращения длины пешеходных переходов (рис. 4.1-4.2). Парк на месте части улицы образует социально-культурное пространство для пешеходов и велосипедистов через создание площадок различного назначения (рис. 5.3).

Многофункциональная улица превращает традиционную улицу в новое общественное пространство с помощью создания точек отдыха, добавления велосипедных дорожек, снесения тротуаров и добавления мощения (рис. 5.4).

Рис. 4. Варианты применения методов трансформации уличного пространства на конкретных территориях г. Казани (иллюстрация авторов)

Рис. 5. Варианты применения методов трансформации уличного пространства на конкретных территориях г. Казани (иллюстрация авторов)

Заключение

В настоящее время периферийные («спальные») районы г. Казани (Азино, Горки-1, Горки-2 и Горки-3, Квартала, Соцгород и Жилплощадка) имеют низкий уровень благоустройства и низкие эстетические качества архитектурной среды. Выявленные методы (зеленая улица-бульвар; дворовая улица; сквер, примыкающий к улице; улица-площадь) применимы к периферийным («спальным») районам г. Казани. Предложенные методы трансформации уличного пространства универсальны и применимы для улиц периферийных («спальных») районов не только Казани, но и других городов. Учет критериев устойчивого развития (безопасность, климат, масштаб, доступность, контекст, обслуживание) поднимет улицы периферийных («спальных») районов на качественно новый уровень. Предложенные методы трансформации уличного пространства могут облегчить реконструкцию городских улиц в периферийных («спальных») районах, что не только преобразует их с точки зрения благоустройства, но и придаст новое социально-культурное значение.

Список библиографических ссылок

1. Нефёдов В. А. Как вернуть город людям. М. : Искусство-XXI век, 2015. 160 с.
2. Тетиор А. Н. Устойчивое развитие города (в 2 ч.). М. : Комитет по телекоммуникациям и СМИ Правительства Москвы, 1999. 323 с.
3. Березовский Е. В., Бессонов А. О., Ваулина А. А., Вершинина И. М., Винокур Е. Я., Габдуллин Р. Р., Дробот Г. А. Механизмы обеспечения устойчивого развития крупных городов и их глобальной сети (на примере г. Москвы): отчет по мероприятию «Создание и внедрение инновационной образовательной программы «Мониторинг и управление глобальными процессами в больших городах» в рамках деятельности Московской кафедры ЮНЕСКО МГУ по глобальной проблематике» / Москва, 2011.
4. Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities. N-Y. : Random House, 1961. 458 p.
5. Глазычев В. Л. Урбанистика. М. : Европа, 2008. 220 с.
6. Лелюйко Я. В. Улица крупного города, как линейное общественное пространство // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска. Красноярск, 2013. С. 1–3.
7. Горохов В. А. Городское зеленое строительство. М. : Стройиздат, 1991. 416 с.
8. Бархин М. Г. Архитектура и город. М. : Наука, 1979. 222 с.
9. Lofland L., Lyn H. The public realm: exploring the city’s quintessential social territory. N-Y. : Aldine de Gruyter, 1998. 305 p.
10. Gehl J. Cities for People. Washington : Island Press, 2010. 288 p.
11. Линч К. Образ города. М. : Стройиздат, 1982. 328 с.
12. Кияненко К. В. Социология устойчивости против архитектуры сегрегации // Архитектон: Известия ВУЗов. 2015. № 1. С. 32–49.
13. Крашенинников А. В. Социально-пространственная структура пешеходного пространства // Архитектура и современные информационные технологии. 2012. № 4 (21). С. 1–7.
14. Баталина Т. С. Анализ особенностей формирования общественного пространства // Бизнес и дизайн ревю. 2017. № 1 (5). С. 11.
15. KTU+A Planning and Landscape Architecture. Guidelines for Creating Walkable & Bikeable Communities. San Diego : U.S. Department of Housing and Urban Development, 2016. 270 p.
16. CNU project for transportation reform sustainable street network working group. Sustainable Street Network Principles. Chicago : Congress for the New Urbanism, 2012. 32 p.
17. Lewis J., Schwindeller M. Adaptive streets: strategies for transforming the urban right-of-way. Seattle : Green Futures Research & Design Lab, 2014. 64 p.
18. Яковлева К. Е. Кузнецова Н. В. Проблемы организации общественно-коммуникативных точек в сложившейся жилой застройке города // Творчество и современность. № 1 (5). 2018. С. 102–107.
19. 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.

Akhmetshina Leisan Almazovna
architect
E-mail: akhmleisan@gmail.com
SUE «Tatinvestgrazhdanproekt»
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Chehova st., 28
Aidarova Galina Nikolaevna
doctor of architecture, professor
E-mail: aidagalnik@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Features of formation of the architectural environment of pedestrian streets of peripheral («sleeping») areas on the example of Kazan

Abstract

Problem statement. The aim of the article is to consider the experience of transforming urban pedestrian streets, to identify formation problems and street types of peripheral («sleeping») areas as public spaces and to suggest methods for their transformation.

Results. The main results are to apply methods of transformation of street space to peripheral streets («sleeping» districts) of Kazan in order to create comfortable conditions for pedestrians, moderate use of cars, priority of public transport and walking-cycling.

Conclusions. The significance of the results for the architecture consists in the proposed classification of streets of residential areas of Kazan, in the formation of methods of transformation of street space on the example of Y. Fuchik street, as a universal approach to the reorganization of the streets of peripheral («sleeping») areas, taking into account their sustainable development.

Keywords: pedestrian street, «sleeping» area, peripheral areas, pedestrian space, comfortable environment.

References

1. Nefedov V. A. How to return the city to people. M. : Iskusstvo-XXI century, 2015. 160 p.
2. Tetior A. N. Sustainable development of the city (2 hours). M. : Committee on telecommunications and mass media of the Moscow Government, 1999. 323 p.
3. Berezovsky E. V., Bessonov A. O., Vaulina A. A., Vershinina I. M., Vinokur E. Ya., Gabdullin R. R., Drobot G. A. Mechanisms of ensuring sustainable development of large cities and their global network (on the example of Moscow): report on the event «Creation and implementation of the innovative educational program «Monitoring and management of global processes in large cities» in the framework of the Moscow Department of UNESCO MSU on global issues». M., 2011.
4. Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities. N-Y. : Random House, 1961. 458 p.
5. Glazychev V. L. Urbanism. M. : Europe, 2008. 220 p.
6. Leluiko Y. V. Street of a large city, as a linear public space // Youth and science: collection of materials of IX all-Russian scientific-technical conference of students, postgraduates and young scientists with international participation, devoted to 385th anniversary of the founding of the city of Krasnoyarsk. Krasnoyarsk, 2013. P. 1–3.
7. Gorokhov V. A. Urban green building. Textbook for universities. M. : Stroyizdat, 1991. 416 p.
8. Barkhin M. G. Architecture and the city. M. : Nauka, 1979. 222 p.
9. Lofland L., Lyn H. The public realm: exploring the city's quintessential social territory. N-Y. : Aldine de Gruyter, 1998. 305 p.
10. Gehl J. Cities for People. Washington : Island Press, 2010. 288 p.
11. Lynch K. Image of the city. M. : Stroizdat, 1982. 328 p.
12. Kiyanenko K. V. Sociology of resistance against segregation architecture // Architecton: Izvestiya VUZov. 2015. № 1. P. 32–49.
13. Krasheninnikov A. V. Socio-spatial structure of pedestrian space // Architecture and modern information technologies. 2012. № 4 (21). P. 1–7.
14. Batalina T. S. Analysis of the features of the formation of public space // Business and design review. 2017. № 1 (5). P. 11.
15. KTU+A Planning and Landscape Architecture. Guidelines for Creating Walkable & Bikeable Communities. San Diego : U.S. Department of Housing and Urban Development, 2016. 270 p.
16. CNU project for transportation reform sustainable street network working group. Sustainable Street Network Principles. Chicago : Congress for the New Urbanism, 2012. 32 p.
17. Lewis J., Schwindeller M. Adaptive streets: strategies for transforming the urban right-of-way. Seattle : Green Futures Research & Design Lab, 2014. 64 p.
18. Yakovleva K. E. Kuznetsova N. B. Problems of the organization of social and communicative points in the current residential development of the city // Tvorchestvo i sovremennost'. № 1 (5). 2018. P. 102–107.
19. Khusnutdinova S. R., Dembich A. A., Zakirova Y. A. Socio-environmental factors in the formation of comfortable environment of the urbanized territories // Geograficheskiy vestnik. 2016. № 4 (39). P. 28–35.

УДК 711.4-163
Закиева Лилия Фаритовна
архитектор
E-mail: zakievalily@gmail.com
ЗАО «Артпроект»
Адрес организации: 420023, Россия, г. Казань, ул. Достоевского, д. 8
Дембич Александр Алексеевич
кандидат архитектуры, доцент
E-mail: grado@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Особенности градостроительного размещения медицинских учреждений в крупногородских агломерациях

Аннотация

Постановка задачи. Сохранение здоровья нации является приоритетным направлением государственной политики. На сегодняшний день данная сфера испытывает глобальные вызовы: процесс демографического старения населения, повышение смертности от опасных заболеваний, снижение эффективности и доступности медицинских услуг. Сложившаяся ситуация указывает на необходимость проведения глобальных изменений, в том числе градостроительных. Целью данной работы является разработка типологической модели градостроительного размещения медицинских учреждений в крупногородских агломерациях.

Результаты. Анализ государственных программ и стратегий развития системы здравоохранения позволил определить актуальные направления в данной сфере. В результате исследования отечественного и зарубежного опыта функционирования объектов здравоохранения сформулирована авторская типологическая модель размещения медицинских учреждений в структуре крупногородских агломераций.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры и градостроительной теории состоит во внедрении дискретно-сетевой модели размещения медицинских учреждений с целью повышения эффективности функционирования объектов здравоохранения региона.

Ключевые слова: система здравоохранения, медицинские учреждения, типологическая модель, агломерация, эффективность, медицинский кластер.

Введение

Здоровье и образование населения отражают уровень социального и экономического благополучия региона. Стратегические документы, такие как: Концепция развития здравоохранения в РФ, Национальный приоритетный проект «Здоровье», Стратегия социально-экономического развития и др. определяют приоритетные направления и вектор развития отрасли.

Аналитики агентства Bloomberg на основании данных Всемирной организации здравоохранения ежегодно составляют рейтинг стран эффективности системы здравоохранения [1]. Согласно данному рейтингу Россия занимает 53 место, что свидетельствует о необходимости проведения глобальных изменений. В исследовании проведен масштабный анализ особенностей организации службы учреждений здравоохранения с целью определения современных тенденций функционирования и размещения медицинских объектов.

Анализ отечественного опыта функционирования медицинских учреждений

Для изучения отечественного опыта функционирования и размещения медицинских учреждений выбраны регионы, в которых активно внедряются Программы развития здравоохранения и проводятся крупномасштабные реформы в данной области:

Пермь, Москва, Казань, Санкт-Петербург. Далее представлены основные положения, полученные в результате исследования.

Проанализированы особенности организации медицинского обслуживания в Казанской агломерации (рис. 1). Здесь активно происходит процесс оптимизации системы здравоохранения. Проведена реорганизация государственных специализированных медицинских учреждений: сокращены неэффективно работающие учреждения и объединены в единые структуру маломощные учреждения здравоохранения. Согласно Программе развития системы здравоохранения в РТ, планируется создание крупных клинико-диагностических центров в микрорайонах крупных городов, в том числе оказывающих первичную медико-санитарную помощь на межмуниципальном уровне. На территории города создаются центры и отделения общей врачебной практики, педиатрические кабинеты в жилых микрорайонах (Дорожная карта «Изменения в отраслях социальной сферы, направленные на повышение эффективности здравоохранения в РТ).

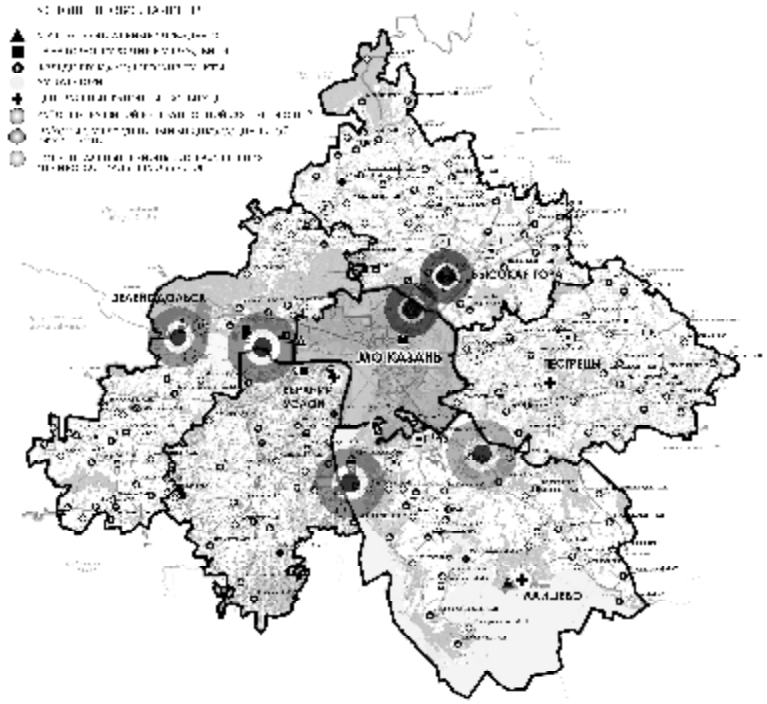


Рис. 1. Анализ размещения медицинских учреждений в Казанской агломерации (иллюстрация автора)

В Москве и Санкт-Петербурге активно внедряется трехуровневая система оказания медицинской помощи. Реформа здравоохранения в Москве осуществляется с 2011 года: происходит процесс объединения амбулаторно-поликлинических учреждений, внедрен пилотный проект частных медицинских учреждений «Доктор рядом» (Государственная программа развитие здравоохранения города Москвы на период с 2012 по 2020 годы). Прослеживается тенденция отказа от территориально-участкового принципа оказания медицинской помощи в первичном звене: пациентам предоставляется право выбора. Наблюдается реструктуризация сети многопрофильных больниц в результате укрупнения и слияния маломощных медицинских учреждений. Для Москвы характерна многофункциональность больниц: объединяются клиники, поликлиники, образовательные учреждения, научно-исследовательские центры. В Москве наблюдается кластерный подход организации учреждений здравоохранения: сформирован первый Международный медицинский кластер на территории инновационного района Сколково, направленный на оказание медицинской помощи, повышение качества медицинских услуг, функционирующий с целью содействия внедрения и разработок лекарственных препаратов и медицинских технологий. Кластерная политика в РФ находит поддержку со стороны государства: например, внедрена программа поддержки инновационных

кластеров, направленная на усиление кооперационных связей между предприятиями, научными и образовательными организациями [2].

Проанализирована система организации медицинского обслуживания в Пермском крае. Для повышения доступности и качества медицинской помощи здесь также сформирована трехуровневая система оказания медицинской помощи. Разработана генеральная схема развития объектов здравоохранения с учетом территориального планирования. Организована и обеспечена маршрутизация пациентов по основным медицинским профилям в результате создания 11 межмуниципальных центров (Государственная программа Пермского края «Развитие здравоохранения»).

С целью выявления особенностей размещения медицинских учреждений в исследовании разработаны тепловые карты – изображения, которые графически, при помощи цвета, отображают индивидуальные данные объекта. Для получения данных изображений были обозначены на карте все медицинские учреждения исследуемого региона в геоинформационной программе Quantum GIS. Далее сделали запрос, который вывел все необходимые тепловые карты.

Анализ зарубежного опыта функционирования медицинских учреждений

Для анализа зарубежной практики были выбраны страны, которые возглавляют список стран с наиболее развитой системой здравоохранения.

В Великобритании развита система первичной медико-санитарной помощи, которая оказывается врачами общей практики [3]. В качестве пилотного проекта в Великобритании внедряются медицинские центры, в которых проводятся только телефонные консультации без личного посещения или принимает только медсестра. Система стационарного лечения представляет собой иерархическую структуру, состоящую из трех уровней: городские больницы, районные больницы общего профиля, больницы третьего уровня, которые в дополнение к вторичной помощи оказывают высокоспециализированные услуги.

В Нидерландах основным звеном в системе первичной помощи являются семейные врачи. Больницы разделяются на три типа: больницы, служащие учебной базой – университетские клиники, больницы общего профиля, специализированные больницы. Рост пропускной способности больниц достигается за счет слияния или расширения имеющихся лечебных учреждений. В Роттердаме создан крупнейший в мире медицинский кластер. Развитие медицинского кластера в Роттердаме является одним из основных направлений пространственно-экономической политики муниципалитета

Особый интерес представляет система организации медицинской помощи в Гонконге. В зависимости от территориального размещения медицинские учреждения сгруппированы в 7 больничных кластеров, которые предоставляют непрерывную иерархичную медицинскую помощь.

Оказание медицинской помощи в Дании производится на базе ее трех составных элементов: частнопрактикующие врачи, больницы, которые находятся в ведении областей и финансируются из областных бюджетов; муниципальные службы здравоохранения. Особенностью датской системы здравоохранения является тот факт, что там не действует территориально-участковый принцип оказания медицинской помощи: пациенты не прикреплены к стационарам, они имеют право пройти лечение в любой датской больнице одного уровня специализации. Кроме того, введено так называемое право расширенного выбора: если срок ожидания плановой медицинской помощи превышал два месяца, то пациент получает право расширенного выбора лечебного учреждения, в том числе из ряда частных и зарубежных клиник.

В результате исследования выявлены тенденции организации медицинского обслуживания в отечественной и зарубежной практике. Так, для учреждений первичного звена (амбулаторно-поликлинические учреждения, профилактические учреждения, консультативно-диагностические центры) характерно сетевое размещение. Основная их цель – охватить территорию города и обеспечить население доступной первичной медицинской помощью. Необходимо отметить, что расширяется спектр данных учреждений: появляются центры здоровья, кабинеты врачей общей практики, семейные врачи. Большинство регионов

уходят от участкового принципа оказания данной медицинской помощи: населению предоставляется право выбора учреждения и специалиста.

В стационарных медицинских учреждениях прослеживается тенденция к укрупнению и объединению учреждений здравоохранения. Маломощные районные, городские больницы и многопрофильные больницы с недостаточно эффективно работающим коечным фондом присоединяют к ведущим стационарам и создают многопрофильные лечебные комплексы. В зарубежной практике широкое распространение получили университетские клиники – медицинские учреждения, которые входят в состав медицинских ВУЗов и являются центрами инновационных разработок и высоких технологий. Также прослеживается тенденция концентрации всех типов медицинских учреждений на локальной территории, в результате чего формируются медицинские кластеры.

Анализ тепловых карт, разработанных в исследовании, позволил прийти к выводу, что в отечественной практике наблюдается один «очаг концентрации» медицинских учреждений, преимущественно в центральной и срединной зоне города. Для зарубежных стран характерно формирование нескольких «очагов концентрации» и рассредоточение медицинских учреждений по территории всего города. Таким образом, для отечественной практики характерно моноцентричное размещение медицинских учреждений, а для зарубежной практики – полицентричное размещение объектов здравоохранения.

Авторская модель пространственного размещения медицинских учреждений

В результате исследования отечественного и зарубежного опыта разработана типологическая модель градостроительного размещения медицинских учреждений в крупногородских агломерациях, которая получила название «дискретно-сетевая модель». Формирование дискретно-сетевой модели основывается на принципе территориально-ступенчатого размещения учреждений здравоохранения и предполагает внедрение территориальных сетевых медицинских учреждений (далее ТСМУ), локальных медицинских образований (далее ЛМО) и территориальных медицинских кластеров (рис. 2).

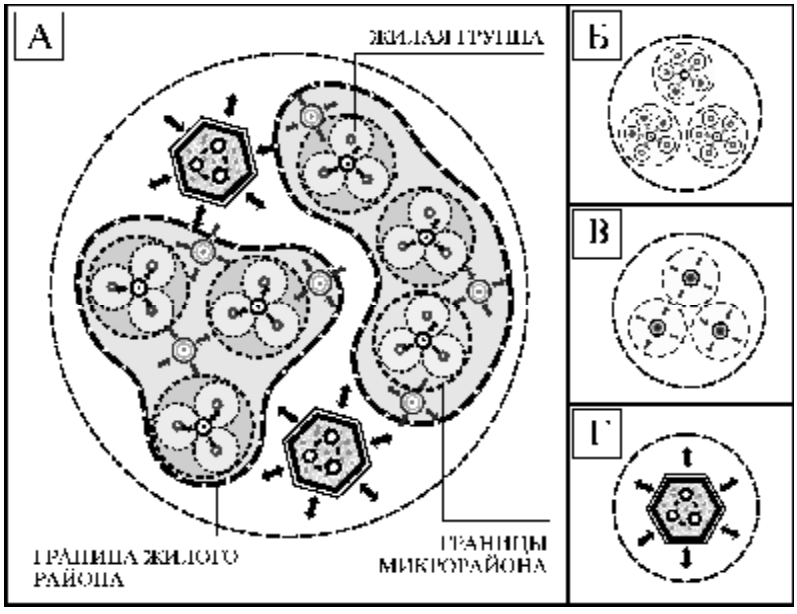


Рис. 2. Модель-гипотеза пространственного размещения медицинских учреждений:
а) Дискретно-сетевая модель размещения медицинских учреждений
в крупногородских агломерациях; б) Модель территориально-сетевых медицинских учреждений;
в) Модель локальных медицинских образований;
г) Модель медицинского кластера (иллюстрация автора)

ТСМУ – это объекты здравоохранения, рассредоточенные по территории города в пешеходной доступности от жилья, оказывающие первичную медико-санитарную и консультативно-диагностическую помощь. К ТСМУ относятся взрослые и детские поликлиники, центры здоровья, консультативно-диагностические центры, профилактические учреждения. Мощность ТСМУ определяется количеством посещений в смену и нормируется в среднем показателем 300 посещений в смену. Типологическая модель ТСМУ основывается на принципе пешеходной доступности.

ЛМО – многопрофильные стационары, которые функционируют в каждом медико-санитарном районе и оказывают многопрофильную госпитальную помощь населению. ЛМО характеризуются своей многофункциональностью, так как оказывают профилактическую, диагностическую, госпитальную, восстановительную и реабилитационную помощь. Данный тип объектов здравоохранения размещается на отдельном земельном участке, площадью от 1 до 5 га. В зависимости от площади земельного участка определяется структура и планировочная организация больницы. Коечная мощность ЛМО – 300-1000 коек. Как показал зарубежный опыт, для наиболее эффективного функционирования стационаров, в составе больницы требуется наличие медицинского ВУЗа и научно-исследовательского центра. Особенностью ЛМО является необходимость обеспечения беспрепятственного доступа на личном и общественном транспорте, поэтому ЛМО характеризуются примыканием к крупным транспортным магистралям.

Типологическая модель ЛМО имеет сложную планировочную структуру, состоит из множества блоков (медицинских, образовательных, научных, транспортных и т.д.), которые образуют единый градостроительный комплекс. Состав участников ЛМО демонстрирует многофункциональность учреждения.

Медицинские кластеры – система учреждений здравоохранения, расположенных вокруг медицинского вуза или многопрофильной больницы, оказывающие широкий спектр высокотехнологичных медицинских услуг, функционирующие с целью формирования междисциплинарной высококвалифицированной экосистемы [4], в которой происходит трансфер знаний, опыта, технологий, совершаются прорывные разработки и открытия в сфере здравоохранения. Политика кластеризации объектов благоприятно сказывается не только на потребителях, но и поддерживается врачами, учеными, преподавателями, исследователями, входящих в состав кластера. Отмечается, что междисциплинарное сотрудничество способствует повышению эффективности, распространению знаний и формированию новых партнерских межрегиональных и международных отношений [5]. Многие исследователи отмечают, что кластерный подход организации учреждений способствует внедрению инноваций. Концентрация ресурсов на локальной территории является предпосылкой формирования кластеров, так как «только при определенной концентрации и комбинации различных ресурсов возникает инновация» [6].

Особенностью медицинских кластеров является их широкая специализация и особая разветвленная структура [7]. Существует несколько классификаций медицинских кластеров. Согласно Банину А.С. существуют кластеры медицинских услуг, лекарственного обеспечения, биотехнологий и инноваций в медицине [8]. Наибольший интерес для данного исследования представляет классификация биомедицинских кластеров, предложенная Югай М.Т.:

- глобальные кластеры высокотехнологичной биомедицины;
- кластеры международных биомедицинских исследований и внедрений;
- кластеры международного медицинского туризма [9].

Каждый вид кластера отличается ведущей специализацией, масштабом, но объединяет их междисциплинарность, производство ценного продукта, функционирование с целью предоставления услуг потребителю [10].

Типологическая модель медицинского кластера представляет собой сложную структуру. Основная цель функционирования медицинского кластера – обеспечение выполнения и внедрения полного цикла медицинской помощи. Кроме того, крупные объекты кластера будут стимулировать развитию стартапов и содействовать появлению новых проектов и исследований [11]. Устойчивые связи, сформированные внутри

кластера (локальные, междисциплинарные, международные), позволяют развивать внутрикластерную кооперацию и конкуренцию, что способствуют повышению эффективности системы здравоохранения региона в целом.

Заключение

Внедрение дискретно-сетевой модели размещения медицинских учреждений позволит повысить доступность и эффективность функционирования объектов здравоохранения. Развитая сеть территориальных сетевых медицинских учреждений будет способствовать повышению показателя обращаемости населения за первичной помощью, что позволит диагностировать и лечить заболевания на ранних стадиях. Локальные медицинские образования, характеризующиеся многофункциональностью, будут направлены на оказание неотложной, многопрофильной и узкоспециализированной стационарной помощи, а также внедрение науки и инноваций в медицинскую практику. Медицинские кластеры позволят повысить конкурентоспособность региона в сфере здравоохранения в результате формирования междисциплинарной экосистемы высококвалифицированных специалистов, сконцентрированных на локальной территории и функционирующих на стыке наук с целью трансфера знаний, опыта, совершения прорывных открытий в медицине.

Список библиографических ссылок

1. Reverse Engineering the Bloomberg U.S. Health Care Index // BLOOMBERG.COM : ежедн. интернет-изд. 2018. URL : https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-09-27/reverse-engineering-the-bloomberg-u-s-health-care-index (дата обращения: 02.04.2019).
2. Абашкин В. Л., Артемов С. В., Исланкина Е. А. Кластерная политика: достижение глобальной конкурентоспособности. М. : НИУ ВШЭ, 2017. 324 с.
3. Омельяновский В. В., Максимова Л. В., Татаринов А. П. Зарубежный опыт: модели финансирования и организации систем здравоохранения // Финансовый журнал. 2014. № 3. С. 22–34.
4. Finegold D., Wong P., Cheah Ts. Adapting a foreign direct investment strategy to the knowledge economy: the case of Singapore's emerging biotechnology cluster // European Planning Studies. 2004. № 7. P. 921–941.
5. Alberti F. G., Giusti J. D., Pizzurno E. Competitiveness policies for medical tourism clusters: government initiatives in Thailand // International Journal of Economic Policy in Emerging Economies. 2014. № 7 (3). P. 281–309.
6. Набиуллина К. Р. Актуальность внедрения управленческих инноваций при реализации градостроительной деятельности в муниципальных образованиях // Общество: политика, экономика, право. 2017. № 9. С. 31–34.
7. Захарова Е. Н., Ковалева И. П. Формирование медицинского кластера как направление интеграционного взаимодействия субъектов региональной медицинской сферы // Вестник Адыгейского государственного университета. 2013. № 4. С. 216–222.
8. Банин А. С. О формировании кластеров в системе здравоохранения региона // Управление общественными и экономическими системами. 2007. № 1. С. 1–11.
9. Исланкина Е. А., Куценко Е. С., Филина Ф. Н. Биомедицинские кластеры в мире: факторы успеха и истории лучших. М. : НИУ ВШЭ, 2019. 160 с.
10. Sohn J., Seo S. T., Lee S. Medical device industry and the medical cluster in Daegu // 15th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS). 2015. P. 1529–1531.
11. Serwatka A. Accelerators for startups in Europe // Copernican Journal of Finance & Accounting. 2018. № 7 (1). P. 67–81.

Zakieva Liliya Faritovna
architect
E-mail: zakievalily@gmail.com
CJSC «Artproekt»
The organization address: 420020, Russia, Kazan, Dostoevskogo st., 8
Dembich Aleksandr Alekseevich
candidate of architecture, associate professor
E-mail: grado@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Special aspects of the distribution of healthcare facilities in large metropolitan areas

Abstract

Problem statement. The preservation of the nation's health is a priority area of the public policy. Nowadays, this area undergoes global challenges. They are population ageing, rise in mortality caused by dangerous diseases, decline in efficiency and availability of healthcare services. The current situation points out the necessity of making global changes, including changes in the area of urban planning. The goal of this paper is to develop a typological model of the spatial distribution of healthcare facilities in large metropolitan areas.

Results. The analysis of government programs and the development strategies of the healthcare system let us define the present-day trends in our area of research. As a result of the analysis of the home and foreign practices of operation of healthcare facilities, a typological model of the spatial distribution of healthcare facilities in large metropolitan areas was developed.

Conclusion. In order to increase the efficiency of operation of healthcare facilities, it is necessary to implement the discrete-network model of the distribution of healthcare facilities.

Keywords: health care system, medical institutions, typological model, agglomeration, efficiency, medical cluster.

References

1. Reverse Engineering the Bloomberg U.S. Health Care Index // BLOOMBERG.COM : daily. internet-edit. 2018. URL : https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-09-27/reverse-engineering-the-bloomberg-u-s-health-care-index (reference date: 02.04.2019).
2. Abashkin V. L., Artemov S.V., Islankina E. A. The cluster policy: achieving global competitiveness. M. : NRU HSE, 2017. 324 p.
3. Omeljanovskij V. V., Maksimova L. V., Tatarinov A. P. Foreign experience: models of financing and organization of health systems // Finansovyj zhurnal. 2014. № 3. P. 22–34.
4. Finegold D., Wong P., Cheah Ts. Adapting a foreign direct investment strategy to the knowledge economy: the case of Singapore's emerging biotechnology cluster // European Planning Studies. 2004. № 7. P. 921–941.
5. Alberti F. G., Giusti J. D., Pizzurno E. Competitiveness policies for medical tourism clusters: government initiatives in Thailand // International Journal of Economic Policy in Emerging Economies. 2014. № 7 (3). P. 281–309.
6. Nabiullina K. R. The relevance of introducing the management innovations during urban planning in municipalities // Obshchestvo: politika, ekonomika, pravo. 2017. № 9. P. 31–34.
7. Zaharova E. N., Kovaleva I. P. The formation of the medical cluster functioning as thedirection of integrative interaction between the subjects in the regional medical sector // Vestnik Adygeiskogo Gosudarstvennogo Universiteta. 2013. № 4. P. 216–222.
8. Banin A. S. About the formation clusters in the region's health care system management // Upravlenie obshestvennumi i gorodskimi sistemami. 2007. № 1. P. 1–11.
9. Islankina E. A., Kucenko E. S., Filina F. N. Biomedical clusters in the world: success factors and stories of the best. M. : NRU HSE, 2019. 160 p.
10. Sohn J., Seo S. T., Lee S. Medical device industry and the medical cluster in Daegu // 15th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS). 2015. P. 1529–1531.
11. Serwatka A. Accelerators for startups in Europe // Copernican Journal of Finance & Accounting. 2018. № 7 (1). P. 67–81.

УДК 71:697
Латыпов Василь Фаридович
архитектор
E-mail: vasil.latypov@yandex.ru
ООО «Актив-Строй»
Адрес организации: 420108, Россия, г. Казань, ул. Мазита Гафури, д. 50
Сайфутдинова Аделя Мусаяфовна
кандидат технических наук
E-mail: adelyasaif@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Проектирование жилой застройки с учетом требований естественного воздухообмена помещений на примере г. Петропавловск-Камчатский

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – определение оптимальной ориентации зданий при проектировании жилой застройки с учетом требований естественного воздухообмена помещений в условиях климата г. Петропавловск-Камчатский.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в определении оптимальной ориентации секционных жилых зданий с учетом климатических особенностей г. Петропавловск-Камчатский для наилучшего улавливания ветрового напора и, следовательно, повышения качества естественного воздухообмена жилых помещений.

Выводы. Значимость полученных результатов исследования для архитектуры и градостроительства состоит в получении данных о наиболее оптимальной ориентации секционных жилых зданий при проектировании застройки с учетом господствующих ветров в г. Петропавловск-Камчатский для максимального улавливания ветрового напора. Полученные данные позволят наиболее полно учитывать все побудители естественного воздухообмена для повышения качества внутреннего воздуха жилых помещений.

Ключевые слова: городская климатология, направление ветра, давление ветра, жилая застройка, ориентация здания, естественный воздухообмен помещений.

Введение

Качество городской среды напрямую влияет на качество жизни [1]. Для того, чтобы создать качественную застройку необходимо решить ряд задач, среди которых немалое значение имеет и разносторонний учет климатических особенностей города.

Современное жилище не только должно защищать человека от непогоды, но и создавать среду, обеспечивающую хорошее самочувствие, и способствовать повышению работоспособности. Для достижения такой среды необходимы чистый воздух богатый кислородом, комфортная температура, влажность воздуха и отсутствие сквозняков [2-4]. Воздух помещений при эксплуатации загрязняется, и это зависит от многих факторов: качества наружного воздуха, наличия в помещении источников загрязнений. Источниками загрязнения могут являться химические выделения мебели, технологические процессы, строительные и декоративные материалы. Большая концентрация вредных веществ вызывает дискомфорт и плохо сказывается на здоровье человека [5].

Естественный воздухообмен далеко не всегда отвечает санитарно-гигиеническим нормам, требованиям комфортной среды. При расчете не уделяется внимание статистике изменения климатических факторов, особенно это касается потоков ветра, которые оказывают существенное влияние на воздушную среду помещения [6-8]. На данный момент, воздействие ветра учитывается при проектировании аэрации территорий жилой застройки или при необходимости ветрозащиты, но оценка внешнего воздействия ветра на воздухообмен внутри помещений остается без учета. В связи с этим, изучение влияния ветрового напора на внутреннюю среду помещения и его дальнейший учет является весьма актуальной задачей.

Анализ побудителей естественного воздухообмена в жилой застройке

При проектировании вентиляции, на данный момент, опираются на нормативные документы федерального уровня (СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха).

При расчете располагаемого напора существующие нормы учитывают напор только от разности температур (ΔP_t) при температуре наружного воздуха +5°С. Скорость ветра никак не учитывается, из-за изменчивости ветра по направлению и скоростям.

Величина теплового напора (ΔP_t) зависит от разности плотностей наружного ($\rho_н$) и внутреннего ($\rho_в$) воздуха или удельного веса наружного и внутреннего воздуха, и от высоты вытяжки (h). При анализе справочной литературы было выявлено, что наружная температура имеет колебания суточного цикла и годовых циклов. Амплитуда суточных колебаний, для выбранного города Петропавловск-Камчатский, согласно СП «Строительная климатология» годовой ход среднемесячных температур изменяется от -7 °С в январе до +13,2 °С в июле. Анализ хода температуры показал необходимость введения ежемесячных расчетов располагаемого напора по среднемесячным значениям температуры. Расчеты производятся по методологии, описанной в работах Куприянова В.Н. и Сайфутдиновой А.М.

Величина ветрового напора ($\Delta P_υ$) зависит от скорости ветрового потока ($υ$), плотности наружного воздуха ($\rho_н$), и коэффициента (k), учитывающего аэродинамику обтекания здания:

$$\Delta P_υ = k \times \rho_н \times υ^2/2, \text{ Па.} \quad (1)$$

С течением времени ветер меняет свое направление и величину скорости, что вызывает трудности при выборе его расчетных значений скорости, аэродинамического коэффициента, и других определяющих его величин. Для определения ветрового напора проведен более подробный анализ ветрового режима застройки г. Петропавловск-Камчатский. Анализ показал, что зимой преобладающие ветра СЗ направления, а летом ЮВ. В дальнейшем в расчетах используются среднегодовые значения вероятности ветра [9].

При анализе вероятностных характеристик ветрового напора при разных значениях скорости ветра выявлено, что, с повышением скорости, ветровой напор увеличивается, но вероятность повышенных скоростей падает. Суммарный ветровой напор имеет максимальное значение при скорости ветра равной 8,5 м/с. Эта величина скорости и принимается в качестве расчетного значения для г. Петропавловск-Камчатский, что позволяет получить результаты ветрового напора за каждый месяц.

Для получения конечных результатов необходимо подкорректировать данные по углу атаки ветра, учесть аэродинамический коэффициент (k) и поправочный коэффициент ($k_в$), зависящий от типа местности и высоты застройки (СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия).

Для расчетов рассмотрим проектируемую жилую застройку в г. Петропавловск-Камчатский (рис. 1). На рис. 2 представлена рассматриваемая секция жилого дома в более крупном масштабе.

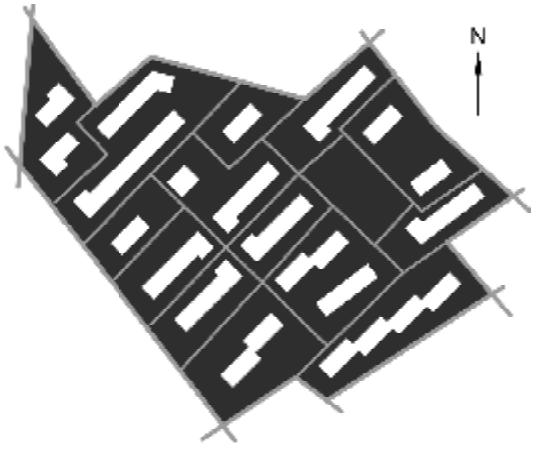


Рис. 1. Первоначальный генплан жилой застройки (иллюстрация авторов)

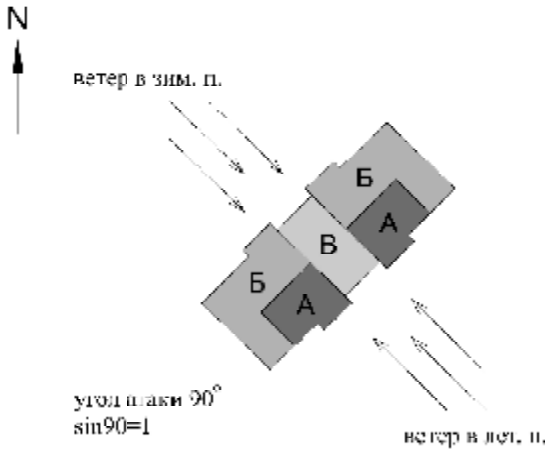


Рис. 2. Ориентация рассматриваемой секции жилого дома
по отношению к господствующим ветрам:
А – однокомнатная квартира; Б – трехкомнатная квартира;
В – лестничная клетка (иллюстрация авторов)

Для текущей застройки, при проверке однокомнатной квартиры, коэффициент k с наветренной стороны принят k=0,8, с заветренной стороны, из-за отрицательного напора, k=-0,5. С учетом угла атаки, формула аэродинамического коэффициента примет вид (2):

$$k_\alpha = k \times 90 \times sin\alpha. \quad (2)$$

Таким образом, формула по вычислению величины ветрового напора для целей воздухообмена жилых зданий массового строительства будет иметь следующий вид (3):

$$\Delta P_\upsilon = k_\alpha \times \rho_н (k_в \times \upsilon)^2/2, \text{ Па}. \quad (3)$$

Расход фактического приточного воздуха рассчитывается по формулам (4)-(5):

$$G = G_n \times (\Delta P/\Delta P_0)^{2/3}, \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{ч}, \quad (4)$$

где G – фактическая воздухопроницаемость при располагаемом напоре ΔP (Па);
G_n – воздухопроницаемость ПВХ окон при ΔP_0=100 Па, G_n = 17 м^3/м^2×ч.

$$L = S \times G, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5)$$

где L – расход приточного воздуха, м^3/ч;
S – площадь окон.

Таким образом, с помощью вышеперечисленных формул получим все требуемые данные для анализа действия ветрового напора с учетом всех влияющих на него факторов: угла атаки, типа местности, этажности; и, соответственно, сумму ветрового и теплового напоров, за каждый отдельный месяц года, что позволит дать оценку реального влияния климатических факторов на воздухообмен в рассматриваемой однокомнатной квартире типовой секции в г. Петропавловск-Камчатский (рис. 3).

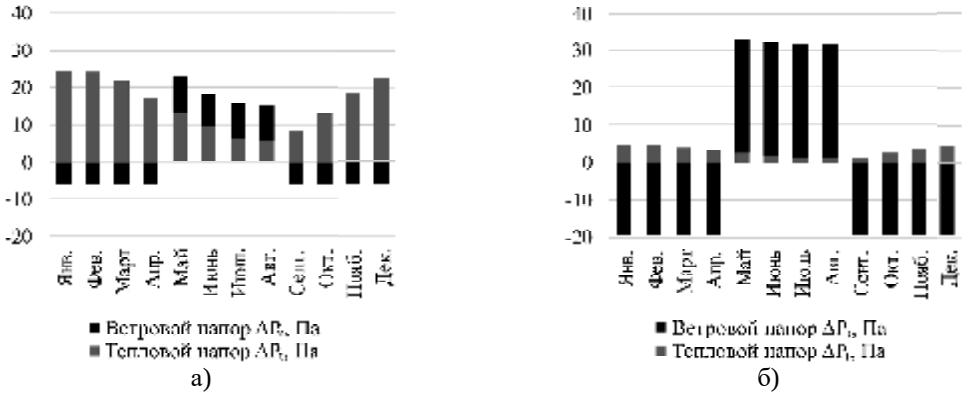


Рис. 3. График распределения теплового и ветрового напоров:
а) для 2 этажа; б) для 7 этажа (иллюстрация авторов)

Анализ результатов, по графику (рис. 3), показывает, что для нижних этажей большую роль играет тепловой напор, но чем выше этаж, тем он становится меньше. Ветровой напор, наоборот, возрастает с повышением этажности. Для верхних этажей ветровой напор на порядок больше, чем тепловой, для данного города из-за прямо противоположенных ветровых потоков в течение года. Значения напора в зимний период имеют отрицательный знак, что создает отток воздуха из квартир. Очевидно, что для повышения количества притока воздуха необходимо изменить ориентацию зданий при проектировании жилой застройки. Для уменьшения оттока необходимо сгладить угол атаки ветровых потоков. Так, можно условно принять угол 10° (рис. 4) и пересчитать результаты.

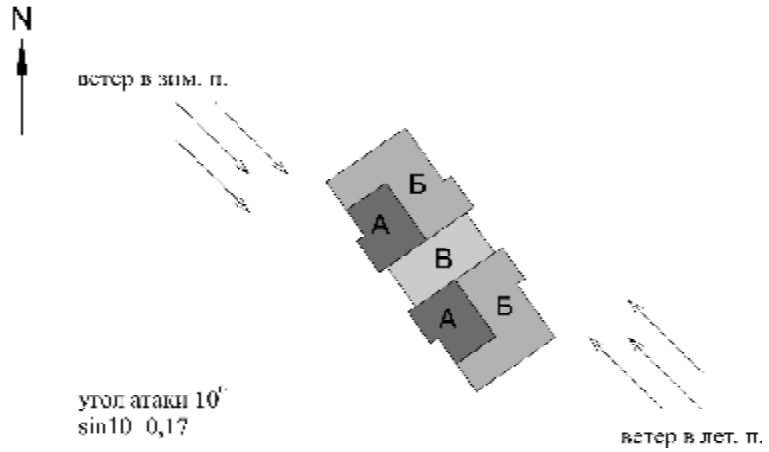
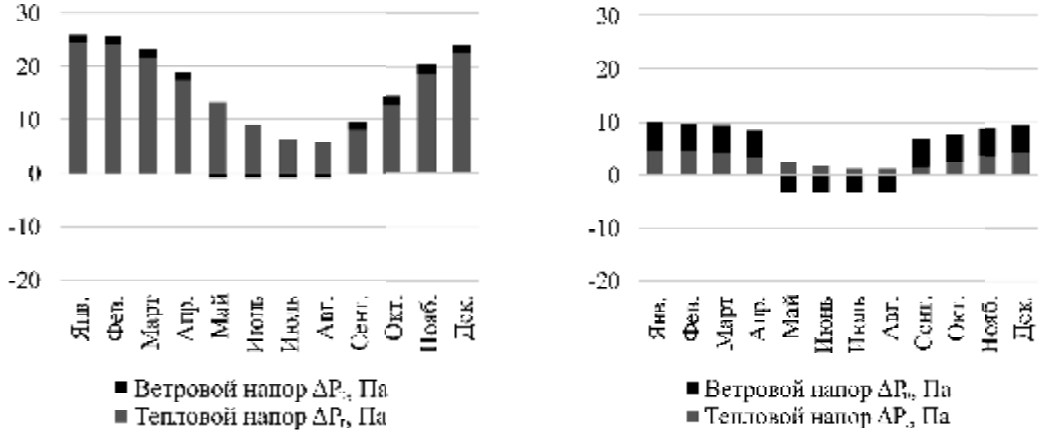


Рис. 4. Ориентация секции жилого дома
по отношению к господствующим ветрам после ее поворота:
А – однокомнатная квартира; Б – трехкомнатная квартира;
В – лестничная клетка (иллюстрация авторов)

По рис. 5, видно, что при изменении ориентации секции дома по отношению к углу атаки ветровых потоков в зимний период времени ветрового напора с отрицательными значениями не осталось. На рис. 6. показан анализ расхода приточного воздуха в верхние этажи квартиры, когда угол атаки ветровых потоков равен 90^0 и 10^0. В первом случае большую часть времени в течении года идет отток воздуха, создаваемый отрицательным напором ветра, во втором случае ситуация улучшилась, расход приточного воздуха (L) принял положительные значения в зимний период.



а) б)

Рис. 5. График распределения теплового и ветрового напоров после поворота секции жилого дома:
а) для 2 этажа; б) для 7 этажа (иллюстрация авторов)

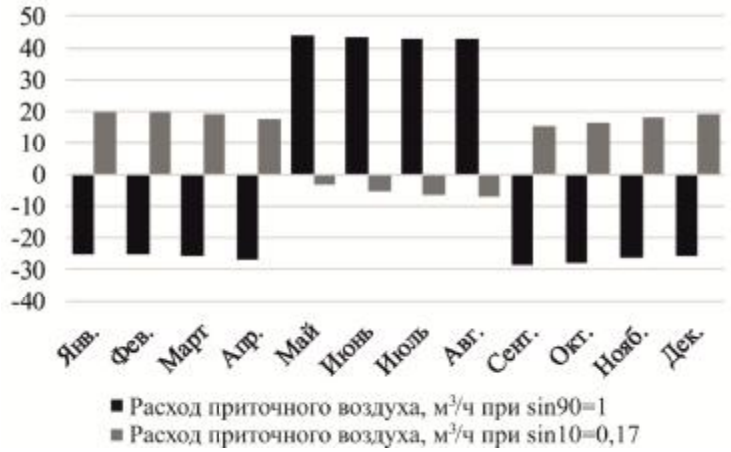


Рис. 6. Расход приточного воздуха для 7 этажа, при разных углах атаки (иллюстрация авторов)

Из этого следует, что изменение ориентации зданий в застройке с учетом требований воздухообмена (рис. 7) не только не ухудшает качества планировочных решений, но и может быть легко воплощено при проектировании жилых микрорайонов.

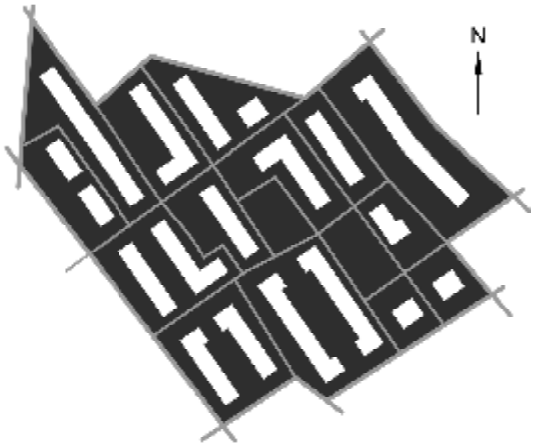


Рис. 7. Генплан, измененный с учетом требований воздухообмена (иллюстрация авторов)

Заключение

В заключение можно отметить, что ориентация жилого здания в проектируемой застройке влияет на естественный воздухообмен помещений. Однако влияние ветрового напора на внутреннюю среду здания следует рассматривать в комплексе с другими задачами, так как выбор расположения здания напрямую зависит еще и от инсоляции помещений. Учет полученных данных при проектировании застройки позволит улучшить качество внутренней среды помещений.

Анализ климатических данных местности и получение фактических значений приточного воздуха с учетом ветровых напоров дают более точное представление об обеспечении санитарных требований к качеству внутреннего воздуха, что позволит устранить недостаточность приточного воздуха, выбирая необходимые дополнительные приточные устройства, которые, в том числе, могут работать от энергии ветра независимо от его направления [10].

Список библиографических ссылок

1. 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.

2. Устинов В. В. Микроклимат и качество воздуха в офисных зданиях // Здания высоких технологий. 2015. № 1. С. 6–13.
3. Иммангулов Р. Р., Хайруллин А. Г., Хафизов Р. Р. Эффективность воздухообмена спортивных сооружений : сб. ст. победителей III Международной научно-практической конференции / ПГУ. Пенза, 2016. С. 97–99.
4. Strøm-Tejsen P., Zukowska D., Wargocki P., Wyon D. P. The effects of bedroom air quality on sleep and next-day performance // Indoor Air. 2016. № 26. P. 679–686.
5. Сайфутдинова А. М., Куприянов В. Н. Особенности естественного воздухообмена жилых помещений // ACADEMIA Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 319–325.
6. Pham Duc Nguyen, Vuong Dao Hoang, Ngo Hoang Ngoc Dung. Enhancing the indoor environment quality of office buildings in coastal cities of Vietnam : сб. мат. XIII Международной научной конференции / ВолгГасу. Волгоград, 2015. С. 271–279.
7. Куприянов В. Н. Климатология и физика архитектурной среды. М. : АСВ, 2016. 194 с.
8. Krzaczek M., Tejchman J., Kumar S. Indoor Air Quality and Thermal Comfort in Naturally Ventilated Low-Energy Residential Houses // Air Quality – Monitoring and Modeling. 2012. № 2. P. 79–116.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 27. Камчатская область. СПб. : Гидрометеоиздат, 2001. 598 с.
10. Кривошеин А. Д. Обеспечение регулируемого притока воздуха в жилых зданиях: проблемы и решения // АВОК. 2018. № 4. С. 32–41.

Latypov Vasil Faridovich
architect
E-mail: vasil.latypov@yandex.ru
LLC «Aktiv-Stroy»
The organization address: 420108, Russia, Kazan, Mazita Gafuri st., 50
Sayfutdinova Adelya Musayafovna
candidate of technical sciences
E-mail: adelyasaif@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Designing of residential buildings taking into account the requirements of natural air exchange of the premises on the example of Petropavlovsk-Kamchatsky

Abstract

Problem statement. The purpose of the article is to determine optimal orientation of buildings for the design of housing estate, taking into account the requirements of natural air exchange of premises in a climate of the city of Petropavlovsk-Kamchatsky.

Results. The main results of the research consist in determining the optimal orientation of sectional residential buildings, taking into account the climate of the city of Petropavlovsk-Kamchatsky, in order to capture the wind pressure and, consequently, improve the quality of the natural air exchange in residential premises. The influence of planning decisions of housing estate on the natural air exchange of premises in a specified climate.

Conclusions. The significance of the research results for urban design and architecture consists in the obtaining data about optimal orientation of sectional residential buildings for designing buildings with regard to the prevailing winds in the city of Petropavlovsk-Kamchatsky for maximum trapping of wind pressure. The obtained data will most fully take into account all driving forces of natural air exchange to improve the quality of indoor air in residential premises.

Keywords: urban climatology, wind direction, wind pressure, housing estate, building orientation, natural air exchange of premises.

References

1. Khusnutdinova S. R., Dembich A. A., Zakirova Yu. A. Socio-ecological factors of the comfortable environment formation in urban areas // Geograficheskiy vestnik. 2016. № 4 (39). P. 28–35.
2. Ustinov V. V. Microclimate and air quality in office buildings // Zdaniya vysokikh tekhnologiy. 2015. № 1. P. 6-13.
3. Immangulov R. R., Khairullin A. G., Hafizov R. R. Efficiency of air exchange of sports facilities : dig. of art. of winners of the III International Scientific and Practical Conference / PSU. Penza, 2016. P. 97–99.
4. Strøm-Tejsen P., Zukowska D., Wargocki P., Wyon D. P. The effects of bedroom air quality on sleep and next-day performance // Indoor Air. 2016. № 26. P. 679–686.
5. Sayfutdinova A. M., Kupriyanov V. N. Features of natural air exchange of living permises // ACADEMIA Arkhitektura i stroitel'stvo. 2009. № 5. P. 319–325.
6. Pham Duc Nguyen, Vuong Dao Hoang, Ngo Hoang Ngoc Dung. Enhancing the indoor environment quality of office buildings in coastal cities of Vietnam : proc. of the XIII International Scientific Conference / VolgGasu. Volgograd, 2015. P. 271–279.
7. Kupriyanov V. N. Climatology and Physics of Architectural Environment. M. : ASV, 2016. 194 p.
8. Krzaczek M., Tejchman J., Kumar S. Indoor Air Quality and Thermal Comfort in Naturally Ventilated Low-Energy Residential Houses // Air Quality – Monitoring and Modeling. 2012. № 2. P. 79–116.
9. Scientific and applied guide to the climate of the USSR. Iss. 27. Kamchatka region. SPb. : Gidrometeoizdat, 2001. 598 p.
10. Krivoshein A. D. Providing regulated air flow in residential buildings: problems and solutions // AVOK. 2018. № 4. P. 32–41.

УДК 69.059.4; 624.078
Лукашенко Виктор Иванович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: vil_06_4444@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Дунаев Даниил Валерьевич
инженер
E-mail: dunaev_daniil1996@mail.ru
ООО «Проектно-коммерческая фирма «Зубр-Сервис»
Адрес организации: 420066, Россия, г. Казань, ул. Восстания, д. 102А
Бикмурзина (Шербан) Александра Васильевна
инженер
E-mail: av.sherban@mail.ru
ООО «Форум»
Адрес организации: 423570, Россия, г. Нижнекамск, пр. Химиков, д. 50а

Исследование сходимости определения ресурса элементов сооружения в условиях моделирования величин случайных параметров резерва прочности

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – определение влияния условий моделирования величин случайных параметров резерва прочности на результаты расчета ресурса, как отдельных элементов стержневых сооружений, так и всей конструкции, при повторных малоцикловых статических нагружениях. Предполагается определение ресурса на стадии проектирования сооружения как числа повторных нагружений до исчерпания резерва прочности при двусторонней толерантной оценке его величины. Учитывая случайные характеристики воздействий с одной стороны и несущей способности элементов с другой стороны, а также наличие только интервальных значений параметров, характеризующих, в конечном счете, определение случайной величины резерва прочности, достоверность результатов может в значительной степени зависеть от моделирования не только распределения усилий в элементах сооружения, но и от моделирования параметров, определяющих предельную несущую способность элементов.

Результаты. Основные результаты состоят в том, что исследование резерва прочности как случайной величины путем построения его номограмм с различными входными данными при моделировании стационарного случайного процесса позволяет анализировать и делать достоверные выводы о сходимости результатов определения ресурса в зависимости от свойств как самой модели, так и от моделирования условий её работы. В качестве отказа для предварительного расчета минимального ресурса элемента и сооружения в целом принимается условие исчерпывания до нуля резерва прочности хотя бы в одном элементе сооружения.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что на начальной стадии проектирования исследование изменения резерва прочности элементов позволяет определять и регулировать минимальный ресурс конструкции с заданной надежностью непоявления отказа хотя бы в одном элементе конструкции при повторных статических нагрузках.

Ключевые слова: стержневые сооружения, моделирование, расчетные схемы, случайные величины, минимальный ресурс, резерв прочности, надежность.

Введение

В работах Лукашенко В.И., Абдуллина Ф.Ф., Ахметзянова Р.И. «Постановка задачи определения ресурса отдельных элементов и всей конструкции при действии случайных ветровых нагрузок», Лукашенко В.И., Шмелева Г.Н., Хайдарова Л.И., Абдуллина Ф.Ф., Зиятдинова Э.К. «Вероятностный расчет ресурса стоек мобильных стержневых сооружений из строительных лесов Layher» изложены постановка и применение метода

определения минимального ресурса сооружения как числа повторных нагружений до отказа хотя бы одного элемента. Исследование случайной величины резерва прочности при множестве случайных факторов проводится в условиях стационарного случайного процесса, то есть считается, что в интервале жизненного цикла сооружения характеристики случайных величин, определяющих воздействия и несущую способность, не изменяются и нормально распределены в заданном интервале значений. Моделируя с заданным уровнем надежности все величины, по соотношениям [1, 2] значения начального резерва прочности получаются с тем же уровнем надежности. Чтобы доказывать сходимость по вероятности, достаточно уметь вычислять $P(|\xi_n - \xi| \geq \varepsilon)$ при больших n. Но для этого нужно знать распределение ξ_n, что не всегда возможно. Можем ли мы, обладая только информацией о распределениях, говорить о какой-либо сходимости последовательности случайных величин $\{\xi_n\}$ к случайной величине ξ? Сходимость «по вероятности», согласно определению, в задачах теории вероятностей, где, как правило, известны не сами случайные величины, а лишь их распределения позволяет решать эти задачи.

Если $E|\xi| \leq \infty$, то для любого $x \geq 0$:

$$P(|x| \geq x) \leq \frac{E|x|}{x}.$$

Это часто называют неравенством Чебышёва, хотя в такой форме оно появилось впервые, видимо, в работах Маркова. Бьенеме и Чебышёв, независимо друг от друга, прямыми методами доказали неравенство:

$$P(|x - Ex| \geq x) \leq \frac{Dx}{x^2}.$$

Его можно получить как следствие неравенства Маркова для любого $x \geq 0$, Если $E\xi^2 \leq \infty$. В качестве следствия получается так называемое «правило трёх сигм», которое означает, что вероятность случайной величины отличаться от своего математического ожидания более чем на три корня из дисперсии, мала. Разумеется, для каждого распределения величина этой вероятности своя: для нормального распределения, например, 0,0027. Мы получим верную для всех распределений с конечной дисперсией оценку сверху для вероятности случайной величине отличаться от своего математического ожидания более чем на три корня из дисперсии.

В работах Хайдарова Л.И., Шмелева Г.Н., Зиятдинова Э.К. «Построение расчетных схем мобильных пространственных стержневых конструкций, моделирующих их действительную работу» и других [3-10] применяются различные подходы к исследованию прочности и надежности сооружений при неполной статистической информации. В данной работе резерв прочности как случайная величина, принимается распределенным но нормальному закону, что следует из моделирования определяющих значение случайных величин напряженного состояния и несущей способности элементов по нормальному закону.

Исследуемая статически определимая система

Исследуется многопролетная составная балка. Расчетная схема статически определимой системы показана на (рис. 1.).

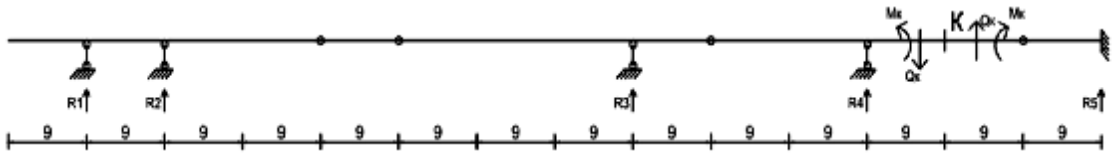


Рис. 1. Исследуемая статически определимая система (иллюстрация авторов)

Исходные данные: а=9 м.

Нагрузки подвижные (временные).

Случай 1: q +P1 (А-8 q_{min} = 8 кН/м, А-11 q_{max} = 11 кН/м, P_1 = 110 кН, в 1=1,5 м).

Случай 2: НК – 800 кН тяжелая техника (4×200 кН с шагом в 2= 1,2 м).

Случай 3: НК – 600 кН гусеничная техника (600 кН на длине в 3=5 м).

Нагрузки неподвижные (постоянные).

Собственный вес (покрытие, конструкция и оборудование):

$q_{пост}$ (от 55кН/м до 65кН/м).

Предполагается определение ресурса на стадии проектирования сооружения как числа повторных нагружений до исчерпания резерва прочности при двусторонней толерантной оценке его величины, учитывая случайные характеристики воздействий с одной стороны и несущей способности элементов с другой стороны, а также наличие только интервальных значений параметров.

Принятие в качестве «отказа» каждого элемента исчерпание его резерва прочности и исследование конечного числа таких элементов в условиях широкого спектра нагрузок позволяет определить минимальный ресурс сооружения как момент отказа одного из наиболее нагруженных элементов. Построение номограмм резерва прочности с различными входными данными при моделировании стационарного случайного процесса позволит анализировать достоверность и делать выводы о сходимости результатов.

Отказы вызваны влиянием случайных факторов, поэтому они носят случайный характер. За показатель (меру) надежности системы может быть принята вероятность – P безотказной работы в течение всего срока службы – N.

При заданном уровне надежности (0,99) в качестве отказа берем условие непоявления текучести в арматуре и трещин в бетоне.

Величины, которые мы исследуем, известны только интервально, поэтому влияние значений их интервальных оценок на поведение системы является объектом исследования.

Для сохранения уровня надёжности при повторных нагружениях мы должны увеличивать расчетные значения нагрузки за счет увеличения характеристик безопасности $\beta(N)$ (табл. 1), полагая $\Phi(\beta) = P - 0{,}5 = 0{,}5 - 0{,}01/N$, по таблицам функции Лапласа:

Таблица 1

Характеристика безопасности для данного числа повторений

N	1	10	100	1000	10000	100000
Φ(β)	0,49	0,499	0,4999	0,5	0,5	0,5
β(N)	2,326	3,09	3,719	4,265	4,753	5,199
lq(N)	0	1	2	3	4	5

Тогда $M_{k\max}(N) = \overline{M}_k + b(N)s_{Mk}/\sqrt{n}$, $Q_{k\max}(N) = \overline{Q}_k + b(N)s_{Qk}/\sqrt{n}$, здесь n – число случайных величин при моделировании их в заданных интервалах. При этом резерв прочности снижается, так как несущая способность элемента сохраняется. Эти условия верны для статически определимой системы и действуют до того, как резерв прочности этого элемента не достигнет нуля. Если число таких элементов увеличивается, то вероятность отказа всего сооружения увеличивается в статически определимой системе. В статически неопределимой системе это неверно, но мы принимаем в качестве отказа появление такого результата хотя бы в одном из элементов.

Причины исследования

Конструктивные особенности системы и распределение прочности очень существенно влияют на изменчивость случайных величин, характеризующих, в конечном счете, скорость исчерпания резерва прочности.

Задача связана с моделированием, как самой конструкции, так и с моделированием её НДС. Гарантия надежности моделирования обеспечивается точностью формул, которые применяются в расчетах статически определимых систем.

Порядок исследования:

1. Используя нормальный закон распределения, смоделировать случайные величины в Excel-таблицах для всех заданных нагрузок (постоянных и временных) в заданных пределах их изменения. (Может быть смоделировано в расчетном программном комплексе Lira САПР, SCAD Office и т. д.);

2. Определили для всех расчетных случаев максимальные и минимальные значения M, Q и характеристики изменчивости их как случайных величин, смоделировав нормальное распределение с точностью, адекватной моделированию нагрузок.

3. Нашли интервальную оценку нагруженности (математические ожидания M и Q в заданном сечении), предельное значение несущей способности (математические ожидания $M_{пр.}$ и $Q_{пр.}$ в заданном сечении) и значение начального резерва прочности (математические ожидания $\overline{S}_{Mk}=M_{пр}-M$, и $\overline{S}_{Qk}=Q_{пр}-Q$ в заданном сечении).

По методике [1, 2] получили результаты, как ведут себя элементы конструкции и как меняется резерв $\overline{S}_{Mk}(lgN)$ и $\overline{S}_{Qk}(lgN)$.

Методика дает минимальный возможный ресурс, то есть число повторений, за которое появляется хотя бы один возможный отказ $\overline{S}_{Mk}(lgN)=0$ или $\overline{S}_{Qk}(lgN)=0$.

Изменение параметров случайных величин

Исследуем влияние нагруженности на резерв статически определимой системы.

Случай 1 Изменение величины нагрузки:

• Начальный вариант $q_{пост}$ (от 55 кН/м до 65 кН/м).

• Увеличим постоянную нагрузку $q_{пост}$ примерно на 30 % (от 75 кН/м до 85 кН/м).

• Уменьшим постоянную нагрузку $q_{пост}$ примерно на 30 % (от 40 кН/м до 50 кН/м).

Случай 2 Изменение диапазона нагрузки:

• Начальный вариант $q_{пост}$ (от 55 кН/м до 65 кН/м).

• Увеличим диапазон постоянной нагрузки $q_{пост}$ в 2 раза (от 50 кН/м до 70 кН/м).

• Уменьшим диапазон постоянной нагрузки $q_{пост}$ в 2 раза (от 57,5 кН/м до 62,5 кН/м).

Для каждого варианта случаев 1 и 2 повторяем процедуру исследования, начиная с пункта 1. Предполагая, что в сооружении ns (от 1 до 25) опасных сечений с одинаковой вероятностью отказа, строим по результатам (табл. 2) номограммы, позволяющие оценить при повторениях нагружений изменение скорости исчерпания резерва прочности.

Таблица 2

Построение номограммы относительного резерва прочности
Случай 1. Изменение величины нагрузки

Построение номограммы резерва прочности (нач. вар.)						
lq(N)	0	1	2	3	4	5
SMk(N), ns=1 **1**	1,00	0,60	0,52	0,45	0,39	0,33
SMk(N), ns=25 **2**	1,00	0,17	0,09	0,02	-0,05	-0,11
SQk(N), ns=1 **1***	1,00	-0,02	-0,23	-0,41	-0,57	-0,72
SQk(N), ns=25 **2***	1,00	-1,13	-1,34	-1,52	-1,68	-1,83
Построение номограммы резерва прочности (-30 %)						
lq(N)	0	1	2	3	4	5
SMk(N), ns=1 **3**	1,00	0,75	0,69	0,65	0,61	0,57
SMk(N), ns=25 **4**	1,00	0,47	0,42	0,37	0,33	0,29
SQk(N), ns=1 **3***	1,00	-0,70	-1,04	-1,34	-1,61	-1,86
SQk(N), ns=25 **4***	1,00	-2,54	-2,89	-3,19	-3,46	-3,70
Построение номограммы резерва прочности (+30 %)						
lq(N)	0	1	2	3	4	5
SMk(N), ns=1 **5**	1,00	-0,004	-0,21	-0,39	-0,54	-0,69
SMk(N), ns=25 **6**	1,00	-1,09	-1,30	-1,47	-1,63	-1,78
SQk(N), ns=1 **5***	1,00	0,07	-0,12	-0,29	-0,44	-0,57
SQk(N), ns=25 **6***	1,00	-0,95	-1,14	-1,30	-1,45	-1,58

Зная соотношения параметров случайных величин, мы можем за счет изменения параметров несущей способности или параметров конструкции, изменчивости, диапазонов и среднего значения (математического ожидания) добиваться того, что ресурс будет в назначенное время с заданной надежности больше. Ресурс у нас – число повторных нагружений, которое выдерживает конструкция. Мы исследуем не абсолютное число, а относительное, чтобы знать какие характеристики на что влияют.

Разница между границами одноименных графиков в номограмме резерва прочности характеризует, как влияет на него распределение прочности конструкции и как влияет распределение нагрузок.

С надежностью 0,99 резерв сохраняется, пока он не станет равен нулю. Если условие не соблюдается, то либо нарушены интервалы нагрузок, либо интервалы реальных значений материалов.

Исходя из данных приведенных в табл. 2 строим номограммы SMk(N) и SQk(N) для наглядного отображения влияния от варьирования величины нагрузки (рис. 2-3).

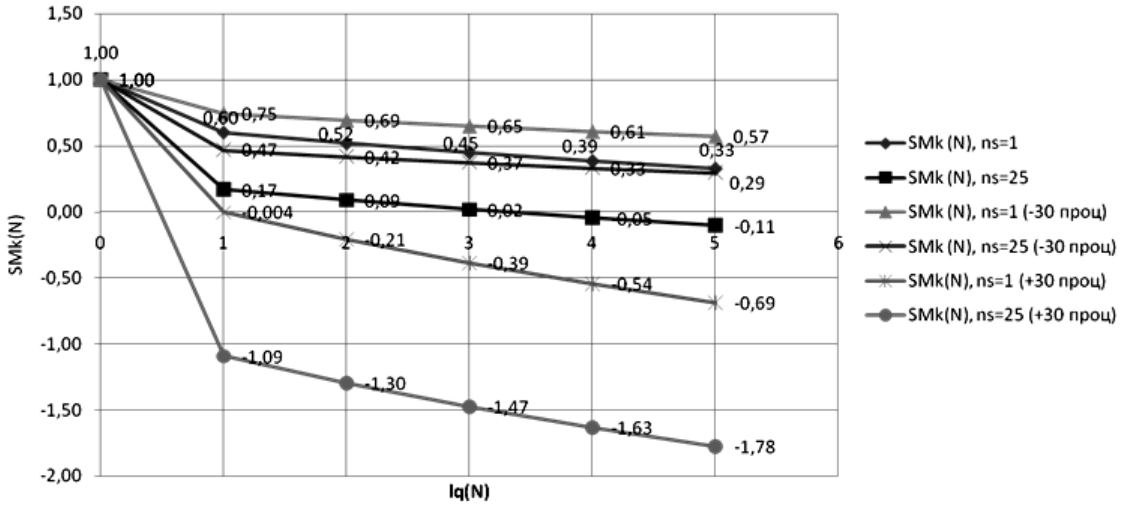


Рис. 2. Номограмма относительного резерва прочности SMk(N) для Случая 1 (иллюстрация авторов)

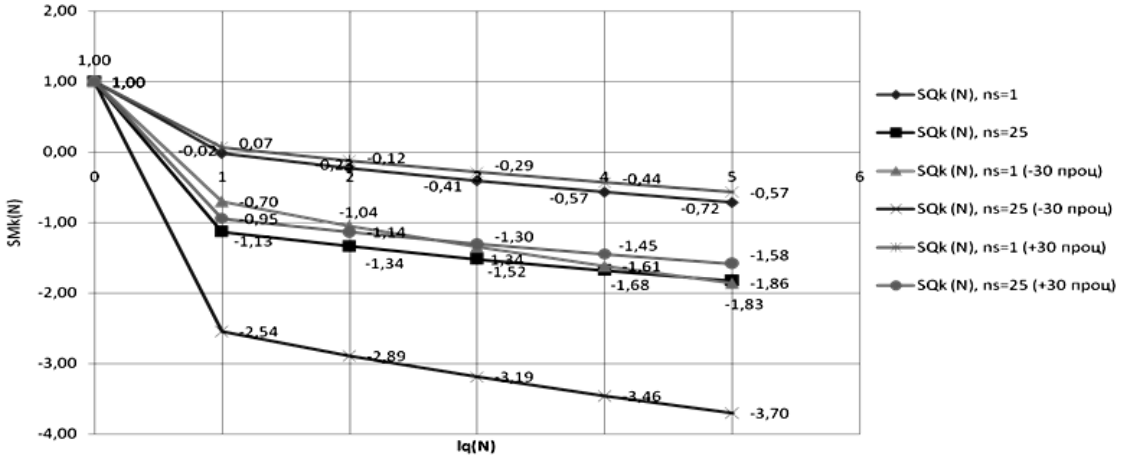


Рис. 3. Номограмма относительного резерва прочности SQk(N) для Случая 1 (иллюстрация авторов)

Случай 1. Сравниваем относительные разбросы 1 и 25 сечений. Номограмма относительного резерва по М. Начальный вариант: 0,44; Нагрузка, увеличенная (+30 %): 1,09; Нагрузка, уменьшенная (-30 %): 0,28.

Номограмма относительного резерва по Q. Начальный вариант: 1,11; Нагрузка, увеличенная (+30 %): 1,01; Нагрузка, уменьшенная (-30 %): 1,84.

Системы с одинаковой степенью статической неопределимости, при одинаковом числе возможных нагруженных элементов ведут себя по-разному. Хорошо спроектированные имеют малую скорость изменения резерва, плохо – большую скорость изменения резерва.

Чем больше относительное значение резерва, тем больше изменение скорости исчерпания резерва прочности.

Таблица 3

Построение номограммы относительного резерва прочности
Случай 2. Изменение диапазона нагрузки

Построение номограммы резерва прочности (нач. вар.)						
lq(N)	0	1	2	3	4	5
SMk(N), ns=1 1	1,00	0,60	0,52	0,45	0,39	0,33
SMk(N), ns=25 2	1,00	0,17	0,09	0,02	-0,05	-0,11
SQk(N), ns=1 1*	1,00	-0,02	-0,23	-0,41	-0,57	-0,72
SQk(N), ns=25 2*	1,00	-1,13	-1,34	-1,52	-1,68	-1,83
Построение номограммы резерва прочности (диапазон в 2 раза больше)						
lq(N)	0	1	2	3	4	5
SMk(N), ns=1 3	1,00	0,45	0,35	0,27	0,19	0,12
SMk(N), ns=25 4	1,00	-0,07	-0,17	-0,26	-0,34	-0,41
SQk(N), ns=1 3*	1,00	0,14	-0,11	-0,34	-0,53	-0,71
SQk(N), ns=25 4*	1,00	-1,22	-1,47	-1,70	-1,89	-2,07
lq(N)	0	1	2	3	4	5
Построение номограммы резерва прочности (диапазон в 2 раза меньше)						
lq(N)	0	1	2	3	4	5
SMk(N), ns=1 5	1,00	0,66	0,58	0,52	0,46	0,40
SMk(N), ns=25 6	1,00	0,25	0,17	0,10	0,04	-0,01
SQk(N), ns=1 5*	1,00	-0,20	-0,41	-0,60	-0,77	-0,92
SQk(N), ns=25 6*	1,00	-1,34	-1,56	-1,74	-1,91	-2,06

Исходя из данных приведенных в табл. 3 строим номограммы SMk(N) и SQk(N) для наглядного отображения влияния от варьирования диапазонов нагрузки (рис. 4-5).

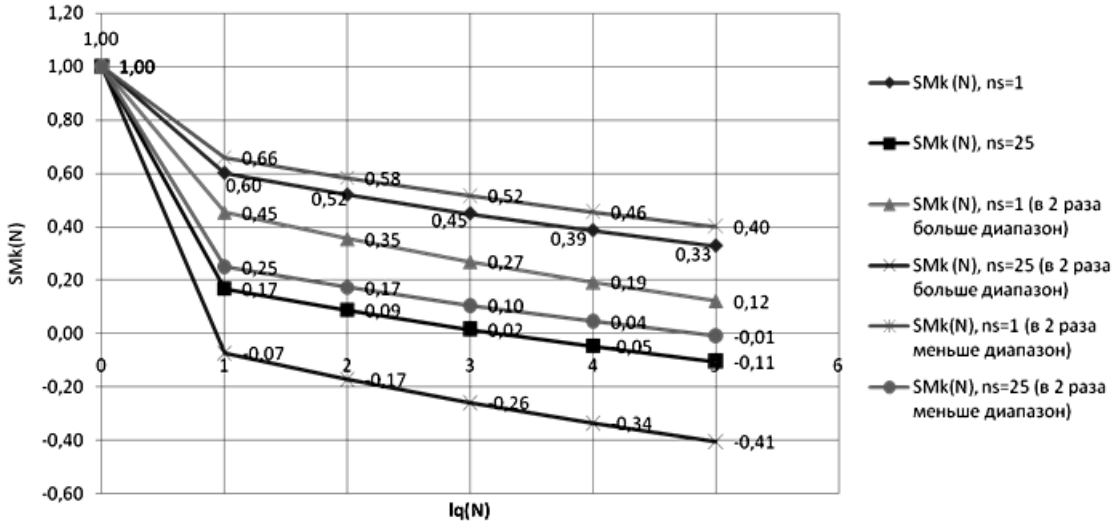


Рис. 4. Номограмма относительного резерва прочности SMk(N) для Случая 2 (иллюстрация авторов)

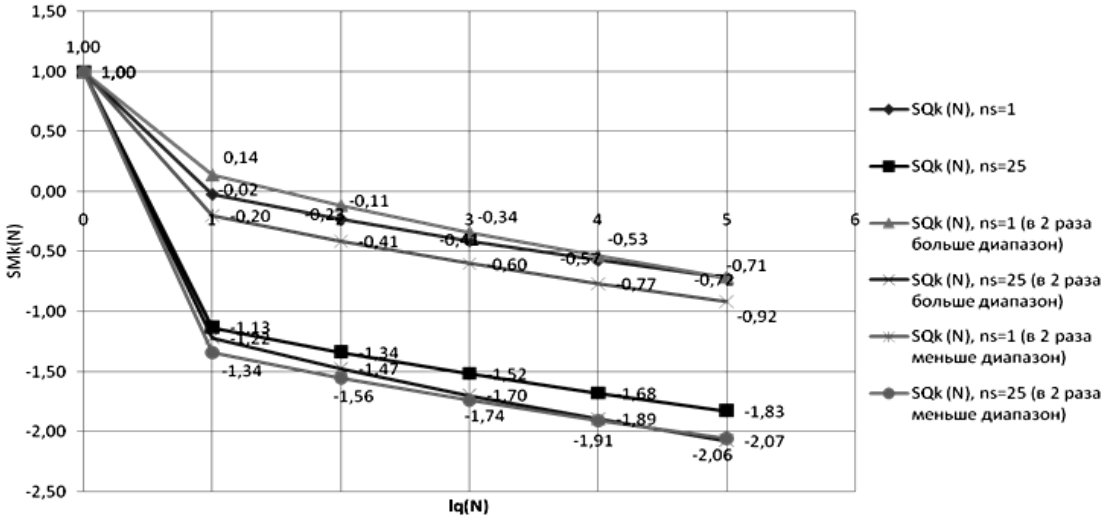


Рис. 5. Номограмма относительного резерва прочности SQk(N) для Случая 2 (иллюстрация авторов)

Сравниваем относительные разбросы 1 и 25 сечений. Номограмма относительного резерва по М. Начальный вариант: 0,44; Увеличение диапазона нагрузки в 2 раза: 0,53; Уменьшение диапазона нагрузки в 2 раза: 0,41. Номограмма относительного резерва по *Q*. Начальный вариант: 1,11; Увеличение диапазона нагрузки в 2 раза): 1,36; Уменьшение диапазона нагрузки в 2 раза: 1,14.

Заключение

Исследование резерва прочности, как случайной величины, значение которой зависит от многих случайных параметров нагружения и несущей способности, и построение номограмм резерва прочности с различными входными данными при моделировании стационарного случайного процесса позволяет анализировать достоверность и делать выводы о сходимости результатов в зависимости их от свойств, как самой модели, так и от моделирования условий её работы.

Для строительных конструкций на начальной стадии проектирования исследование изменения резерва прочности элементов позволяет определять и регулировать минимальный ресурс конструкции с заданной надежностью непоявления отказа хотя бы в одном элементе конструкции при повторных статических нагрузках.

Список библиографических ссылок

1. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М. : Стройиздат, 1978. 240 с.
2. Болотин В. В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М. : АН СССР, 1977. 352 с.
3. Гусев А. С. Прогнозирование ресурса и надежности механических систем и конструкций при случайных нагрузках. М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1991. 57 с.
4. Манапов А. З. Статистическое моделирование в расчетах вероятности отказов строительных конструкций : сб. ст первой международной научно производственной конференции «Оценка риска и безопасность строительных конструкций» / ВГАСУ. Воронеж, 2006. С. 143–145.
5. Уткин В. С., Плотникова О. С. Оценка надежности конструкций при неполной статистической информации // Вестник НовГУ. 2005. № 34. С. 118–121.
6. Ружанский И. Л. Развитие конструктивных форм пространственных и легких конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 5. С. 12–15.

7. Antonioua N., Nikolaidisb Th., Baniotopoulosa C. C. Designing long-span steel girders by applying displacement control concepts // Engineering Structures. 2014. № 59. С. 21–27.
8. Коваль З.А. Формирование пространственных стержневых конструкций по теории надежности // Archives of civil and mechanical engineering. 2011. № 11. С. 115–133.
9. Маденси И., Гувен И. Метод конечных элементов и применение в технике ANSYS // Springer Science-Business Media, LLC. 2006. 686 с.
10. Шмелев Г. Д., Головина Н. В. Прогнозирование надежности и остаточного ресурса строительных конструкций с использованием метода линеаризации в условиях ограниченной статистической информации : сб. тр. международной научно-практической конференции – Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании-2012 / KUPRIENKO. Одесса, 2012. С. 100–107.

Lukashenko Viktor Ivanovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: vil_06_4444@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Dunaev Daniel Valerjevich
engineer
E-mail: dunaev_daniil1996@mail.ru
LLC «Design and commercial firm «Zubr-Service»
The organization address: 420066, Russia, Kazan, Vosstaniya st., 102A
Bikmurzina (Sherban) Alexandra Vasilevna
engineer
E-mail: av.sherban@mail.ru
LLC «Forum»
The organization address: 423570, Russia, Nignekamsk, Khimikov pr., 50a

Investigation of the convergence of determining the resource elements of the structure in terms of modeling the values of random parameters of the reserve strength

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to determine the impact of environment simulation values of random parameters calculation results strength reserve resource as individual elements of core facilities and the whole structure repeated lowcycle static loadings. You intend to define the resource at the design stage of a construction as the number of repetitive cases before exhausting the reserve strength in two-way tolerant assessment of its value. Given the random characteristics of the influences on the one hand and the bearing capacity of the elements on the other hand, as well as the availability of interval only the values of the parameters characterizing ultimately define the random variable reserve strength, reliability of the results can depend largely on modeling not only distribution of efforts in the elements.

Results. The main results are that the study reserve strength as a random value by building his nomogramm with different input data for modeling of stationary stochastic process allows you to analyze and make reliable conclusions on the convergence results in resource definition depending on the properties of both the model and its simulation. As to the preliminary calculation of the minimum element and resource structures as a whole was adopted by the condition zero exhaust the reserve strength of at least one element of the structure.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is that at the initial stage of design study changes reserve strength elements allows you to define and regulate the minimum design resource with a specified reliability not appearing in at least one failure element designs with repeated static loads.

Keywords: core construction, simulation, calculation schemes, random variables, the minimum resource reserve of durability, reliability.

References

1. Rzhanitsyn A. R. Theory of design of structures for reliability. M. : Stroizdat, 1978. 240 p.
2. Bolotin V. V. Methods of probability theory and reliability theory in calculations of structures. M. : AN SSSR, 1977. 352 p.
3. Gusev A. S. Prediction of the resource and reliability of mechanical systems and structures under random loads. M. : MGTU im. N.E. Baumana, 1991.
4. Manapov A. Z. Statistical modeling in calculating the probability of failure of building structures. dig. of art. of the first international scientific and industrial conference «Risk assessment and security constructions. Voronezh, 2006. P. 143–145.
5. Utkin V. S., Plotnikova O. S. Estimation of the reliability of structures with incomplete statistical information // Vestnik NovGU. 2005. № 34. P. 118–121.
6. Ruzhansky I. L. Development of constructive forms of spatial and light structures // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2010. № 5. P. 12–15.
7. Antonioua N., Nikolaidisb Th., Baniotopoulosa C. C. Designing long-span steel girders by applying displacement control concepts // Engineering Structures. 2014. № 59. P. 21–27.
8. Kowal Z. A. The formation of space bar structures supported by the system reliability theory // Archives of civil and mechanical engineering. 2011. № 11. P. 115–133.
9. Madenci E., Guven I. The finite element method and applications in engineering using ANSYS, by Springer Science-Business Media, LLC. 2006. 686 p.
10. Shmelev G. D., Golovina N. V. Prediction maintainability and remaining life of building constructions using a method of linearization in conditions of limited of statistical information : dig. of art. of the international scientific and technical conference – Modern problems and their solutions in the science, transportation, manufacturing and education – 2012 / KUPRIENKO. Odessa, 2012. P. 100–107.

УДК 624.012
Мирсаяпов Илшат Талгатович
доктор технических наук, доцент
E-mail: mirsayapovit@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Ахметзянов Данис Раилевич
инженер
E-mail: danis2803@mail.ru
ООО «Современные технологии управления»
Адрес организации: 420005, Россия, г. Казань, ул. Гагарина, д. 87/68

Оценка эффективности применения высокопрочного бетона в стропильных конструкциях одноэтажных промышленных зданий

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить и оценить экономическую целесообразность применения высокопрочного бетона в стропильных конструкциях одноэтажных промышленных зданий. Для оценки экономического эффекта, рассматривается один температурный блок здания.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в подтверждении гипотезы о возможности уменьшения общей стоимости безраскосных ферм при использовании бетонов высокой прочности. Был выполнен расчет и конструирование стропильных конструкций различных пролетов при различных шагах поперечных рам. Наибольшая экономическая эффективность была достигнута при использовании конструкций пролетом 24 м, с шагом колонн 6 м. Конструирование ферм из бетона класса В100 позволило получить снижение расхода материалов, вследствие чего экономия составила порядка 703 670 руб. на один температурный блок промышленного здания или 34,5 %, по сравнению с конструкциями, выполненными из бетона класса В30.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в подтверждении эффективности применения высокопрочного бетона в стропильных конструкциях одноэтажных промышленных зданий. Применение бетона класса В100 в безраскосных фермах позволило уменьшить общую стоимость конструкций, благодаря снижению расхода арматуры, габаритных размеров сечений поясов, уменьшению объема бетона.

Ключевые слова: высокопрочный бетон, стропильные конструкции, одноэтажное промышленное здание, безраскосная ферма, класс бетона В100.

Введение

Высокопрочные бетоны значительно быстрее набирают прочность, чем традиционные бетоны. Применение высокопрочных бетонов имеет следующие преимущества:

1. уменьшение габаритов опалубки для колонн, балок и стеновых элементов;
2. увеличение несущей способности конструкций
3. создание более изящных контуров при увеличении длины пролетов конструкций, работающих на изгиб (большепролетные мосты);
4. сокращение расхода бетона и арматуры и, соответственно, транспортировочной и монтажной массы, более высокая начальная прочность, более ранняя распалубка и предварительное обжатие, что обеспечивает возможность более ранней эксплуатации элемента;
5. более высокая износостойкость;
6. повышенная коррозионная защита арматуры за счет чрезвычайно медленного распространения карбонизации;
7. повышенная стойкость к химически активным веществам [1].

Согласно источникам [2], значительная часть несущих конструкций промышленных и транспортных сооружений выполняется из сборного железобетона. Применение высокопрочных бетонов с достаточно высоким коэффициентом однородности позволяет

сократить расход материалов, снизить вес и стоимость конструкций, одновременно уменьшить трудоемкость их изготовления и монтажа. При изготовлении ферм из высокопрочного бетона возрастает несущая способность ферм различных пролетов. Расчетные характеристики бетонов различных классов представлены в таблице.

Таблица 1

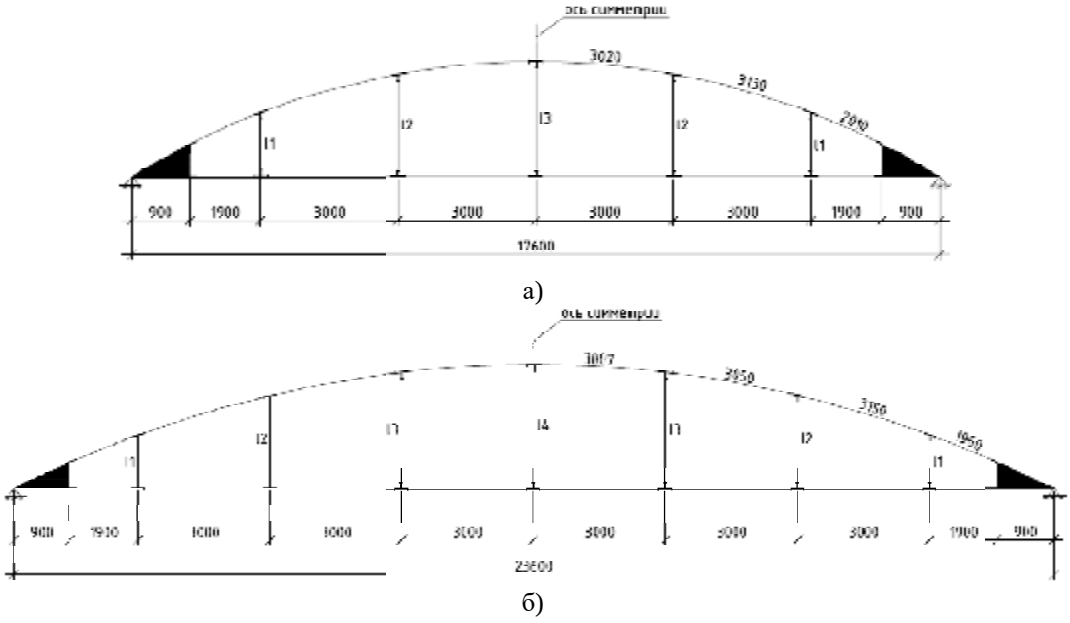
Расчетные характеристики бетонов различных классов

Класс бетона	Осевое сжатие Rb, МПа	Осевое растяжение Rbt, МПа	Начальный модуль упругости Eb, МПа
Бетон В30	17	1,15	32500
Бетон В100	47,5	2,20	43000

Программа исследований

Для оценки эффективности применения высокопрочного бетона в стропильных конструкциях одноэтажных промышленных зданий (ОПЗ), был выполнен расчет ферм двух различных пролетов: 18 м (рис. а), 24 м (рис. б), при трех различных шагах поперечных колонн. Сравнительный анализ расчетов производился по следующим признакам: 1) рассматривались фермы одинакового пролета, с одинаковым шагом поперечных рам, с различными классами бетона; 2) рассматривались температурные блоки при различных пролетах и различных шагах поперечных рам.

Разделение на вышеуказанные признаки позволило ответить на ряд следующих вопросов: а) целесообразность применения высокопрочного бетона в отдельных рассматриваемых элементах; б) наличие общей экономии материалов в стропильных конструкциях рассматриваемых температурных блоков.



а)

б)

Рис. Геометрические схемы ферм:
а) ферма пролетом 18 м; б) ферма пролетом 24 м (иллюстрация авторов)

Численные исследования

Исследование выполнено для следующих типов конструкций:

1. Безраскосная ферма пролетом 18 м, с шагом поперечных рам 6 м, выполненная из бетона класса В30;

2. Безраскосная ферма пролетом 18 м, с шагом поперечных рам 6 м, выполненная из бетона класса В100;

3. Безраскосная ферма пролетом 24 м, с шагом поперечных рам 6 м, выполненная из бетона класса В30;

4. Безраскосная ферма пролетом 24 м, с шагом поперечных рам 6 м, выполненная из бетона класса В100;

5. Безраскосная ферма пролетом 24 м, с шагом поперечных рам 12 м, выполненная из бетона класса В100;

6. Безраскосная ферма пролетом 24 м, с шагом поперечных рам 12 м, выполненная из бетона класса В30;

7. Безраскосная ферма пролетом 24 м, с шагом поперечных рам 18 м, выполненная из бетона класса В30;

8. Безраскосная ферма пролетом 24 м, с шагом поперечных рам 18 м, выполненная из бетона класса В100.

Для каждого типа фермы создана расчетная схема в программном комплексе ЛИРА-САПР. Были заданы следующие загружения: собственный вес конструкций, вес кровельного пирога, снеговая нагрузка и снеговой мешок. Из полученных расчетных схем были выявлены усилия для расчета и конструирования поясов и стоек ферм. Расчет выполнен инженерным методом. Для последующего варьирования основных изменяемых параметров (класса бетона, сечения поясов стропильных конструкций, пролета), был прописан алгоритм расчета в программе Microsoft Excel.

Для подсчета, сравнения и анализа расхода материала для каждого расчетного случая (п. 1-8) был выполнен расчет и конструирование. Пример конструирования фермы пролетом 24 м, с шагом поперечных рам 6 м и классом бетона В30 представлен в табл. 2

Таблица 2

Конструирование безраскосной фермы пролетом 24 м, с шагом поперечных рам 6 м, выполненной из бетона класса В30

Элемент фермы	Назначение арматуры	Наименование	Кол-во	Масса 1 дет., кг	Кол-во изделий	Масса изделия, кг	Вес фермы, кг
1	2	3	4	5	6	7	8
Нижний пояс	Рабочая нижняя	ф8 К1500 l=8140 мм	12	38,58	3	115,75	787,37
	Рабочая верхняя	ф8 К1500 l=8140 мм	6	19,29	3	57,87	
	Хомуты	ф5 В500 l=1220 мм	3	0,53	4	2,11	
	Хомуты	ф5 В500 l=310 мм	7	0,31	4	1,24	
	Хомуты	ф5 В500 l=2020 мм	3	0,87	12	10,47	
	Хомуты	ф5 В500 l=310 мм	11	0,49	12	5,85	
Верхний пояс	Рабочая нижняя	ф22 А400 l=11700 мм	3	104,80	2	209,60	
	Рабочая верхняя	ф22 А400 l=11700 мм	3	104,80	2	209,60	
	Поперечная	ф5 В500 l=210 мм	60	3,63	2	7,26	
	Поперечная	ф4 В500 l=220 мм	60	2,43	2	4,86	
Стойка, l1	Рабочая нижняя	ф20 А400 l=1360 мм	2	6,72	2	13,43	
	Рабочая верхняя	ф20 А400 l=1360 мм	2	6,72	2	13,43	
	Хомуты	ф4 В500 l=700 мм	6	0,39	2	0,77	
Стойка l2	Рабочая нижняя	ф20 А400 l=2310 мм	2	11,37	2	22,75	
	Рабочая верхняя	ф20 А400 l=2310 мм	2	11,37	2	22,75	
	Хомуты	ф4 В500 l=700 мм	9	0,58	2	1,16	
Стойка l3	Рабочая нижняя	ф20 А400 l=2860 мм	2	14,08	2	28,16	
	Рабочая верхняя	ф20 А400 l=2860 мм	2	14,08	2	28,16	
	Хомуты	ф4 В500 l=700 мм	11	0,71	2	1,42	
Центр. стойка, l4	Рабочая нижняя	ф20 А400 l=3040 мм	2	14,97	1	14,97	
	Рабочая верхняя	ф20 А400 l=3040 мм	2	14,97	1	14,97	
	Хомуты	ф4 В500 l=700 мм	12	0,77	1	0,77	

Расчет и конструирование других типов ферм представлено в сводных сравнительных таблицах.

Анализ результатов

Рассматривая фермы одинакового пролета, с одинаковым шагом поперечных рам, но различными классами бетона, наблюдается снижение расхода материалов при использовании высокопрочного бетона. Сводный сравнительный анализ экономии материалов представлен в табл. 3-4.

Таблица 3

Расход бетона для различных типов ферм

Ферма	Бетона класса В30							Бетона класса В100							Экономия	
	Сечение элементов						Объем бетона, м^3	Сечение элементов						Объем бетона, м^3	м^3	%
	Нижний пояс		Верхний пояс		Стойки			Нижний пояс		Верхний пояс		Стойки				
	b	h	b	h	b	h		b	h	b	h	b	h			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Пролет 18 м, шаг поперечных рам 6 м	0,24	0,28	0,24	0,25	0,24	0,25	**3,19**	0,2	0,16	0,2	0,18	0,2	0,25	**2,06**	**1,13**	**35,42**
Пролет 24 м, шаг поперечных рам 6 м	0,24	0,28	0,24	0,25	0,24	0,25	**4,28**	0,2	0,18	0,2	0,2	0,2	0,25	**2,91**	**1,37**	**32,01**
Пролет 24 м, шаг поперечных рам 12 м	0,28	0,46	0,28	0,42	0,28	0,35	**7,58**	0,2	0,34	0,2	0,28	0,2	0,28	**4,05**	**3,53**	**46,57**
Пролет 24 м, шаг поперечных рам 18 м	0,28	0,46	0,28	0,42	0,28	0,35	**7,58**	0,28	0,2	0,28	0,25	0,28	0,25	**4,51**	**3,07**	**40,50**

Применение высокопрочного бетона класса В100, по сравнению с обычным бетоном класса В30, позволяет сократить расход бетона на 32-47 %, расход арматуры – на 7-43 %. Наибольшая экономическая эффективность достигается в фермах больших пролетов, максимальная экономия бетона: при шаге поперечных рам – 12 м, арматуры: при шаге поперечных рам 6 м. Более того, варьируя сечениями поясов ферм, можно добиться положительной экономии и для бетона и для арматуры, находя компромисс, учитывая стоимость материалов. Как видно из табл. 3, процент экономии бетона, при использовании класса В100, не меняется в значительной степени при изменении пролета или шага поперечных колонн, в то время как расход арматуры имеет значительные отклонения при различных варьируемых параметрах. Таким образом, на одной стропильной конструкции наблюдается экономия бетона с 1,13 м^3 до 3,53 м^3, арматуры – до 345 кг.

Таблица 4

Расход арматуры для различных типов ферм

Тип ферм	Обычный бетон, класса В30				Обычный бетон, класса В30				Экономия, %
	Диаметр рабочей арматуры			Расход арматуры, кг	Диаметр рабочей арматуры			Расход арматуры, кг	кг / %
	Нижний пояс	Верхний пояс	Стойки		Нижний пояс	Верхний пояс	Стойки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пролет 18 м, шаг поперечных рам 6 м	10 Ø8 К1500 2 Ø10 К1500	2 Ø16 А400 2Ø16 А400	2 Ø18 А400 2 Ø18 А400	312,90	10 Ø10 К1500 2 Ø12 К1500	2 Ø10 А400 2Ø10 А400	2 Ø18 А400 2 Ø18 А400	280,28	32,62 / 10,42
Пролет 24 м, шаг поперечных рам 6 м	12 Ø8 К1500 6 Ø8 К1500	3 Ø22 А400 3Ø22 А400	2 Ø20 А400 2 Ø20 А400	787,37	10 Ø10 К1500 2 Ø10 К1500	2 Ø12 А400 2Ø12 А400	2 Ø20 А400 2Ø20 А400	446,91	340,5 / 43,24
Пролет 24 м, шаг поперечных рам 12 м	6 Ø14 К1500 4 Ø14 К1500	4 Ø20 А400 4 Ø20 А400	2 Ø22 А400 2 Ø22 А400	986,63	4 Ø18 К1500 4 Ø14 К1500	2 Ø22 А400 2Ø22 А400	3 Ø20 А400 3Ø20 А400	856,49	130,1 / 13,19
Пролет 24 м, шаг поперечных рам 18 м	6 Ø18 К1500 6 Ø14 К1500	5 Ø28 А500 5Ø28 А500	2 Ø25 А400 2 Ø25 А400	1879,7	6 Ø20 К1500 6 Ø12 К1500	5 Ø22 А500 5Ø22 А500	4 Ø20 А400 4Ø20 А400	1743,9	135,8 / 7,23

Полученные результаты позволили выявить эффективность применения высокопрочных бетонов в стропильных фермах. Для оценки общей экономии подсчитан расход и стоимость материалов ферм для одного температурного блока промышленного здания. Учитывая рассчитанные конструкции, рассмотрены участки здания со следующими габаритами:

1. 72×72 м, шаг колонн в поперечном направлении 6 м, пролет 18 м;
2. 72×72 м, шаг колонн в поперечном направлении 6 м, пролет 24 м;
3. 72×72 м, шаг колонн в поперечном направлении 12 м, пролет 24 м;
4. 72×72 м, шаг колонн в поперечном направлении 18 м, пролет 24 м (в данном случае, выбрано конструктивное решение без применения подстропильных конструкций).

Анализ выполнен для классов бетона на сжатие В30 и В100. Полученные данные представлены ниже в табл. 5-8.

Таблица 5

Экономия материалов на температурный блок 72×72 м, шаг колонн в поперечном направлении 6 м, пролет 18 м

Элемент каркаса	Класс бетона В30				Класс бетона В100				Экономия, $м^3$	Экономия, руб.
	Бетон									
	Расход бетона $м^3$, на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход бетона всего, $м^3$	Стоимость бетона, руб.	Расход бетона $м^3$, на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход бетона всего, $м^3$	Стоимость бетона, руб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ФБ-18	3,19	52	165,88	713284,00	2,06	52	107,1	552203,60	59	161080,40
Элемент каркаса	Класс бетона В30				Класс бетона В100				Экономия, кг.	Экономия руб.
	Арматура									
	Расход арматуры, кг. на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход арматуры всего, кг.	Стоимость арматуры, руб.	Расход арматуры, кг. на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход арматуры всего, кг.	Стоимость арматуры, руб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ФБ-18	312,9	52	16271	699644,40	280,28	52	14574,5	626706,08	1696,24	72938,32
Итого экономия, руб.									**234018,72**	

Таблица 6

Экономия материалов на температурный блок 72×72 м, шаг колонн в поперечном направлении 6 м, пролет 24 м

Элемент каркаса	Класс бетона В30				Класс бетона В100				Экономия, $м^3$	Экономия руб.
	Бетон									
	Расход бетона $м^3$, на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход бетона всего, $м^3$	Стоимость бетона, руб.	Расход бетона $м^3$, на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход бетона всего, $м^3$	Стоимость бетона, руб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ФБ-24	4,28	39	166,92	717756,00	2,91	39	113,49	585040,95	53,43	132715,05
Элемент каркаса	Класс бетона В30				Класс бетона В100				Экономия, кг.	Экономия руб.
	Арматура									
	Расход арматуры, кг. на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход арматуры всего, кг.	Стоимость арматуры, руб.	Расход арматуры, кг, на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход арматуры всего, кг.	Стоимость арматуры, руб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ФБ-24	787,37	39	30707,43	1320420,0	446,91	39	17429,49	749468,07	13277,94	570951,42
Итого экономия, руб.									**703666,47**	

Таблица 7

Экономия материалов на температурный блок 72×72 м, шаг колонн в поперечном направлении 12 м, пролет 24 м

Элемент каркаса	Класс бетона В30				Класс бетона В100				Экономия, $м^3$	Экономия руб.
	Бетон									
	Расход бетона $м^3$, на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход бетона всего, $м^3$	Стоимость бетона, руб.	Расход бетона $м^3$, на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход бетона всего, $м^3$	Стоимость бетона, руб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ФБ-24	7,58	21	159,18	684474,00	4,05	21	85,05	438432,75	74,13	246041,25
Элемент каркаса	Класс бетона В30				Класс бетона В100				Экономия, кг.	Экономия, руб.
	Арматура									
	Расход арматуры, кг. на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход арматуры всего, кг.	Стоимость арматуры, руб.	Расход арматуры, кг. на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход арматуры всего, кг.	Стоимость арматуры, руб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ФБ-24	986,63	21	20719,2	890926,89	856,49	21	17986,3	773410,47	2732,94	117516,42
Итого экономия, руб.									**363557,67**	

Таблица 8

Экономия материалов на температурный блок 72×72 м, шаг колонн в поперечном направлении 18 м, пролет 24 м

Элемент каркаса	Класс бетона В30				Класс бетона В100				Экономия, $м^3$	Экономия руб.
	Бетон									
	Расход бетона $м^3$, на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход бетона всего, $м^3$	Стоимость бетона, руб.	Расход бетона $м^3$, на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход бетона всего, $м^3$	Стоимость бетона, руб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ферма ФБ-24	7,58	15	113,7	488910,00	4,51	15	67,65	348735,75	46,05	140174,25
Элемент каркаса	Класс бетона В30				Класс бетона В100				Экономия, кг	Экономия руб
	Арматура									
	Расход арматуры, кг. на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход арматуры всего, кг.	Стоимость арматуры, руб.	Расход арматуры, кг. на элемент	Кол-во элементов на темп. блок	Расход арматуры всего, кг.	Стоимость арматуры, руб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ферма ФБ-24	1879,74	15	28196,1	1212432	1743,93	15	26158,95	1124834,85	2037,15	87597,45
Итого экономия, руб.									**227771,70**	

Наибольшая экономия, при использовании бетонов высокой прочности, по сравнению с обычными бетонами, достигается при шаге колонн 6 м и пролете – 24 м. Это

достигается за счет меньших нагрузок, приходящихся на стропильные конструкции, по сравнению с большим шагом колонн, вследствие чего уменьшается и расход арматуры. Кроме того, в данном случае, наблюдается наименьшая общая стоимость конструкций. Общая экономия для данного случая составила 703666,47 руб. или 34,5 %, по сравнению с фермами, выполненными из класса бетона В30.

Таким образом, наиболее целесообразным вариантом компоновки каркаса промышленного здания является: шаг колонн в поперечном направлении 18 м, пролет 24 м, с применением подстропильных конструкций, что позволит уменьшить действующие нагрузки.

Заключение

С повышением класса бетона в фермах ОПЗ существенно снижается расход материалов, общий вес конструкции, габариты поясов. Так объем бетона возможно снизить на 32-47 %, расход арматуры – с 7 до 43 %. Выбор бетона класса В100, позволяет перекрывать большие пролеты, без существенного увеличения объема бетона и расхода арматуры. За счет увеличения несущей способности, становится возможным увеличение полезной нагрузки. Учитывая вышесказанное, уменьшается трудоемкость изготовления и монтажа стропильных конструкций одноэтажных промышленных зданий, а также их общая стоимость.

Список библиографических ссылок

1. Мещерин В. С. Высокопрочные и сверхпрочные бетоны: технологии производства и сферы применения // СтройПРОФИль. 2008. № 8 (70). С. 32–35.
2. Берг О. Я., Щербаков Е. Н., Писанко Г. Н. Высокопрочный бетон. М. : Издательство литературы по строительству, 1971. С. 192–195.
3. Аналитическое описание диаграммы деформирования высокопрочных бетонов // IVDON.RU : ежедн. интернет-изд. 2013. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1818 (дата обращения 11.04.2019).
4. Мкртчян А. М., Аксенов В. Н., Маилян Д. Р., Блягоз А. М., Сморгунова М. В. Особенности конструктивных свойств высокопрочных бетонов // Новые технологии. 2013. № 3. С. 135–143.
5. Опыт и перспективы использования высокопрочных и сверхвысокопрочных бетонов // WEB.SNAUKA.RU: ежедн. интернет-изд. 2017. URL: http://web.snauka.ru/issues/2017/02/78781 (дата обращения 11.04.2019).
6. Хозин В. Г., Никитин Г. П. Татарский монолит потяжелеет // Строительство. 2017. № 12. С. 44–46.
7. Тезисы докладов : сб. научных трудов 69-й Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства, Казань, 2017. 31 с.
8. Kovačević I., Džidić S. High-strength concrete (HSC) material for high-rise buildings // 12th Scientific Research Symposium with International Participation «Metallic and Nonmetallic Materials: production-properties-application». 2018. № 12. P. 214–223.
9. Abid F., Patil R.C. Development of High Performance Concrete // International Journal of Trend in Scientific Research and Development. 2018. № 2. P. 1465–1479.
10. Sohoni V., Jain S., Bajaj S., Shekar H., Kumar Verma S. High Performance Concrete // International Journal for Innovative Research in Science & Technology. 2017. Vol. 4. № 1. P. 27–35.
11. Choi E. S., Lee J. W., Kim S. J., Kwark J. W. A Study on the Bond Strength between High Performance Concrete and Reinforcing Bar // Engineering. 2015. Vol. 7. № 7. P. 373–378.

Mirsayapov Ilshat Talgatovich
doctor of technical science, associate professor
E-mail: mirsayapovit@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st. 1

Akhmetzyanov Danis Railevich
engineer
E-mail: danis2803@mail.ru
LLC «Sovremennyye tekhnologii upravleniya»
The organization address: 420005 Russia, Kazan, Gagarin st., 87/68

Evaluation of the effectiveness of high-strength concrete in truss structures of one-story industrial buildings

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to identify and evaluate the economic feasibility of the use of high-strength concrete in the truss structures of one-story industrial buildings. There is considered one temperature block of the building for the assessment of the economic effect.

Results. The main results of the research consist in confirming the hypothesis about the possibility of reducing the total cost in the trusses from high-strength concrete. There was calculation and design of truss structures of various spans, with different steps of transverse frames. The highest economic efficiency was achieved with constructions, with a span of 24 m, with a column spacing of 6 m. The construction of trusses made of concrete of class B100 made it possible to obtain a reduction in the consumption of materials, as a result of which the savings amounted to about 703670,00 rubles on one temperature block of an industrial building or 34,5 %, as compared with structures made of concrete of class B30.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to confirm the effectiveness of the use of high-strength concrete in the truss structures of single-story industrial buildings. The use of concrete class B100 in trusses gave opportunity to reduce the total cost of structures, consumption of reinforcement and concrete.

Keywords: high-strength concrete, truss construction, one-story industrial building, truss, the class of concrete B100.

References

1. Meshcherin V. S. High-strength and heavy duty concretes: production technologies and applications // StroyPROFIl’. 2008. № 8 (70). P. 32–35.
2. Berg O. Ya., Scherbakov E. N., Pisanko G. N. High-strength concrete. M. : Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, 1971. P. 192–195.
3. Analytical description of the high-strength concrete strain diagram // IVDON.RU : daily. internet-edit. 2013. URL http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1818 (reference date: 11.04.2019).
4. Mkrtchyan A. M., Aksenov V. N., Mailyan D. R., Blyagoz A. M., Smorgunova M. V. Features of the structural properties of high strength concrete // Novye tekhnologii. 2013. № 3. P. 135–143.
5. Experience and prospects of using high-strength and ultra-high-strength concrete // WEB.SNAUKA.RU : daily. internet-edit. 2017. URL: http://web.snauka.ru/issues/2017/02/78781 (reference date: 11.04.2019).
6. Khozin V. G., Nikitin G. P. Tatar monolith becomes heavy // Stroitel'stvo. 2017. № 12. P. 44–46.
7. Thesises of reports : proc. of the 69th International Scientific Conference on Architecture and building construction, Kazan, 2017. 31 p.
8. Kovačević I., Džidić S. High-strength concrete (HSC) material for high-rise buildings // 12th Scientific Research Symposium with International Participation «Metallic and Nonmetallic Materials: production-properties-application». 2018. № 12. P. 214–223.
9. Abid F., Patil R. C. Development of High Performance Concrete // International Journal of Trend in Scientific Research and Development. 2018. № 2. P. 1465–1479.
10. Sohoni V., Jain S., Bajaj S., Shekar H., Kumar Verma S. High Performance Concrete // International Journal for Innovative Research in Science & Technology. 2017. Vol. 4. № 1. P. 27–35.
11. Choi E. S., Lee J. W., Kim S. J., Kwark J. W. A Study on the Bond Strength between High Performance Concrete and Reinforcing Bar // Engineering. 2015. Vol. 7. № 7. P. 373–378.

УДК 624.046.5:539.415
Мирсаяпов Илшат Талгатович
доктор технических наук, профессор
E-mail: itmir@kgasu.ru
Никитин Георгий Петрович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: g.nikitin@gap-rt.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Ханбеков Мидхат Фаридович
начальник группы ОГК
E-mail: m.khanbekov@gap-rt.ru
АО «Казанский Гипрониавиапром»
Адрес организации: 420127, Россия, г. Казань, ул. Дементьева, д. 1

Теоретические исследования напряжённо-деформированного состояния продавливания плоских железобетонных перекрытий в местах сопряжения с колоннами

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – изучение теоретических данных, ранее предложенных конструктивных решений узла стыка перекрытия с колонной, разработка методики расчёта плоских железобетонных перекрытий на продавливание с использованием моделей работы и разрушения бетона и железобетона.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в анализе научных трудов по теме стыка железобетонного перекрытия с колонной, сопоставлении методик расчёта перекрытий на продавливание в местах сопряжения с колоннами по российским, белорусским, европейским нормам. Разные подходы к расчёту дают разные результаты, которые существенно отличаются между собой.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что полученные результаты теоретических исследований применимы для создания методики, позволяющей выполнять расчёты на продавливание плоских железобетонных перекрытий в местах сопряжения с колоннами с применением каркасно-стержневой модели. Плоские перекрытия способствуют максимальному использованию объёмно-планировочных решений, в том числе по высоте этажа, облегчают разводку под перекрытием инженерных коммуникаций.

Ключевые слова: каркасно-стержневая модель, расчёт перекрытия на продавливание, горизонтальный стык, местное сжатие, гипотеза клина, разрушение от преодоления сопротивления бетона отрыву, сдвигу и раздавливанию.

Введение

Современные здания и сооружения с монолитным железобетонным каркасом всё больше отходят от классической компоновочной схемы с сеткой колонн 6×6 м и продольными, поперечными балками. Ставятся задачи максимального использования пространства, в том числе и по высоте этажа, перекрытия приобретают, сложные в плане, очертания. В этом случае преимущество отдаётся плоским перекрытиям, наиболее ответственными элементами которых являются зоны продавливания в местах сопряжения их с колоннами.

Теоретические исследования

Исследованием горизонтальных стыков железобетонных элементов в зоне продавливания посвящено много отечественных и зарубежных научных трудов.

Проблеме расчёта плоских плит перекрытия, усиленных вертикальными шпильками (по аналогии с вариантом усиления, предложенным в работе Сокурова А.З.) в зоне сопряжения с колонной, посвящена работа Канадского учёного Wensheng B. [1].

Улучшением расчёта перекрытия без поперечного армирования в зоне продавливания колонной по нормам США занимался Швейцарский учёный Mutonni A. [2].

Обзор доступных отечественных диссертаций по теме стыка железобетонного перекрытия с колонной в период с 2005 г. по 2017 г. показал, что данная тема является актуальной и даёт возможность для дальнейшего её развития. Этому вопросу посвящены работы следующих авторов: Анпилов С.М., Плясунов Е.Г. [3], Коянкин А.А. [4], Салов А.С., Тамкович С.Ю., Сокуров А.З. [5], Пекин Д.А. [6] и др. Основным направлением в вышеуказанных диссертациях по увеличению прочности на продавливание является улучшение конструкций стыка перекрытия с колонной.

Например, в работах Анпилова С.М. и Пекина Д.А. [6] в теле плиты перекрытия устанавливаются вертикальные металлические пластины (рис. 1а), с отверстиями под горизонтальную рабочую верхнюю и нижнюю арматуру, вертикальная поперечная рабочая арматура в этих стыках заменяется на металлические пластины. В работе Плясунова Е.Г. [3] приведён способ комбинированного армирования с применением фибробетона (рис. 1б), который заменяет поперечную вертикальную арматуру. Коянкин А.А. [4] предложил конструкцию стыка плиты перекрытия и колонны с устройством капителей, расположенных над перекрытием (рис. 1 в, г). Салов А.С. в своей работе разработал рекомендации по применению бетонов классов В40 и выше и арматуры класса А500. В работе Сокурова А.З. [5] усиление плоских плит перекрытия, в зоне продавливания их колонной, выполняется постановкой стальных шпилек: сквозных вертикальных – с жёсткой анкеровкой и наклонных – на клеевом составе (рис. 1 д, е).

Совершенствованию методов расчёта прочности на продавливание посвящена работа Тамковича С.Ю., в которой даётся анализ таких расчётов по нормам РФ, РБ, Европы, США.

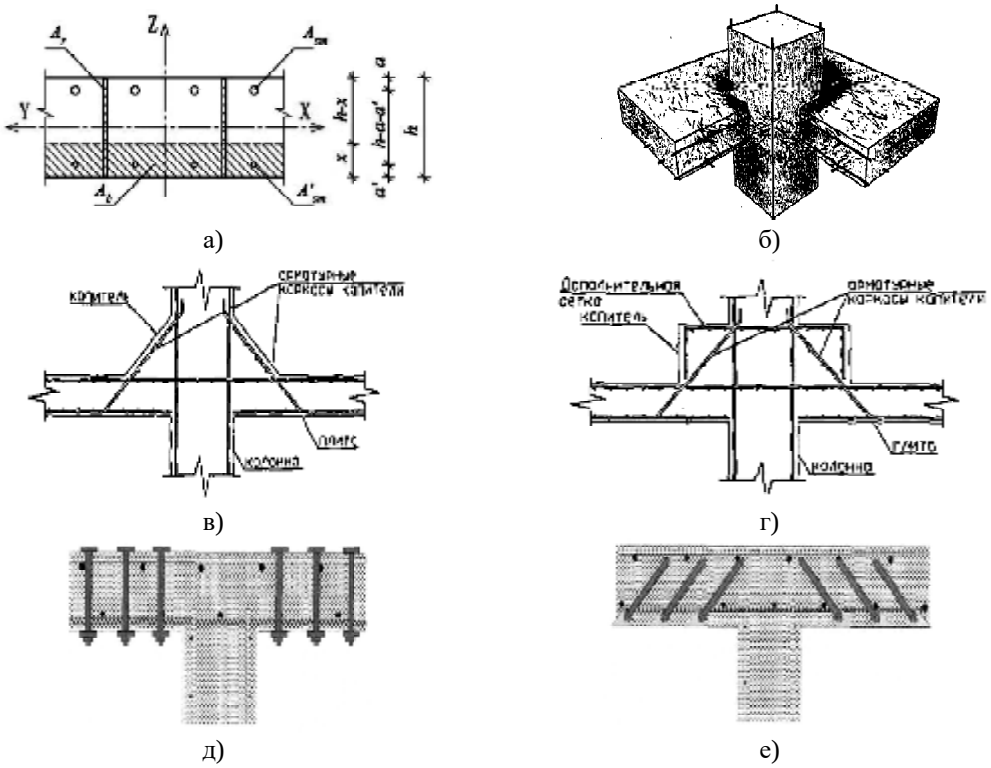


Рис. 1. Конструкции стыка перекрытия с колонной:
а – с металлическими вставками, приведено в работе Пекина Д.А. [6];
б – с комбинированным армированием с применением фибробетона,
приведено в работе Плясунова Е.Г. [3]; в, г – с капителями, расположенными на перекрытии:
в плане в форме усечённой пирамиды, параллелепипеда или цилиндра,
приведено в работе Коянкина А.А. [4]; д, е – усиление постановкой стальных шпилек: сквозных
вертикальных – с жёсткой анкеровкой и наклонных – на клеевом составе,
приведено в работе Сокурова А.З. [5]

Целью исследования авторов является разработка методики расчёта плоских железобетонных перекрытий на продавливание. Выполняется она на основе каркасно-стержневой модели (рис. 2а), предложенной Залесовым А.С. [7], с применением гипотезы клина Л. Оберта (модель раскалывания Рохлина И.А., модель раскалывания Залесова А.С., Сахарова В.Н., Старчевского А.В. (рис. 2 б, в)), рассмотренной в работе руководителя направления Мирсаяпова Ил.Т. [8] и модели разрушения бетона в сжимающем силовом потоке (рис. 2г), рассмотренной в работе научного руководителя Никитина Г.П. [9].

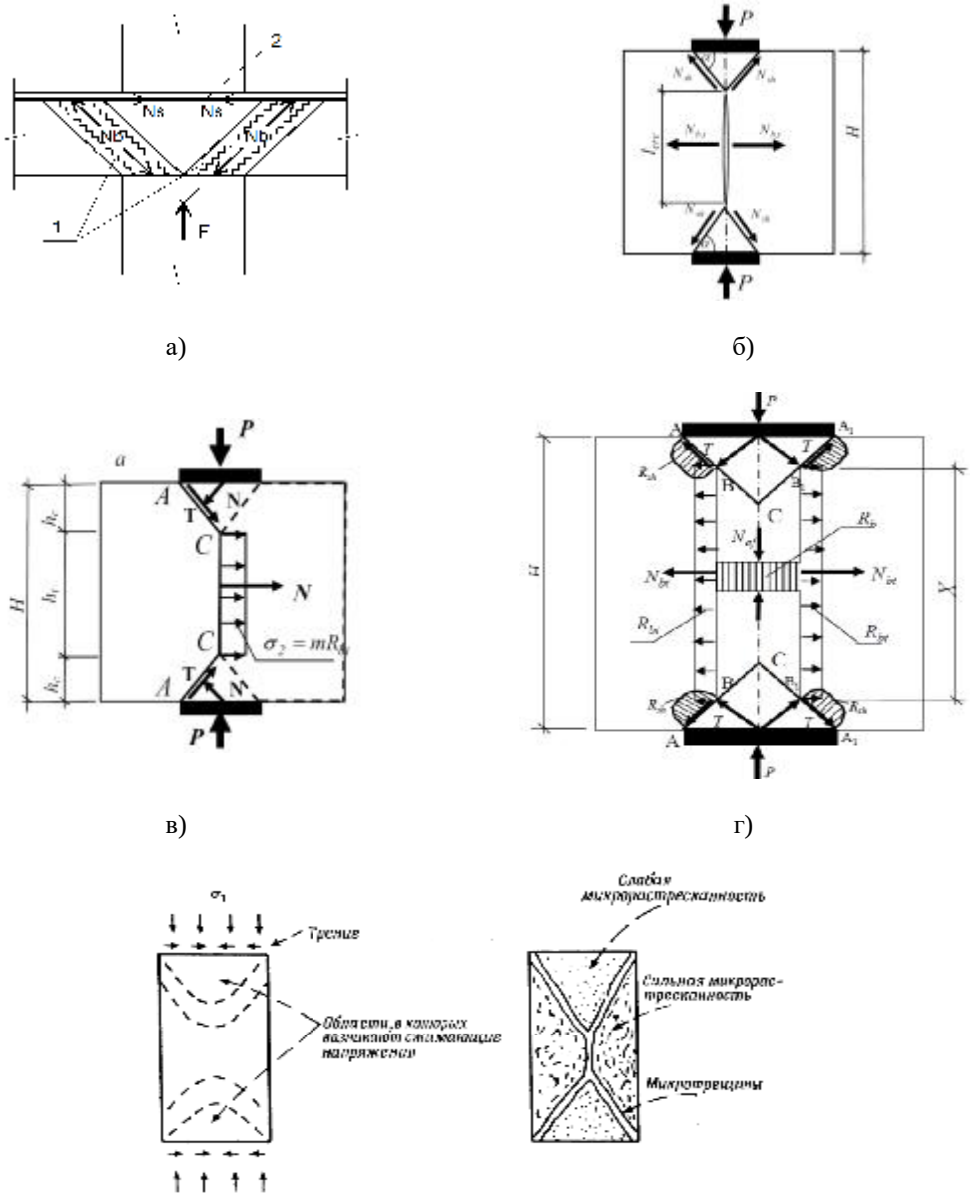


Рис. 2. Модели для расчёта: а) каркасно-стержневая модель Залесова А.С. [7]
(1 – наклонные сжатые, пространственно расположенные бетонные элементы;
2 – горизонтальные растянутые элементы продольной арматуры);
б) модель раскалывания Рохлина И.А. [8];
в) модель раскалывания Залесова А.С., Сахарова В.Н., Старчевского А.В. [8];
г) модель разрушения бетона в сжимающем силовом потоке [9]; д) клин Л. Оберта [10]

От надёжной работы перекрытия в зонах продавливания зависит конструкционная безопасность всей несущей системы здания, следовательно, совершенствование методов расчёта является актуальной задачей.

Расчёт на продавливание по нормам Российской Федерации СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»

Расчёт производят для плоских перекрытий при действии на них сосредоточенных силы и изгибающего момента. Расчёт выполняется на основе условной модели, имеющей расчётное поперечное сечение, расположенное на расстоянии $h_0/2$, по которому действуют касательные напряжения (напряжения среза), уравновешивающиеся прочностью бетона – R_{bt} и поперечной арматурой – R_{sw} (рис. 3 а, в). Расчёт без поперечной арматуры выполняют по формулам:

$$F \le F_{b,ult}, \quad (1)$$

$$F_{b,ult} = R_{bt} \cdot u \cdot h_0. \quad (2)$$

С поперечной арматурой – по формулам:

$$F \le F_{b,ult} + F_{sw,ult} \le 2F_{b,ult}, \quad (3)$$

$$F_{sw,ult} = 0{,}8u \cdot R_{sw} \cdot A_{sw} / s_w. \quad (4)$$

Расчёт на продавливание по нормам Республики Беларусь СНБ 5.03.01-02 «Бетонные и железобетонные конструкции»

Эти нормы во многом повторяют еврокод ЕС EN 1991-1-1-2009, но со своими доработками.

Расчёт производят для плоских перекрытий при действии на них сосредоточенных силы или реакции. Прочность на продавливание, определяется вдоль расчётного критического периметра, отстоящий на расстоянии $1{,}5d$ от внешней грани колонны (рис. 3 б, г, д). Расчёт без поперечной арматуры выполняют по формуле:

$$v_{Sd} \le v_{Rd,c} = [0{,}15k \cdot (100\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} - 0{,}10\,\sigma_{cp}] \cdot d, \quad (5)$$

но не менее $(0{,}5\,f_{ctd} - 0{,}10\,\sigma_{cp}) \cdot d$.

С поперечной арматурой – по формулам (6) – для первого периметра, (7) – для следующих периметров:

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + A_{swi} \cdot f_{ywd} / u_1, \quad (6)$$

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + A_{swi} \cdot f_{ywd} \cdot d / (u_1 \cdot s_w). \quad (7)$$

Расчёт на продавливание по нормам ЕС EN 1991-1-1-2009 «Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие привила и правила для зданий»

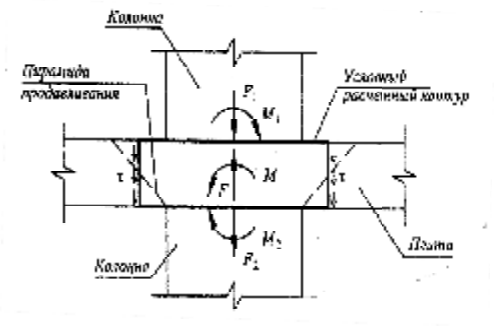
Расчёт производят для плоских перекрытий при действии на них сосредоточенных силы или реакции. Прочность на продавливание, определяется вдоль расчётного критического периметра, отстоящий на расстоянии $2{,}0d$ от внешней грани колонны (рис. 3 е, ж). Расчёт без поперечной арматуры выполняют по формуле:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c}\,k \cdot (100\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp} \ge v_{min} + k_1\,\sigma_{cp}. \quad (8)$$

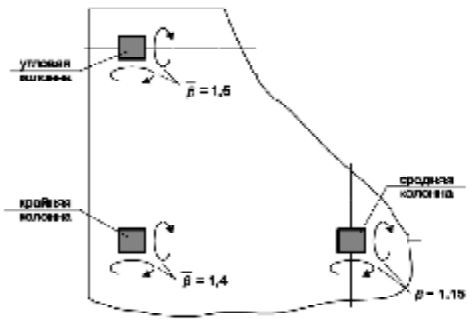
С поперечной арматурой – по формуле:

$$v_{Rd,cs} = 0{,}75\,v_{Rd,c} + 1{,}5 \cdot d/s_r \cdot A_{sw} f_{ywd,ef} \cdot 1/(u_1 \cdot d) \cdot \sin\alpha. \quad (9)$$

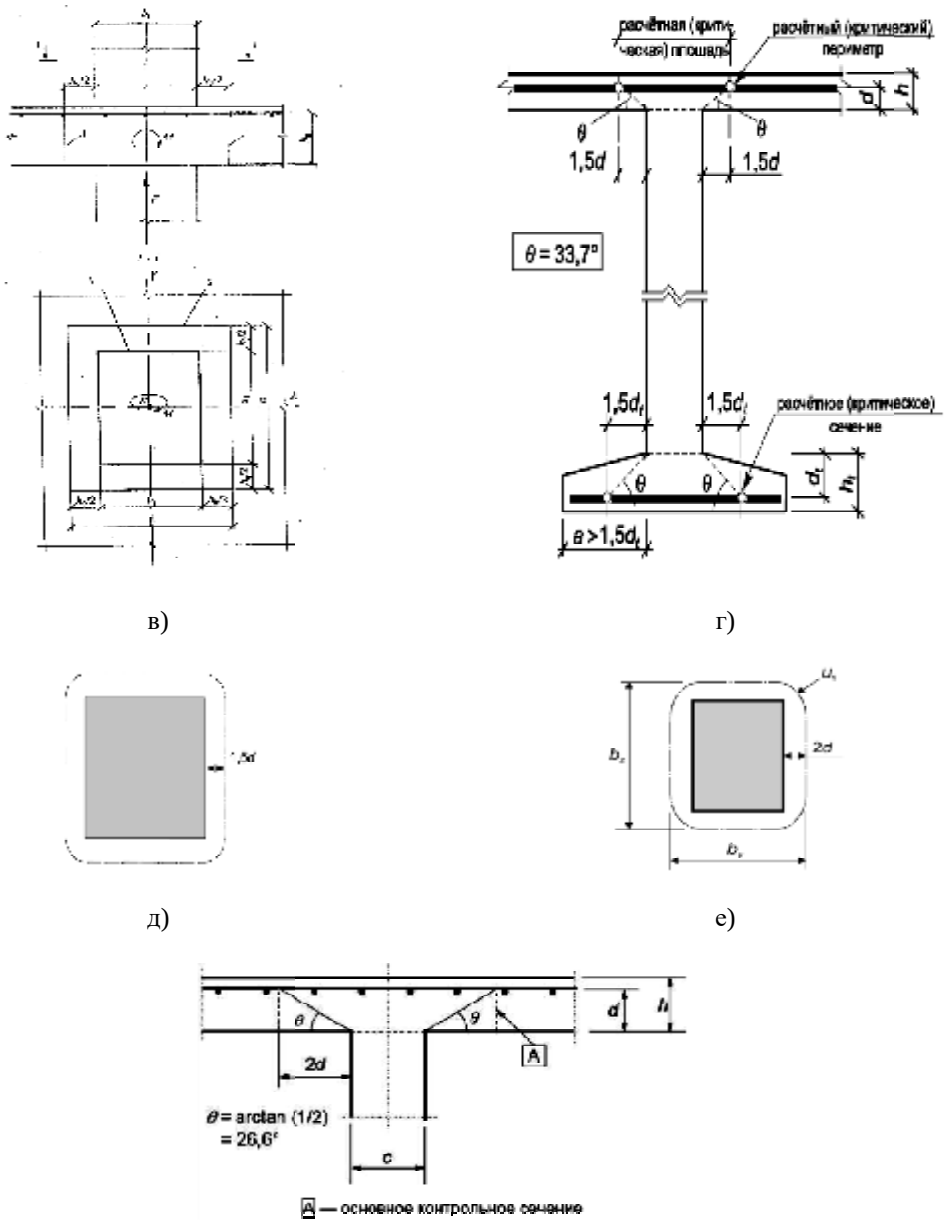
В СП 63.13330.2012 основной расчётной характеристикой прочности бетона на продавливание является расчётное сопротивление бетона растяжению (R_{bt}). В нормах других стран (СНБ 5.03.01-02, EN 1991-1-1-2009) прочность бетона при сжатии – f_{ck},, соответствует расчётному сопротивлению сжатию бетона – R_b.



а)



б)



в) г)

д) е)

ж)

Рис. 3. К расчёту на продавливание:
(условные модели: а – по СП 63.13330.2012; г – по СНБ 5.03.01-02; ж – по EN 1991-1-1-2009);
б – значение коэффициентов $\overline{\beta}$ по СНБ 5.03.01-02,
EN 1991-1-1-2009 – для расчёта погонной поперечной силы;
в – схема для расчёта железобетонных элементов без поперечной арматуры
на продавливание по СП 63.13330.2012;
д – критический периметр для площадей приложения местной нагрузки по СНБ 5.03.01-02;
е – основной контрольный периметр по EN 1991-1-1-2009

Модели, принятые за основу для создания расчёта на продавливание

По мнению Залесова А.С. [7] при сравнительно небольших относительных значениях пролёта среза может быть использована каркасно-стержневая модель для расчёта плоских железобетонных перекрытий на продавливание, включающая наклонные сжатые, пространственно расположенные бетонные элементы, следующие от нагруженной площадки к опорам, и горизонтальные растянутые элементы продольной арматуры (рис. 2а).

В работе руководителя направления Мирсаяпова Ил.Т. [8] рассмотрена гипотеза клина Л. Оберта. Согласно гипотезе, разрушение бетонных сжатых элементов можно описать следующим образом:

- под грузовыми и опорными площадками образуются уплотнения в виде клиньев;
- при возрастании внешней нагрузки, в результате давления этих клиньев на окружающий бетон, происходит увеличение главных растягивающих напряжений между вершинами клиньев;
- при достижении этими напряжениями предела прочности бетона на растяжение происходит разрушение элемента; при этом разрушение элемента характеризуется как процесс преодоления сопротивления бетона отрыву, сдвигу.

В работе научного руководителя Никитина Г.П. [9] рассмотрена модель разрушения бетона в сжимающем силовом потоке.

В общем виде условие прочности для модели разрушения бетона в сжимающем силовом потоке (рис. 2г) запишется по формуле:

$$N \le N_{ult} = \frac{N_{bt}cos\alpha+2N_{sh}}{sin\alpha} + N_{ef}, \quad (10)$$

где $N_{bt} = R_{bt} \cdot A_{bt}$ – сопротивление отрыву;
$N_{sh} = 3R_{bt} \cdot A_{sh}$ – сопротивление сдвигу;
$N_{ef} = R_b \cdot A_{ef}$ – сопротивление раздавливанию;
$A_{bt} = (x_c/cos\alpha)-2a$ – площадь отрыва;
$A_{sh} = 2a \cdot ctg\alpha$ – площадь сдвига;
$A_{ef} = a \cdot sin\alpha$ – площадь раздавливания;
$\alpha = arctg[(0{,}25R_b/R_{bt}-1{,}56]$ – угол наклона клина к площадке приложения нагрузки.

Подставив в выражение (10) геометрические и физические характеристики, приведённые выше и на рисунках (рис. 4), получим расчётное выражение для предельного усилия ($N_{i,ult}$), воспринимаемого сжатым подкосом:

$$N_{i,ult} = \frac{N_{bt} \cdot cos\alpha \cdot sin\alpha+3R_{bt} \cdot A_{sh} \cdot sin\alpha}{sin\alpha} + N_{ef} \cdot cos\alpha. \quad (11)$$

Подставив в выражение (11) полученные выше значения площадей отрыва, сдвига, раздавливания получим окончательное значение $N_{i,ult}$ в ньютонах на погонный миллиметр по среднему периметру (u, в мм):

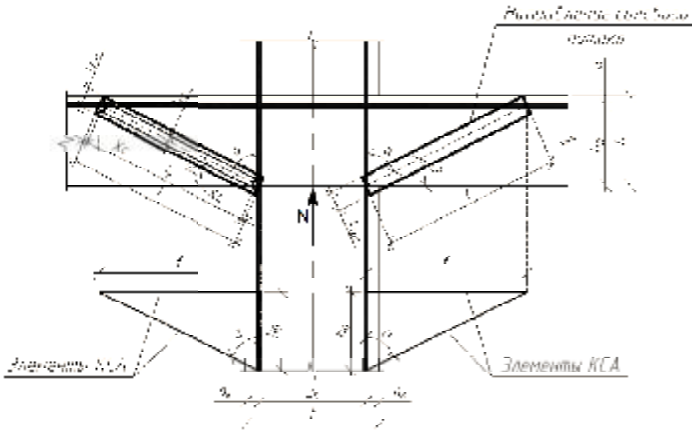
$$N_{i,ult} = 2R_{bt} \cdot ctg\alpha \left[\frac{h_0}{cos\alpha} + 2a\left(\frac{6}{sin\alpha} - 1\right)\right] + 2aR_b sin\alpha \cdot cos\alpha. \quad (12)$$

Учитывая, что полная величина продавливающей силы определяется как произведение единичного усилия сжатого элемента на средний периметр (u):

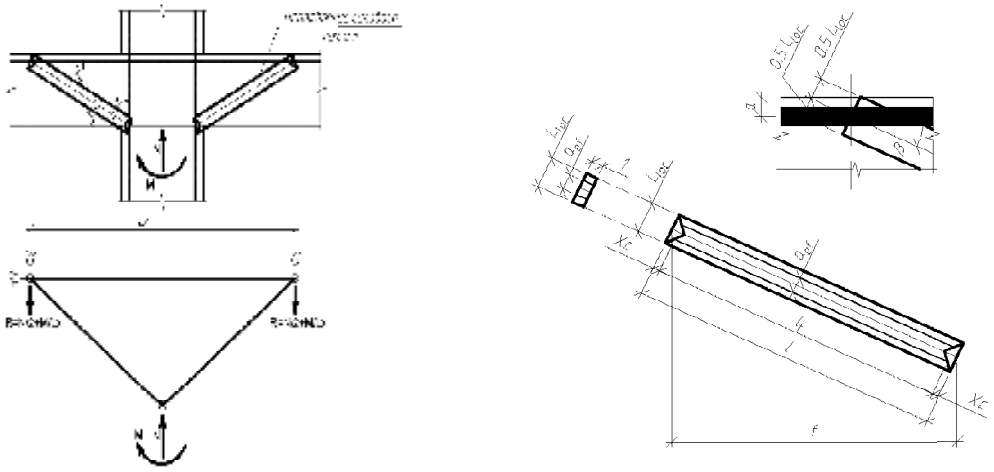
$$N_{ult} = N_{i,ult} \cdot u. \quad (13)$$

Расчётная величина полной величины предельной несущей способности на продавливание плоского перекрытия, с применением каркасно-стержневой модели, будет иметь следующий вид:

$$N_{ult} = \{2R_{bt} \cdot ctg\alpha \left[\frac{h_0}{cos\alpha} + 2a\left(\frac{6}{sin\alpha} - 1\right)\right] + 2aR_b sin\alpha \cdot cos\alpha\} \cdot u. \quad (14)$$



а)



б) в)

Рис. 4. Каркасно-стержневая модель: а – геометрическая схема; б – статическая схема; в – геометрические характеристики сжатого подкоса единичной ширины (иллюстрация авторов)

С практической точки зрения, немаловажным является обеспечение качественного уплотнения бетона плиты перекрытия в зоне стыка с колонной, уход за бетоном для набора им проектной прочности, в том числе, при отрицательных температурах. Проблеме обеспечения прочности стыка колонна-перекрытие при зимнем бетонировании посвящена работа Павлова В.В., Хорькова Е.В. [11].

Заключение

Теоретические исследования напряжённо-деформированного состояния продавливания плоских плит колонной в зоне их сопряжения с применением каркасно-стержневой модели и модели разрушения бетона позволили получить расчётное выражение (14). Данное выражение наиболее точно описывает фактическую работу бетона, в котором разрушение происходит от совместного действия напряжения сдвига (среза), сжатия, отрыва. Плоские перекрытия способствуют максимальному использованию объёмно-планировочных решений, в том числе, по высоте этажа.

Список библиографических ссылок

1. Wensheng B. Punching shear retrofit method using shear bolts for reinforced concrete slabs under seismic loading. University of Waterloo, 2008. 233 p.
2. Muttoni A. Shear and punching strength of slabs without shear reinforcement // Beton- und Stahlbetonbau. 2003. Vol. 98. № 2. P. 74–78.
3. Yarov V., Plyasunov E. The results of theoretical research of capital-free overlappings Annual Proceedings of University of Architecture. Civil Engineering and Geodesy. Sofia. Bulgaria. Vol. XLIU. fasc. V. 2006–2007.
4. Яров В. А., Коянкин А. А. Экспериментальные и численные исследования стыков монолитных перекрытий с колоннами // Вестник МГСУ. 2008. № 3. С. 45–50.
5. Болгов А. Н., Сокуров А. З. Поперечное армирование плит в зоне продавливания // Academia. Архитектура и строительство. 2017. № 2. С. 128–132.
6. Трекин Н. Н., Пекин Д. А. Применение скрытых металлических капителей в безбалочных монолитных перекрытиях // Современная наука и инновации. 2016. № 2. С. 110–115.
7. Залесов А. С. Проектирование и расчёт железобетонных монолитных зданий. М. : Типография Военного издательства, 2010. 279 с.
8. Мирсаяпов Ил. Т. Разработка научных основ теории выносливости железобетонных конструкций при совместном действии изгибающих моментов и поперечных сил / Автореферат доктора технических наук. 2017. 394 с.

9. Никитин Г. П. Прочность горизонтальных стыков железобетонных конструкций. М. : АСВ, 2010. 104 с.
10. Оберт Л. Хрупкое разрушение горных пород. Разрушение. Т. 7. ч. 1. М. : Мир, 1976. С. 56–125.
11. Павлов В. В., Хорьков Е. В. Обеспечение прочности стыка «колонна-перекрытие» монолитных железобетонных конструкций при зимнем бетонировании // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 1. С. 83–88.

Mirsayapov Ilshat Talgatovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: itmir@kgasu.ru
Nikitin Georgy Petrovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: g.nikitin@gap-rt.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Khanbekov Midkhat Faridovich
head of OGK group
E-mail: m.khanbekov@gap-rt.ru
JSC «Kazan Giproniiaviaprom»
The organization address: 420127, Russia, Kazan, Dementeva st., 1

Theoretical investigations of the stress-strain state of flat reinforced concrete floors punching in places of interface with columns

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to study the theoretical data of the previously proposed structural solutions of the junction of the overlap with the column, the development of methods for calculating the flat concrete floors for punching using models of operation and destruction of concrete and reinforced concrete.

Results. The main results of the study consist in the analysis of scientific papers on the topic of the joint of reinforced concrete slab with a column, comparison of methods for calculating the slabs for punching in places mates with columns for Russian, Belarusian, European standards. Different approaches to the calculation give different results, which differ significantly.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry lies in the fact that the results of theoretical studies are applicable to create a technique that allows to perform calculations on the extrusion of flat concrete floors in the places of conjugation with columns using a frame-rod model. Flat floors contribute to the maximum use of space-planning solutions, including the height of the floor, facilitate wiring under the overlap of utilities.

Keywords: frame-and-rod model, the calculation of the ceiling for punching, horizontal joint, local compression, the hypothesis of the wedge failure due to overcome the resistance of the concrete detachment, shear, and crushing.

References

1. Wensheng B. Punching shear retrofit method using shear bolts for reinforced concrete slabs under seismic loading. University of Waterloo, 2008. 233 p.
2. Muttoni A. Shear and punching strength of slabs without shear reinforcement // Beton- und Stahlbetonbau. 2003. Vol. 98. № 2. P. 74–78.
3. Yarov V., Plyasunov E. The results of theoretical research of capital-free overlappings Annual Proceedings of University of Architecture. Civil Engineering and Geodesy. Sofia. Bulgaria. Vol. XLIU. fasc. V. 2006-2007.
4. Yarov V. A., Konkin A. A. Experimental and numerical studies of joints of monolithic slabs with columns // Vestnik MGSU. 2008. № 3. P. 45–50.

5. Bolgov A. N., Sokurov A. Z. Transverse reinforcement of plates in the area of punching // Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo. 2017. № 2. P. 128–132.
6. Trekin N. N., Beijing D. A. Use of hidden metal capitals in the beam-free monolithic slabs // Sovremennaya nauka i innovatsii. 2016. № 2. P. 110–115.
7. Zalesov A. S. Design and calculation of reinforced concrete monolithic buildings. M. : Tipografiya Voyennogo izdatel'stva, 2010. 279 p.
8. Mirsayapov Il. T. Development of scientific foundations of the theory of strength of reinforced concrete structures under the combined action of bending moments and transverse forces / Abstract of doctor of technical sciences. 2017. 394 p.
9. Nikitin G. P. Strength of horizontal joints of reinforced concrete structures. M. : ASV, 2010. 104 p.
10. Obert L. Brittle fracture of rocks. Destruction. Vol. 7. part 1. M. : Mir, 1976. P. 56–125.
11. Pavlov V. V., Horkov E. V. Ensuring the strength of the joint «column-overlap» monolithic reinforced concrete structures in winter concreting // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov 2018. № 1. P. 83–88.

УДК 624.153.6
Мирсаяпов Илизар Талгатович
доктор технических наук, профессор
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Королева Ирина Владимировна
кандидат технических наук, доцент
E-mail: 79178711218@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследования влияния миграции воды на изменения физико-механических характеристик глинистого грунта в условиях трехосного нагружения

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследований глинистого грунта нарушенной структуры – выявить особенности миграции воды в пределах образца на различных этапах режимного нагружения. Существующие данные об экспериментальных исследованиях в данном направлении носят разрозненный характер.

Результаты. Основными результатами выполненных исследований являются новые данные об изменении влажности в характерных зонах образца в процессе режимного трехосного загружения, а также влияние установленного изменения на механические характеристики грунта. Выполнен анализ результатов исследований и установлены некоторые закономерности.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в установлении влияния миграции воды в пределах образца на изменение прочностных параметров глинистого грунта в условиях трехосного сжатия, что позволяет достоверно моделировать поведение грунта в основании фундамента.

Ключевые слова: глинистый грунт, влажность грунта, трехосное сжатие, угол внутреннего трения, удельное сцепление, миграция воды.

Ведение

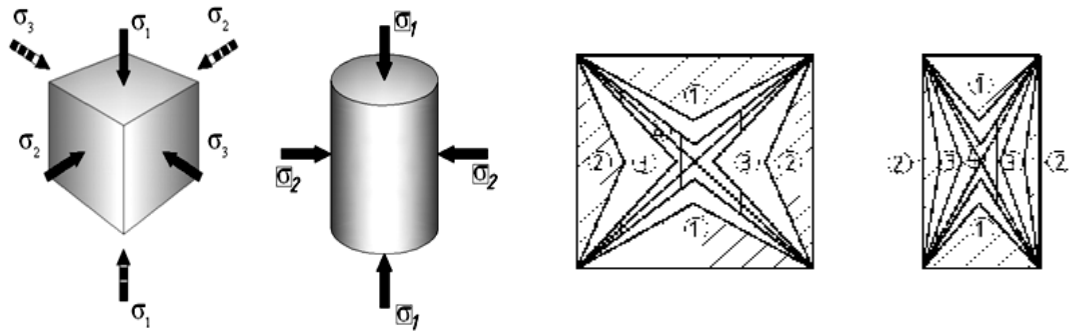
Современные запросы строительной отрасли возрастают в связи с активным освоением подземного пространства, заглубляясь до 100 м ниже дневной поверхности земли. Особенности поведения грунтов оснований фундаментов глубокого заложения, которые являются неотъемлемой частью подземных сооружений и высотных зданий, рассмотрены в работах российских и зарубежных исследователей [1-9]. Вышеназванные исследования показывают, что проблемы, возникающие при устройстве таких фундаментов и их оснований, связаны с неадекватным прогнозированием поведения грунтов. Это ставит перед геотехникой вообще и механикой грунтов в частности новые задачи, для решения которых требуются новые или усовершенствованные модели грунтов [9, 10]. При этом доля ответственности за выданные для проектирования результаты инженерно-геологических исследований и определенные значения физико-механических характеристик грунтов оснований существенно возрастает. Вопросы изменения механических характеристик грунтов во времени в процессе приложения нагрузки входят на первый план. В работе авторов [10] рассматривался вопрос о наличии в образце грунта после испытаний зон различной плотности и непостоянстве значений угла внутреннего трения и удельного сцепления грунта во времени, также авторами было оценено влияние режима нагружения на деформации образцов и разработана расчетная модель дилатирующего грунта. Некоторые особенности определения характеристик грунтов для современных расчетных моделей в лабораторных условиях описаны в работе [8].

Однако вопрос миграции влаги и изменения плотности в образце в процессе испытания изучен недостаточно. В связи с вышеизложенным, на кафедре Оснований, фундаментов, динамики сооружений и инженерной геологии Казанского государственного архитектурно-строительного университета были проведены

экспериментальные исследования по изучению изменения физико-механических характеристик глинистых грунтов в условиях трехосного сжатия.

Экспериментальные исследования

Для испытаний использовались приборы трехосного сжатия кубической формы и стабилометрического типа. Образцы для первого прибора изготавливались в виде куба с размерами граней 100×100 мм, образцы цилиндрической формы имели размеры 38×76 мм (рис. 1а).



а) б)

Рис. 1. Схемы: а) Схема нагружения образца:
кубической формы (слева) и цилиндрического (справа);
б) Схема расположения локальных зон различной плотности в образце кубической формы (слева) и цилиндрического (справа) при трехосных испытаниях:
1 – вертикальные уплотненные пирамиды; 2 – уплотненные пирамиды у боковых граней;
3 – зона однородного напряженного состояния; 4 – зона дилатансии (иллюстрация авторов)

Испытывались глинистые грунты нарушенной структуры, приготовленные из пасты, чтобы исключить влияние инородных включений в виде крупных заполнителей и крупных пор, и грунты природного сложения.

Было проведено 4 серии испытаний. Образцы первой и второй серии выдерживались 30 минут под всесторонним давлением, а затем, с кратковременной выдержкой, которая составляла не более 10 минут, производилось девиаторное нагружение. Третья и четвертая серии экспериментов проводились по аналогичным схемам загружения, однако изменялось время выдержки, как на этапе всестороннего обжатия, так и на этапах приложения девиаторной нагрузки. В первой и третьей сериях экспериментов образцы были доведены до разрушения при девиаторном нагружении по схеме «раздавливания», а испытания второй и четвертой серий были остановлены на этапе приложения ступеней девиаторного нагружения с целью изучения изменения характеристик грунта в образце в процессе приложения нагрузки.

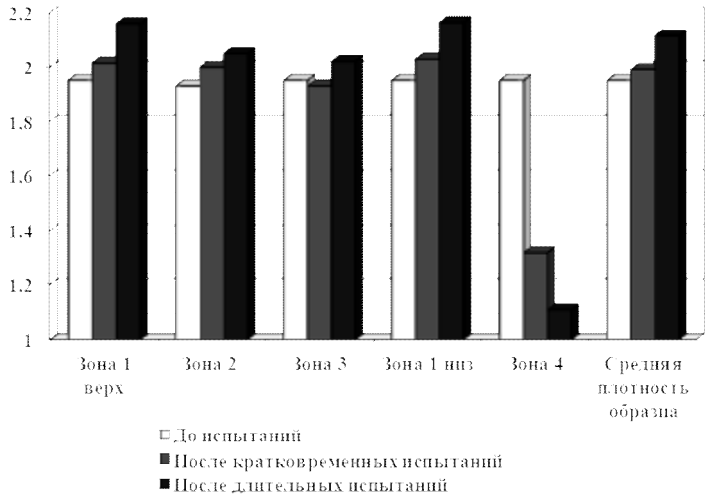
После завершения испытаний из характерных зон образцов (рис. 1б) отбирались пробы грунта и определялись их плотность, влажность, удельное сцепление и угол внутреннего трения.

На рис. 2а представлены данные об изменении плотности грунта в характерных зонах, полученные после «раздавливания» образцов при кратковременном (серия 1) и длительном (серия 3) загружениях.

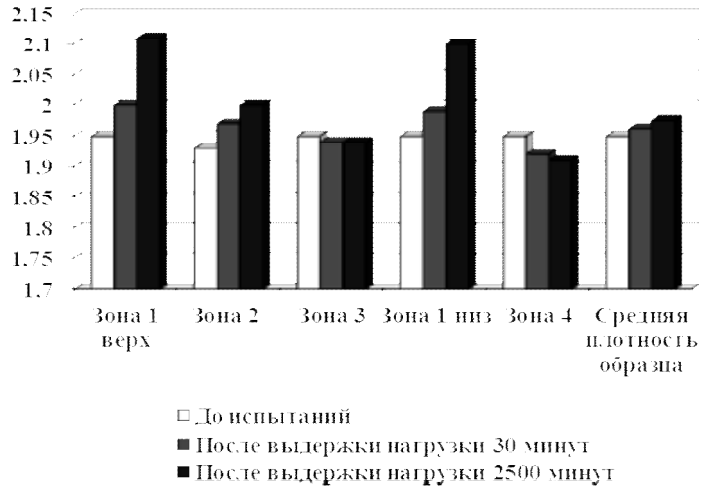
Результаты распределения плотности и влажности в образцах грунта, имеющих разное время приложения всестороннего обжатия и не доведенных до разрушения вертикальной статической нагрузкой (серии 2 и 4), приведены на рис. 2б.

В результате экспериментальных исследований плотности и влажности грунта образцов установлено, что после разрушения образца первой серии испытаний в зоне 1 произошло уплотнение грунта на 5 % относительно значения исходной плотности при максимально возможном увеличении плотности в указанной зоне на 12 % в условиях длительного нагружения (серия 3) (рис. 2а), при этом на этапе всестороннего обжатия за 30 минут грунт в вертикальных пирамидах доуплотнился на 2,5 %, а в серии 4

зафиксировано доуплотнение до 8 % (рис. 2б). Полученные результаты показывают, что на первых этапах нагружения происходит доуплотнение грунта с образованием разных по плотности зон, при этом прирост плотности существенно зависит от скорости приложения нагрузки. Этот факт подтверждает теорию о механизме деформирования и разрушения образца, предложенную авторами [10].



а)



б)

Рис. 2. Данные по изменению плотности в характерных зонах образца:
а) после разрушения; б) на первой ступени девиаторного нагружения (иллюстрация авторов)

Влажность грунта также не является постоянной величиной (рис. 3). На этапе всестороннего обжатия при кратковременной выдержке (серия 2) влажность в уплотненной зоне 1 уменьшилась на 0,86 % от начального значения, а в зоне 4 увеличилась на 1,1 %, после разрушения образца кратковременной статической нагрузкой (серия 1) влажность в зоне 1 составила 96,2 %, а в зоне 4 – 98 % от исходного значения. Увеличение длительности всестороннего обжатия (серия 4) привело к изменению влажности в вертикальной уплотненной зоне на 1,77 %, а в зоне разуплотнения – на 2,6 %. Полученные результаты показывают, что уменьшение скорости нагружения способствует перемещению большего объема воды в зону разуплотнения.

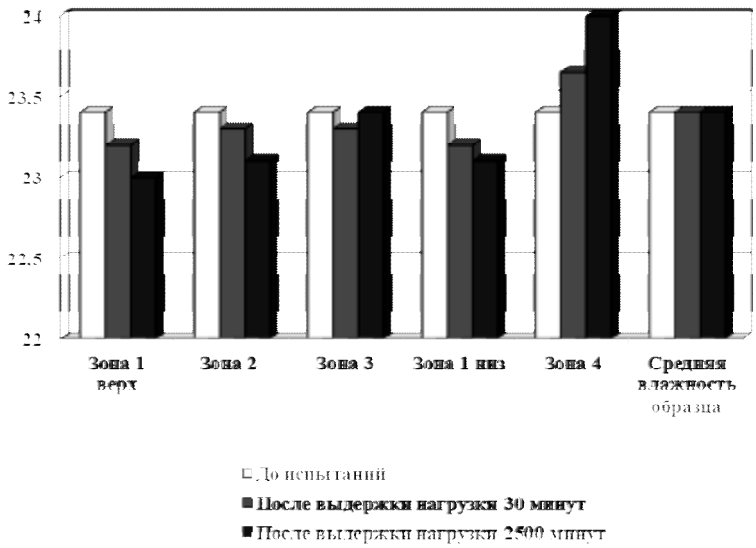
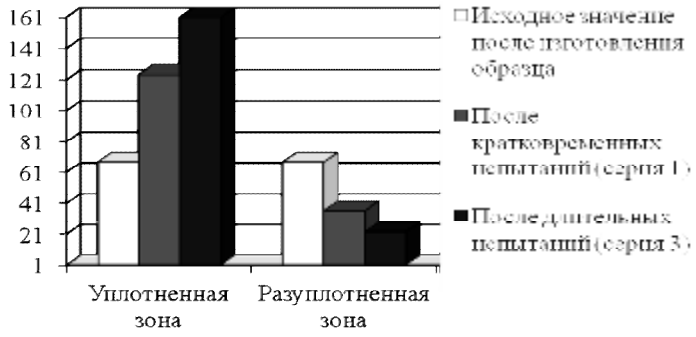
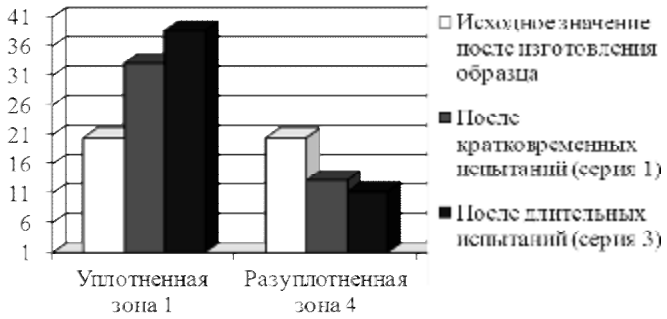


Рис. 3. Данные по изменению влажности (%) в характерных зонах образца на первой ступени девиаторного нагружения (иллюстрация авторов)

Из характерных зон образцов 1 и 4, разрушенных девиаторным нагружением, были отобраны пробы грунта и определены прочностные характеристики: угол внутреннего трения – φ и удельное сцепление – c. В уплотненной зоне зафиксировано увеличение механических характеристик по сравнению с начальными значениями φ и c на 88 % и 138 % соответственно, а в локальной зоне 4 зафиксировано снижение φ до 45 % и c до 67 % (рис. 4).



а)



б)

Рис. 4. Данные по изменению параметров прочности грунта в характерных зонах образца:
а) Данные по изменению угла внутреннего трения – φ в характерных зонах образца;
б) Данные по изменению удельного сцепления – c в характерных зонах образца
(иллюстрация авторов)

Анализ полученных данных позволил установить, что, независимо от режима нагружения образца (длительного или кратковременного) и типа испытательного оборудования, в образце формируется сложное напряженное состояние, которое способствует образованию зон различной плотности и влажности. Размеры указанных зон, плотность и влажность грунта в их пределах не являются постоянной величиной и изменяются в течение нагружения.

Теоретические исследования

В процессе нагружения в образце грунта одновременно происходит два взаимосвязанных процесса: формирование и развитие зон различной плотности и миграция влаги между этими зонами.

Рассмотрим каждый из выше названных процессов в отдельности.

Формирование уплотненных зон начинается на этапе всестороннего обжатия и их первоначальные размеры и плотность зависят от величины средних нормальных напряжений и длительности этапа приложения нагрузки (рис. 2б). Увеличение размеров уплотненных зон зависит от угла наклона площадки предельного равновесия, в плоскости которой начинается образование микротрещин, в зависимости от преобладающего процесса: либо объединение микротрещин в макротрещину и формирование площадки сдвига и, как следствие, разрушение грунта, либо залечивание путем восстановления коллоидных связей и схлопывание микротрещин и, как результат, упрочнение грунта в рассматриваемой плоскости и поворот площадки предельного равновесия при дальнейшем нагружении, рост уплотненной зоны и дальнейшее ее движение как жесткого тела внутри образца [10].

Миграция влаги из зоны уплотнения в зону разупрочнения с уменьшающейся, вследствие образования микротрещин, плотностью (зона дилатансии) происходит в процессе всего нагружения. При этом в зоне дилатансии (зона 4 рис. 1б), являющейся зоной, в которой образовываются микротрещины и, соответственно, плотность грунта образца является минимальной (рис. 2а). Происходит выдавливание влаги из зон уплотнения, плотность грунта в разуплотненной зоне при длительных испытаниях составляет 67,7 % от начального значения, а влажность увеличивается на 3 %. Указанная свободная вода в микротрещинах включается в процессы самозалечивания грунта, то есть образования коллоидных связей между частицами. Таким образом микротрещина заполняется коллоидным раствором, концентрация напряжений в вершине трещины уменьшается и процесс разрушения затухает до тех пор, пока новый этап нагружения образца не вызывает увеличения напряжений в данной точке. Следует отметить, что одновременно эта вода выступает в качестве смазки между частицами грунта на поверхности скольжения, уменьшает силу трения и удельное сцепление между ними и способствует сдвигу одной части грунта в образце относительно другой.

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить, что длительность этапа нагружения существенно влияет на объем перемещаемой жидкости.

При кратковременных испытаниях не вся свободная вода вытесняется из пор и скорость перемещения воды меньше чем при длительных испытаниях, то есть влага не успевает в полном объеме переместиться в зону 4 (рис. 1б), поврежденную микротрещинами. В этом случае, процессы разрушения преобладают над процессами самозалечивания ввиду нехватки влаги для восстановления коллоидных связей, кроме того часть влаги, переместившаяся в зону 4, выступает в качестве скользящей прослойки между частицами грунта и ускоряет сдвиговые процессы. Этот факт подтверждается существенным снижением удельного сцепления и угла внутреннего трения в зоне дилатансии в образце.

Заключение

Установлено, что независимо от режима нагружения образца и типа испытательного оборудования в образце формируется сложное напряженное состояние, которое способствует образованию зон различной плотности и влажности. Размеры этих зон, плотность и влажность грунта, его механические характеристики в пределах указанных зон не являются постоянной величиной и изменяются в течение нагружения.

Список библиографических ссылок

1. Ильичев В. А., Мангушев Р. А. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М. : АСВ, 2014. 728 с.
2. Петрухин В. П. Геотехнические проблемы строительства в Москве – крупнейшем мегаполисе России : сб. тр. международной конференции – Геотехнические проблемы мегаполисов / ГК «Георекнструкция». Москва, 2010. Том 1. С. 259–320.
3. Katzenbach R. Soil-structure-interaction of Tunnels and Superstructures During Construction and Service Time // Procedia Engineering. 2013. Vol. 57. P. 35–44.
4. Тер-Мартиросян З. Г., Тер-Мартиросян А. З., Соболев Е. С. Ползучесть и виброползучесть грунтов : сб. тр. XIV международного симпозиума по реологии грунтов – Перспективные направления развития теории и практики в реологии и механике грунтов / КГАСУ. Казань, 2014. С. 8–23.
5. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading : Proc. intern. symp., Kyoto, Japan – Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics / Balkema. Lieden, 2014. P. 742–747.
6. Tanaka T., Yoshiyuki Mohri, Zhussupbekov A. Zh. Elasto-plastic and Viscoplastic Finite Element Analysis – Direct Shear Box Test and Dynamic Deformation of Reinforced Embankment Dam : сб. тр. XIII международного симпозиума по реологии грунтов – Достижения, проблемы и перспективные направления развития для теории и практики механики грунтов и фундаментостроения / КГАСУ. Казань, 2012. С. 18–26.
7. Шакиров И. Ф., Гайфуллина В. А. Исследование влияния добавок на инъекционные свойства цементных растворов, применяемых при укреплении грунтов напорной цементацией : сб. ст. XXI международной научно-практической конференции – Технические науки – от теории к практике / Научный журнал «Globus». Санкт-Петербург, 2017. С. 37–41.
8. Тер-Мартиросян А. З., Мирный А. Ю., Соболев Е. С. Особенности определения параметров современных моделей грунта в ходе лабораторных испытаний // Геотехника. 2016. № 1. С. 66–72.
9. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground / Balkema. Lieden, 2014. P. 401–404.
10. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Strength and deformability of clay soil under different triaxial load regimes that consider crack formation // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2016. Vol. 53. Iss. 1. P. 5–11.

Mirsayapov Ilizar Talgatovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: mirsayapov@kgasu.ru
Koroleva Irina Vladimirovna
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: 79178711218@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Studies of the water migration effect on changes in the clay soil physicomechanical characteristics under triaxial loading conditions

Abstract

Problem statement. The purpose of the study of clay soil of a damaged structure is to identify the features of water migration within the sample at various stages of regime loading. Existing data on experimental studies in this direction are scattered.

Results. The main results of the studies performed are new data on the change in humidity in the characteristic areas of the sample during the regime of triaxial loading, as well as the effect of the established change on the mechanical characteristics of the soil. The analysis of the research results is carried out and some regularities are established.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in determining the effect of water migration within the sample on the change in the strength parameters of clayey soil under three-axis compression conditions, which makes it possible to reliably model the behavior of the soil in the base of the foundation.

Keywords: clay soil, soil moisture, triaxial compression, angle of internal friction, specific adhesion, water migration.

References

1. Ilyichev V. A., Mangushev R. A. Directory geotechnics. Bases, foundations and underground structures. M. : ASV, 2014. 728 p.
2. Petrukhin V. P. Geotechnical problems of construction in Moscow – the largest metropolis of Russia : proceedings of the International Conference – Geotechnical problems of megacities / GC «Georeconstruction». Moscow, 2010. Vol. 1. P. 259–320.
3. Katzenbach R. Soil-structure-interaction of Tunnels and Superstructures During Construction and Service Time // Procedia Engineering. 2013. Vol. 57. P. 35–44.
4. Ter-Martirosyan Z. G., Ter-Martirosyan A. Z., Sobolev Ye. S. Creep and vibrocreep of soils : proceedings of the XIV International Symposium on Soil Rheology – Promising directions for the development of theory and practice in rheology and soil mechanics / KGASU. Kazan, 2014. P. 8–23.
5. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading : Proceedings international symposium, Kyoto, Japan – Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics / Balkema. Lieden, 2014. P. 742–747.
6. Tanaka T., Yoshiyuki Mohri, Zhussupbekov A. Zh. Elasto-plastic and Viscoplastic Finite Element Analysis – Direct Shear Box Test and Dynamic Deformation of Reinforced Embankment Dam : proceedings of the XIII international symposium on Soil Rheology – Achievements, Problems and Perspective Directions of Development for the Theory and Practice of Soil Mechanics and Foundation Engineering Problems / KGASU. Kazan, 2012. P. 18–26.
7. Shakirov I. F., Gayfullina V. A. Researches of the effect from additives on the cement mortars injection properties used in strengthening soil pressure cementation : dig of art. of the XXI International Scientific and Practical Conference – Technical Sciences – from theory to practice / Nauchnyy zhurnal «Globus». St. Petersburg, 2017. P. 37–41.
8. Ter-Martirosyan Z. G., Mirnyj A. Yu., Sobolev Ye. S. Features of determining the parameters of modern soil models during laboratory tests // Geotechnika. 2016. № 1. P. 66–72.
9. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground / Balkema. Lieden, 2014. P. 401–404.
10. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Strength and deformability of clay soil under different triaxial load regimes that consider crack formation // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2016. Vol. 53. Iss. 1. P. 5–11.

УДК 624.154.001.8
Мирсаяпов Илизар Талгатович
доктор технических наук, профессор
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Шакиров Марат Илдусович
ассистент
E-mail: jklnumb@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Сабирзянов Даниль Дамирович
директор
E-mail: danil198900@mail.ru
ООО «АртэксСтройПроект»
Адрес организации: 420097, Россия, г. Казань, ул. Лейтенанта Шмидта, д. 35а, оф. 312-313

Полевые испытания комбинированного плитно-свайного фундамента при циклическом нагружении

Аннотация

Постановка задачи. Целью проведения полевых испытаний является исследование влияния многократно повторяющихся циклических нагружений на несущую способность и развитие осадки плитно-свайного фундамента, т.к. в основном экспериментальные исследования данного типа фундаментов проводились другими исследователями при кратковременных и ступенчатых статических нагружениях.

Результаты. В качестве результата исследований были получены данные о напряженно-деформированном состоянии массива грунта в межсвайном пространстве и под нижним концом свай, а также сведения об изменении усилий в сваях при циклическом нагружении.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что определение влияния циклического нагружения на поведение элементов плитно-свайных фундаментов, в дальнейшем, открывает возможность для создания метода расчета осадки и несущей способности, учитывающего влияние циклической нагрузки на плитно-свайные фундаменты.

Ключевые слова: плитно-свайный фундамент, циклические нагрузки, слабый грунт, полевые испытания, осадки основания, деформации, усилия, межсвайное пространство.

Ведение

В настоящее время увеличивающаяся плотность застройки городов создает тенденцию к увеличению этажности зданий и сооружений, а также приводит к активному освоению подземного пространства для наиболее эффективного использования, выделенных под застройку, городских участков. В связи с этим многократно увеличиваются нагрузки на фундамент и грунтовые основания под ними, при этом осваиваются строительные площадки, ранее непригодные для строительства. Поэтому в качестве одного из способов решения проблемы увеличения несущей способности и уменьшения деформаций грунтового основания в строительстве широко применяются комбинированные плитно-свайные фундаменты (КПСФ). При этом влияние циклескиого нагружения на данный тип фундаментов малоизучен, т.к. российскими и зарубежными исследователями [1-10] рассмотрены, в основном, вопросы влияния кратковременных статических нагружений.

Экспериментальные исследования

Полевые испытания для исследования напряженно-деформированного состояния элементов комбинированного плитно-свайного фундамента при циклическом нагружении были проведены на испытательном полигоне кафедры «Основания,

фундаменты, динамика сооружений и инженерная геология» (ОФДСиИГ) Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) (рис. 1).

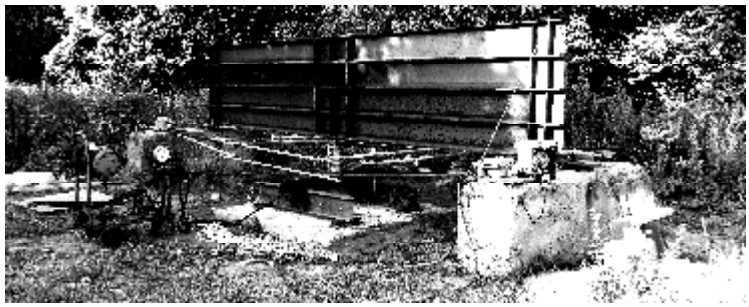


Рис. 1. Общий вид испытания плитно-свайного фундамента (иллюстрация авторов)

Перед устройством плитно-свайного фундамента сначала вырывался котлован размерами 3×3 м и глубиной 4 м, затем для определения деформаций и напряжений грунтового основания на определенных глубинах устанавливались грунтовые тензометрические датчики (рис. 2).

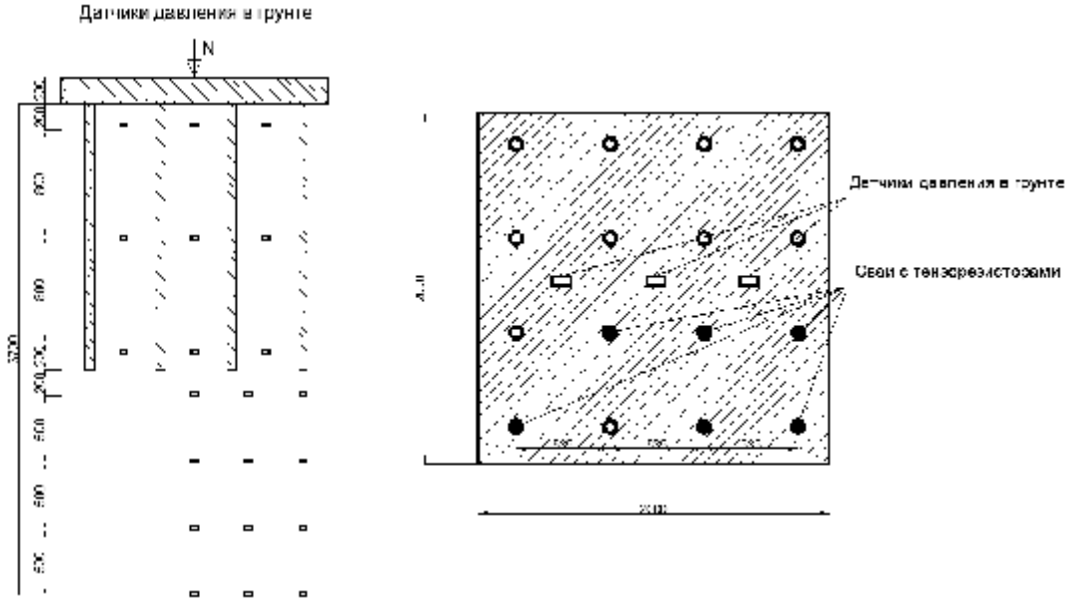


Рис. 2. Схема установки датчиков давления грунта и свай с тензорезисторами (иллюстрация авторов)

В качестве грунтового основания применялась супесь пластичная. Грунт уплотнялся равными порциями. Режим уплотнения для всех исследуемых образцов был единым. После уплотнения образец грунта до начала испытаний, в течение 1 месяца выдерживался под собственным весом. Для определения начальных физико-механических характеристик грунтового основания были пробурены скважины и отобраны пробы грунта методом режущих колец. У полученных значений отклонение от заданных величин находилось в пределах 0,2 % – по влажности и 0,2 кН/м^3 – по удельному весу, что подтверждает однородность распределения плотности и влажности приготовленного образца глинистого грунта w=12 %, ρ=1,65 г/см^3, E=12,8 МПа. Также были определены параметры прочности образца грунта: угол внутреннего трения – φ=20°, удельное сцепление частиц грунта – c=5 кПа.

Сваи плитно-свайного фундамента изготавливались следующим образом: сначала пробуривалась скважина длиной 2000 мм, диаметром 70 мм, далее производилась армирование сваи из арматурной стали класса А400 ø 10 мм. Для измерения усилий в

сваях на арматурные стержни были наклеены тензометрические датчики. После скважина заливалась мелкозернистым бетоном класса В15, W4. На протяжении всего испытания производились замеры вертикальных деформаций и усилий, возникающих в сваях. В качестве плиты была устроена монолитная железобетонная плита с размерами 2,0×2,0 м и высотой 0,2 м, выполненная из тяжелого бетона класса В15, каркас для армирования был выполнен из арматурной стали класса А400 ø 10 мм с шагом 150×150 мм. Схемы расположения датчиков давления в грунте и свай с, установленными на них, тензорезисторами показаны на рис. 2.

Осадка плитно-свайного фундамента также фиксировалась при помощи прогибомеров 6 ПАО с ценой деления 0,01 мм. Вертикальное нагружение плитно-свайного фундамента осуществлялось с помощью гидравлического домкрата. Испытания грунта при циклическом нагружении проводились по следующей методике (рис. 3): сначала плитно-свайному фундаменту ступенями прикладывалась вертикальная статическая нагрузка с интервалом 30 минут, затем, при достижении осадки s=30 мм, соответствующей вертикальному нагружению P_{max}=25 т, начиналась разгрузка плитно-свайного фундамента до P_{min}=12,5 т. Циклы выполнялись с чистотой 5×10^{-4} Гц (рис. 3).

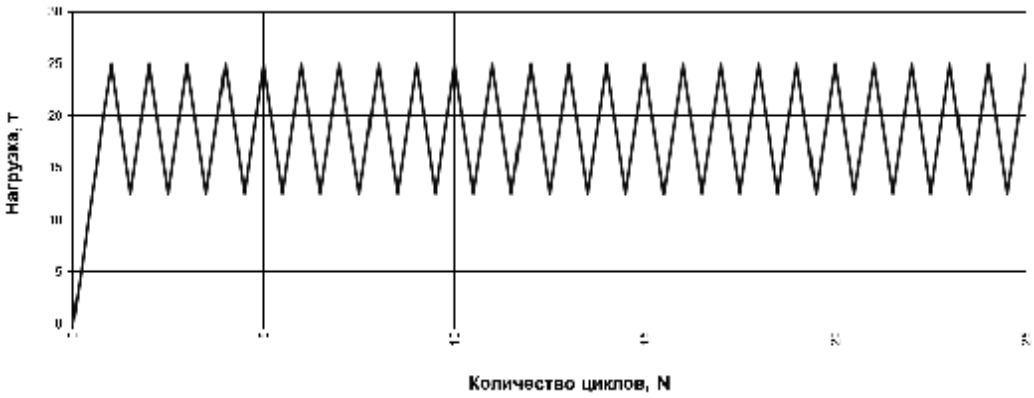


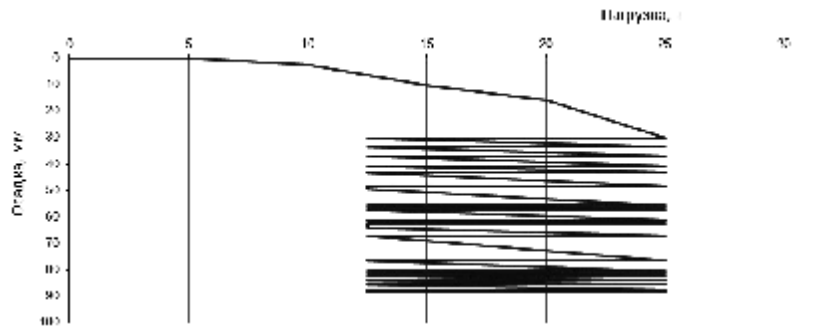
Рис. 3. Режим циклического нагружения при испытании плитно-свайного фундамента (иллюстрация авторов)

В качестве предельно допустимой осадки плитно-свайного фундамента было принято значение равное 80 мм.

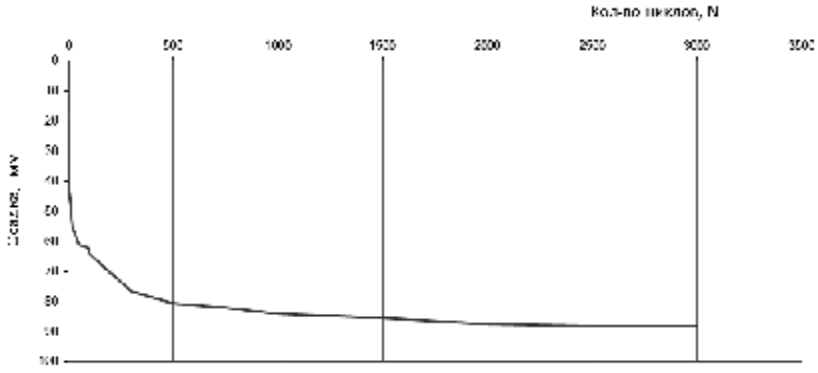
Результаты полевых испытаний

Увеличение осадки основания, при действии циклических нагружений, наблюдалось на всем протяжении испытания. На приведенных графиках S от F и S от N (рис. 4 а, б), наблюдается интенсивное развитие осадок в течение первых 500 циклов циклических нагружений, после чего увеличение осадки существенно уменьшалось.

Анализ изменения осадки основания после различного количества циклов показывает, что увеличение осадки происходит, в основном, за счет увеличения их остаточной части при циклическом нагружении (рис. 4 а). При этом в течение одного цикла величина осадки меняется незначительно. Во время испытаний зафиксированы изменения этих («упругих») осадок по мере увеличения количества циклов нагружения. Эти осадки в течение первых 20 циклов несколько уменьшаются. Снижение величины «упругих» осадок можно объяснить уплотнением за счет уменьшения объема пор грунта, которое по скорости развития опережает уменьшения модуля сдвига деформаций сдвига между сваями и грунтом межсвайного пространства. Поскольку наибольшее уплотнение грунта происходит в начальный период повторных нагружений, а изменение сцепления между грунтом и сваями является более длительным процессом, «упругие» осадки оснований начинают увеличиваться уже после первых 50 циклов нагружений. В случае, если не достигается предельное состояние основания, к моменту 1000 циклов нагружения наступает относительная стабилизация, т.е. зависимость F-S_{yn} становится близкой к линейной (рис. 4а).



а)



б)

Рис. 4. Графики развития осадки фундамента: а) осадка от нагрузки при циклическом нагружении; б) осадка от количества циклов нагружения (иллюстрация авторов)

Как видно из графика S от N (рис. 4 б) происходит переход криволинейной диаграммы в прямолинейную, что свидетельствует о переходе деформирования грунта в линейную стадию.

При этом осадки основания изменяются в процессе циклических нагружений аналогично деформациям грунта межсвайного пространства. В то же время увеличение осадок основания составляет до 30 % по сравнению с первым циклом нагружения.

На рис. 5 показаны изменения усилий в сваях. По мере увеличения количества циклов увеличиваются усилия в сваях в связи с тем, что происходит перераспределения деформаций и напряжений из грунта межсвайного пространства в сваи. Необходимо отметить, что наибольшие усилия возникают в рядовых и угловых сваях, а наименьше в центральных. Объясняется это тем, что в средней зоне условного фундамента, центральные сваи обжимает наиболее уплотненный грунт, а угловые и рядовые сваи взаимодействуют с участками менее уплотненного грунта за пределами плиты ростверка.

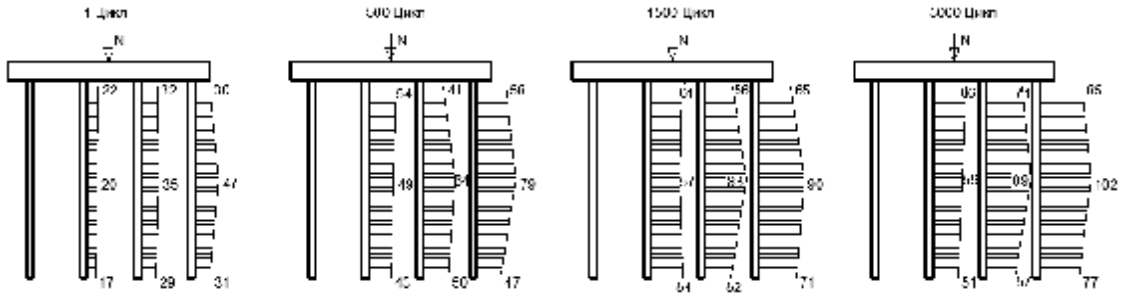


Рис. 5. Эпюры усилий в сваях после различного количества циклов, H (P_{min}=12,5 т, P_{max}=25 т) (иллюстрация авторов)

При циклическом нагружении плитно-свайного фундамента деформации в грунте межсвайного пространства уменьшаются во всем протяжении испытания (рис. 6). Таким образом, существенное уменьшение общих деформаций наблюдается под плитной частью плитно-свайного фундамента (до 2-х раз).

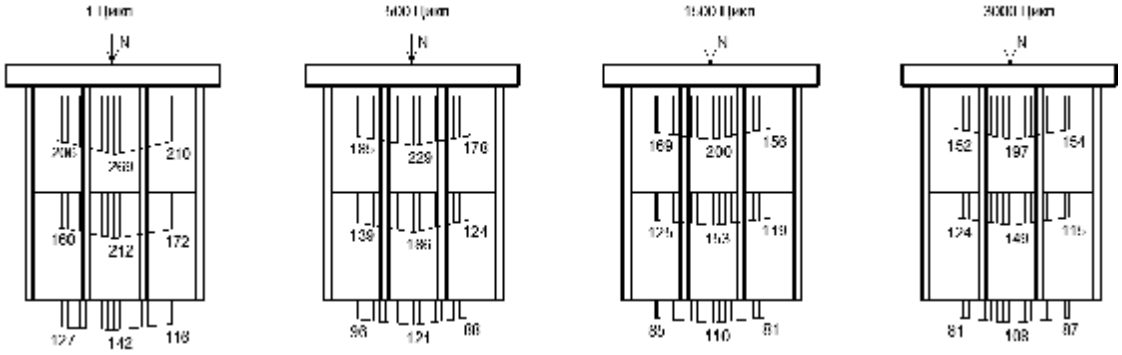


Рис. 6. Эпюры деформаций грунта межсвайного пространства при различных количествах циклов, кПа (P_{min}=12,5 т, P_{max}=25 т) (иллюстрация авторов)

Это объясняется тем, что рост общей деформации грунтового основания ограничивается сваями, в свою очередь, деформирование свай сдерживается грунтовым основанием уплотненным в процессе циклического нагружения свайно-плитного фундамента.

Заключение

По результатам полевых испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Анализ изменения осадок оснований после различного количества циклов показывает, что, в основном, увеличение осадки происходит за счет увеличения их необратимой части и составляет до 30 % от первоначальной.

2. Максимальная величина циклической нагрузки, воспринимаемая плитно-свайным фундаментом, зависит от условий совместного деформирования грунта, свай и плитного ростверка, а также их прочностных и деформационных свойств.

3. При приложении нагрузки на плиту ростверка на некотором этапе под подошвой плиты ростверка начинает происходить образование зоны уплотненного грунта (ядра). Циклическое нагружение приводит к увеличению размеров уплотненного ядра и плотности грунта в этой зоне.

4. Проведенное полевое испытание показывает, что при циклическом нагружении происходит уплотнение грунта межсвайного пространства до 20 %, которое приводит к увеличению несущей способности свай по боковой поверхности.

5. Явлением образования уплотненных зон объясняется то, что крайние ряды свай, а также сваи, расположенные в углах ростверка, являются значительно перегруженными, в отличие от центральных свай, в связи с тем, что они не попадают в уплотненную зону.

6. Полученные результаты показывают, что образование уплотненного ядра приводит к увеличению несущей способности сваи в центральной зоне до 20 %.

7. Проведенные экспериментальные исследования показали, что при циклическом нагружении происходит уменьшение деформаций в грунте межсвайного пространства с ростом количества циклов нагружения, но при этом увеличиваются деформации и усилия в сваях. Таким образом, усилия в сваях, в зависимости от места расположения в плане и уровня циклической нагрузки, увеличиваются до 60 %.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И. Т., Шакиров М. И. Плитно-свайные фундаменты при циклическом нагружении : сб. ст. Геотехника Беларуси: Наука и практика – Международной научно-технической конференции / БНТУ. Минск, 2013. С. 314–320.

2. Katzenbach R. Soil-structure-interaction of Tunnels and Superstructures During Construction and Service Time // Procedia Engineering. 2013. Vol. 57. P. 35–44.
3. Мирсаяпов И. Т., Шакиров М. И. Экспериментальные исследования несущей способности и осадок оснований плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении : сб. ст. Перспективные направления развитии теории и практики в реологии и в механике грунтов – XIV Международного симпозиума по реологии / КГАСУ. Казань, 2014. С. 68–74.
4. Мирсаяпов И. Т., Шакиров М. И. Несущая способность и осадки моделей плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении : сб. ст. Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании – Международной научной конференции / МГСУ. Москва, 2012. С. 528–531.
5. Мирсаяпов И. Т., Шакиров М. И. Исследование влияния циклической нагрузки на модели комбинированного плитно-свайного фундамента : сб. ст. Строительство – формирование среды жизнедеятельности – XVII Международной научной конференции / МГСУ. Москва, 2014. С. 423–429.
6. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В. Прочность и деформируемость глинистых грунтов при режимном пространственном напряженном состоянии с учетом трещинообразования // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2016. № 1. С. 16–23.
7. Шакиров И. Ф., Гайфуллина В. А. Исследование влияния добавок на инъекционные свойства цементных растворов, применяемых при укреплении грунтов напорной цементацией : сб. ст. Технические науки – от теории к практике – XXI Международной научно-практической конференции / СПбГАСУ. Санкт-Петербург, 2017. С. 37–41.
8. Mirsayapov I. T., Shakirov M. I. Bearing capacity and settlement of raft-pile foundations under cyclic loading : dig. of art. 1st International conference on energy geotechnics / ICEGT. Kiel. Germany, 2016. P. 423–428.
9. Mirsayapov I. T., Shakirov M. I. Behaviour of pile–plate foundations under cyclic loading : dig. of art. Baltic Piling Days – Proceedings of the baltic piling days conference / Estonian Geotechnical Society ISSMGE. Tallin, 2012. P. 31–34.
10. Mirsayapov I. T., Sabirzyanov D. D. Bearing capacity of foundations base under combined alternating long-term static and cyclic loading : dig. of art. Materials Science and Engineering 365 / IOP Conferense Series, 2018. P. 1–10.

Mirsayapov Ilizar Talgatovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Shakirov Marat Ildusovich
assistant
E-mail: jklnumb@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Sabirzyanov Danil Damirovich
director
E-mail: danil198900@mail.ru
LLC «ArteksStroyProekt»
The organization address: 420097, Russia, Kazan, Lieutenant Schmidt st., 35a, of. 312-313

Field researches of the combined plate-pile foundation under cyclic loading

Abstract

Problem statement. The purpose of the field tests is to study the effect from multiple repetitive cyclic loads on the bearing capacity and the settlement development of the plate-pile foundation. Experimental studies of this type foundations were mainly carried out under short-term and stepped static loads.

Results. As a result of the research, data were obtained on the stress-strain state of the soil mass in the between pile area and under the lower end of the piles, as well as information on the change in the forces in the piles under cyclic loading.

Conclusions. The obtained results significance for the construction industry is that determining the effect of cyclic loading on the behavior of plate-pile foundations elements in the future opens up the possibility for creating a method for calculating the settlement and bearing capacity that takes into account the influence of cyclic load on plate-pile foundations.

Keywords: plate-pile foundation, cyclic loads, weak soil, field researches, groundbase settlement, deformations, efforts, between pile area.

References

1. Mirsayapov I. T., Shakirov M. I. Plate-pile foundations under cyclic loading : dig. of art. Geotechnics Belarus: Science and Practice – International scientific-technical conference / BNTU. Minsk, 2013. P. 314–320.
2. Katzenbach R. Soil-structure-interaction of Tunnels and Superstructures During Construction and Service Time // Procedia Engineering. 2013. Vol. 57. P. 35–44.
3. Mirsayapov I. T., Shakirov M. I. Experimental study of bearing capacity and the settlement of bases raft-pile foundations under cyclic loading : dig. of art. Perspective development directions of the theory and practice in rheology and soil mechanics – Proceedings of the XIV International rheology Symposium / KGASU. Kazan, 2014. P. 68–74.
4. Mirsayapov I. T., Shakirov M. I. Bearing capacity and settlement patterns raft-pile foundations under cyclic loading : dig. of art. Integration, partnership and innovation in building science and education – International scientific conference / MGSU. Moscow, 2012. P. 528–531.
5. Mirsayapov I. T., Shakirov M. I. Research of the cyclic loading effect on model combined raft-pile foundation construction : dig. of art. Forming environment of life – XVII International scientific conference / MGSU. Moscow, 2014. P. 423–429.
6. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. The strength and deformability of clay soils under the regime spatial stress state in view of cracking // Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov. 2016. № 1. P. 16–23.
7. Shakirov I. F., Gayfullina V. A. Researches of the effect from additives on the cement mortars injection properties used in strengthening soil pressure cementation : dig. of art. Technical sciences – from theory to practice – XXI international scientific-practical conference / SPbGASU. Saint Petersburg, 2017. P. 37–41.
8. Mirsayapov I. T., Shakirov M. I. Bearing capacity and settlement of raft-pile foundations under cyclic loading : dig. of art. 1st International conference on energy geotechnics / ICEGT. Kiel. Germany, 2016. P. 423–428.
9. Mirsayapov I. T., Shakirov M. I. Behaviour of pile–plate foundations under cyclic loading : dig. of art. Baltic Piling Days – Proceedings of the baltic piling days conference / Estonian Geotechnical Society ISSMGE. Tallin, 2012. P. 31–34.
10. Mirsayapov I. T., Sabirzyanov D. D. Bearing capacity of foundations base under combined alternating long-term static and cyclic loading : dig. of art. Materials Science and Engineering 365 / IOP Conferense Series, 2018. P. 1–10.

УДК 697.92
Бройда Владимир Аронович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: broida@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Романов Вадим Сергеевич
ведущий инженер
E-mail: romanov.v.s96@mail.ru
АО Татхимфармпрепараты
Адрес организации: 420091, Россия, г. Казань, ул. Беломорская, д. 260

Расчетные характеристики стабилизатора расхода воздуха прямого действия с нелинейной жесткостью упругого элемента, включенного в естественную вытяжную систему

Аннотация

Постановка задачи. Естественные вытяжные системы широко применяются в различных типах зданий. С понижением температуры наружного воздуха увеличивается больше расчетного расход естественной вытяжки, который сопровождается ростом затрат тепла на нагрев наружного холодного воздуха. Стабилизация расхода и устранение бесполезных затрат тепла в холодный период года – актуальная проблема. Целью исследования является определение расчетных характеристик стабилизирующего устройства, предложенного в патенте соавтора статьи, с упругим элементом, обладающим необходимой нелинейной жесткостью, изготовленным из пружинной стали и включенного в естественную вытяжную систему вентиляции.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в аналитически полученных характеристиках стабилизатора расхода воздуха прямого действия с упругим элементом, имеющим нелинейную характеристику жесткости. Принятые параметры упругого элемента обеспечивают стабилизацию расхода воздуха при небольшой начальной потере давления.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что такое устройство стабилизирует расход естественной вытяжки в широком диапазоне температур наружного воздуха, применимо к большинству этажей многоэтажных зданий. Использование стабилизаторов расхода в естественных вытяжных системах экономит тепловую энергию в холодный период года и способствует лучшему поддержанию микроклимата в помещениях.

Ключевые слова: стабилизатор, расход воздуха, упругий элемент, жесткость, естественная вытяжка.

Введение

Системы естественной вентиляции широко используются в гражданских зданиях различного назначения. Совершенствованию и развитию элементов, конструкций и режимов работы этих систем посвящены современные численные и экспериментальные исследования [1-3] и др. В климатических условиях России большое применение находят системы естественной вытяжной вентиляции. При понижении температуры наружного воздуха ниже расчетной для естественных систем t=5 °С, возрастает гравитационное давление, что приводит к увеличенному расходу вытяжного и, замещающего его наружного холодного воздуха. В результате значительно возрастают затраты тепловой энергии на нагревание избыточного количества воздуха в течение холодного периода года. Следует отметить, что продолжительность периода повышенного расхода воздуха, когда температура наружного воздуха ниже t=5 °С, немного меньше продолжительности холодного периода года периода, с температурой наружного воздуха ниже t=8 °С, но это различие невелико.

Разработка устройств для поддержания нормативного воздухообмена в системах естественной вентиляции – актуальная проблема, тем более, что имеется огромный фонд зданий и строятся новые здания частично или полностью оборудованные системами естественной вытяжной вентиляции.

Одно из направлений решения этой проблемы – применение недорогих стабилизаторов расхода прямого действия, которые, не используя внешние источники энергии, практически устраняют избыток удаляемого воздуха и, тем самым, перерасход тепловой энергии в холодный период года.

Такие устройства могут встраиваться в каналы естественных вытяжных систем или устанавливаться на входе в вытяжные каналы. В связи с применением современных плотных окон, для обеспечения достаточного притока наружного воздуха часто используются приточные устройства, встраиваемые в конструкцию окон или в наружные ограждения – стеновые воздушные клапаны. Обычно такие клапаны имеют ручную регулировку расхода воздуха. Устройства, стабилизирующие расход воздуха могут включаться в конструкцию приточных стеновых клапанов и обеспечивать приблизительно постоянный расход приточного, а следовательно, и удаляемого естественной вытяжкой воздуха.

Имеется значительное количество отечественных разработок устройств для поддержания расчетного расхода воздуха в виде патентов [4-6] и др. Однако, на рынке в виде готовых к применению изделий, присутствуют, в основном, устройства иностранных производителей [7, 8] и др. Такие устройства поддерживают приблизительно постоянный расход: с нарастанием гравитационного давления, расход воздуха на регулируемых участках системы несколько увеличивается. К тому же эти устройства осуществляют стабилизацию при достаточно большой величине собственной начальной потери давления – от 40-50 Па, что не вполне подходит для большинства естественных вытяжных систем.

Устройства и принципы действия стабилизаторов расхода достаточно разнообразны. Большее применение находят конструкции, которые реагируют на повышение скорости воздушного потока уменьшением площади сечения для прохода воздуха, увеличением потери давления в стабилизаторе, чем возвращают расход к его заданной величине. Воздействие воздушного потока на регулирующий элемент компенсируют с помощью противовесов, пневматических компенсаторов, но чаще с помощью упругих элементов различных типов из разнообразных материалов (металлические пружины, синтетические упругие материалы). Упругий элемент должен обладать определенной характеристикой жесткости, чтобы в ответ на возмущающее воздействие воздушного потока определенным образом компенсировать возникающее усилие.

Упругий элемент с линейной жесткостью не дает приемлемой характеристики стабилизатора расхода – при изменении температуры наружного воздуха расход удаляемого воздуха существенно отличается от расчетного. Возможно применение сложного упругого элемента, составленного из нужной комбинации простых элементов с линейными характеристиками жесткости [9], но такое решение усложняет конструкцию устройства.

В устройствах [7, 8] применяются упругие элементы специальной формы. В некоторых устройствах, элемент, воспринимающий давления потока, элемент, оказывающий необходимое сопротивление и упругий элемент, обладающий заданной переменной характеристикой жесткости, совмещен в единой детали сложной формы изготовленной из синтетического материала (модель Modulo и др.) [8], что требует налаживания специального производства.

Цель исследования

Целью данного исследования является определение расчетных характеристик стабилизирующего устройства прямого действия, предложенного в патенте соавтора статьи [4], с упругим элементом, обладающим необходимой нелинейной жесткостью, изготовленным из пружинной стали и включенного в естественную вытяжную систему вентиляции.

Метод исследования

Действующее в естественной вытяжной системе со стабилизатором расхода воздуха гравитационное давление Р, Па, расходуется на преодоление потери давления в геометрически неизменяемой части системы с приблизительно постоянной аэродинамической характеристикой s, Па/(м^3/ч), и на преодоление переменной потери давления в изменяемой части системы – в стабилизаторе расхода ΔР, Па, тогда:

$$P=s\cdot L^2+\Delta P, \quad (1)$$

где L – фактический расход воздуха в вытяжной вентиляционной системе, м^3/ч.

Расчетный расход естественной вытяжной системы L_5, м^3/ч, соответствует гравитационному давлению P_5, Па, возникающему при температуре наружного воздуха t=5 °С.

При любой температуре наружного воздуха t гравитационное давление Р находится по формуле:

$$P=g\cdot h\cdot 353(1/(273+t)-1/(273+t_B)), \quad (2)$$

где t_B – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

h – разность отметок центра вытяжной решетки и выпускного отверстия вытяжного канала, м.

Следует уточнить, что подобное определение величины h более подходит для зданий с устаревшими неплотными окнами. В зданиях с современными плотными окнами правильнее определять величину h, как разность отметок центра приточных устройств для естественного притока и выпускного отверстия вытяжного канала.

В стабилизирующем устройстве, представленном в патенте [4], регулирование расхода происходит за счет изменение проходного сечения, которое является следствием воздействия аэродинамической силы воздушного потока, перемещающей регулирующий элемент устройства. Возникающее перемещение ограничивается действием упругого элемента, в котором перемещение вызывает определенное противодействующее усилие.

Аэродинамической характеристикой стабилизатора расхода воздуха может служить изменяющийся коэффициент его местного сопротивления ς, отнесенный к скорости потока во входном сечении канала стабилизирующего устройства диаметром d, м. Для конкретной конструкции устройства с определенным соотношением геометрических размеров величина коэффициента местного сопротивления ς зависит от изменяемого положения регулирующего органа, которое характеризует расстояние l, м, измеряемое от края диафрагмы устройства [4]. Следовательно, ς зависит от относительного размера l/d:

$$\varsigma=f_1(l/d). \quad (3)$$

Потеря давления в стабилизаторе расхода ΔP, составит:

$$\Delta P = \varsigma\cdot(\rho/2)\cdot(L/f)^2, \quad (4)$$

где f – площадь поперечного сечения входного канала, $f=\pi\cdot d^2/4$, м^2.

Начальное значение расстояния $l=l_5$, соответствует температуре наружного воздуха t=5 °С, ему отвечает относительный размер – l_5/d и, начальная потеря давления стабилизирующего устройства ΔP_5:

$$\Delta P_5= f_1(l_5/d)\cdot(\rho/2)\cdot(L_5/f)^2. \quad (5)$$

Аэродинамическая сила давления воздушного потока на подвижный элемент M, Н, равна:

$$M=k\cdot(\rho/2)\cdot(L/f)^2\cdot f_0, \quad (6)$$

где k – эмпирический коэффициент, характеризующий воздействие воздушного потока на подвижный элемент, для заданной конструкции стабилизирующего устройства также зависящий от расстояния l;

f_0 – площадь поперечного сечения подвижного элемента, воспринимающего давление воздушного потока, м^2.

Силе давления M противодействует упругий элемент.

Для определенной конструкции стабилизирующего устройства существует функциональная зависимость k от относительного размера l/d:

$$k=f_2(l/d). \quad (7)$$

Положению регулирующего органа при t=5 °С и относительному размеру l_5/d соответствует аэродинамическая сила давления M_5, Н:

$$M_5= f_2(l_5/d)\cdot(\rho/2)\cdot(L_5/f)^2\cdot f_0. \quad (8)$$

Упругий элемент должен обладать переменной жесткостью, обеспечивающей определенное положение регулирующего элемента l, отвечающее возникающей аэродинамической силе M и требуемой при этих условиях потери давления в стабилизирующем устройстве ΔP.

В данной работе исследуется возможность использовать упругий элемент из пружинной стали (с модулем сдвига G=80000 МПа) переменной жесткости, которая обеспечивается специально подобранной формой. Конкретные параметры упругого элемента обеспечиваются выбором:

- толщины стали δ, мм;
- начальной длины упругого элемента h_0, мм;
- его максимального поперечного размера, который в данной работе принимается равным диаметру проточной части устройства d, м;
- величины аэродинамической силы M_5, Н;
- величины относительного перемещения l_5/d, соответствующей силе M_5.

Выражение значения силы M_5 через технические параметры выбранного упругого элемента определяется выражением [10]:

$$M_5=12\cdot10^8\cdot h_0\cdot\delta^4/d^3, \quad (9)$$

а относительное изменение его длины $h_П/h_0$, происходящее под действием силы М, рассчитывается по формуле:

$$h_П/h_0=1{,}4285-1{,}2215\cdot(M_5/M)^{0{,}333}-0{,}002893\cdot(M_5/M)^{-1}, \quad (10)$$

где $h_П$ – актуальное значение длины упругого элемента, сократившегося под воздействием силы M, мм.

Численное решение системы уравнений (1-10) выполняется при условии, что перемещение регулирующего элемента совпадает с изменением длины упругого элемента, и с изменением длины (и, соответственно, площади сечения) окна для прохода воздуха. Такое решении позволяет выбрать и рассчитать параметры упругого элемента, при которых расход удаляемого воздуха L, будет оставаться приблизительно равным заданному расходу L_5, несмотря на изменение температуры наружного воздуха t и, связанного с ним изменением гравитационного давления P.

Целесообразно сравнить изменение нестабилизированного расхода L_H и расхода воздуха в системе вытяжной вентиляции со стабилизатором с нелинейно жестким упругим элементом L.

Изменение расхода нестабилизированной естественной вытяжки L_H не зависит от расчетного этажа здания, а его зависимость от температуры наружного воздуха выражается формулой:

$$L_H = L_5\times\sqrt{((273+5)\times(t_В - t))/((273+t)\times(t_В - 5))}. \quad (11)$$

Результаты

Ниже приводятся результаты расчетов системы зависимостей (1-11), выполненных для 3-11 этажей многоэтажного здания (отсчет этажей ведется сверху). Задано: центры вытяжных решеток располагаются ниже потолка помещения на 0,2 м, высота этажа $h_Э$=3 м, высота расположения выпускного отверстия вытяжной шахты над верхним этажом $h_Ш$=3,8 м, тогда высота вытяжного канала для каждого этажа определится по формуле:

$$h_K=h_Ш+h_Э\cdot(n-1)+0{,}2, \quad (12)$$

где n – номер этажа при отсчете этажей от верха здания.

Температура внутреннего воздуха t_B=20 °С, рассматривается изменение температуры наружного воздуха t в пределах от +5 °С до -35 °С, расчетный расход естественной вытяжки L_5=100 м^3/ч, диаметр входа в проточную часть стабилизирующего устройства d=0,2 м, (площадь сечения f=0,0314 м^2), скорость движения воздуха в проточной части устройства 0,88 м/с, площадь сечения элемента, воспринимающего действие воздушного потока f_0=0,0157 м^2.

Расчетные зависимости для переменного коэффициента местного сопротивления стабилизирующего устройства (3) и для коэффициента, характеризующего воздействие потока на подвижный элемент устройства (7) заданы степенными функциями:

$$\varsigma=a1\cdot(l/d)^{b1}, \quad (13)$$

$$k= a2\cdot(l/d)^{b2}, \quad (14)$$

где *a1*, *b1*, *a2*, *b2* – эмпирические коэффициенты, значения которых для одной из конструкций стабилизатора определены в работе В.А. Бройды и Ф.Ф. Сафиуллина «Численное исследование аэродинамики цилиндрического тела в канале с диафрагмой», опубликованной в Известиях КГАСУ в № 3 за 2015 год:

$a1$=2,211, $b1$= -1,263, $a2$=1,020, $b2$= -1,439.

Выбранные параметры упругого элемента и его настройки, в зависимости от номера расчетного этажа, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры и настройки упругого элемента для каждого расчетного этажа

Номер расчетного этажа при отсчете от верха здания, n	Толщина пружинной стали, δ, мм	Начальная длина упругого элемента, h_0, мм	Начальное относительное положение регулирующего элемента, l_5/d	Начальное натяжение упругого элемента, M_5, Н
3	1,0	150,9	0,540	0,0189
5	1,0	150,5	0,540	0,0189
7	1,1	129,4	0,465	0,0237
9	1,2	112,6	0,405	0,0291
11	1,3	98,9	0,355	0,0354

Изменение нестабилизированного расхода воздуха в естественной вытяжной системе L_H, соответствующее выше приведенным условиям, рассчитанное по формуле (11) представлено в табл. 2.

Таблица 2

Расчетное изменение нестабилизированного расхода воздуха L_H в зависимости от температуры наружного воздуха t

Температура наружного воздуха, t, °С	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
Расход воздуха, L_H, м^3/ч	100	117	131	145	159	171	183	195	207

Изменения расхода воздуха L при использовании стабилизатора с упругим элементом выбранной нелинейной жесткости в зависимости от температуры наружного воздуха t, рассчитанные по выше приведенным формулам и условиям, а также рассчитанные гравитационные давления P_5 и начальные потери давления стабилизатора ΔP_5 на этажах многоэтажного здания при t=5°С, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Расчетные изменения стабилизированного L расхода воздуха, гравитационные давления P_5 и начальные потери давления стабилизатора ΔP_5 (при t=5°С) на этажах многоэтажного здания

Температура наружного воздуха, t, °С	5		0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
Этаж (при отсчете сверху)	Гравитационное давление, P_5, Па	Потеря давления стабилазатора, ΔP_5, Па	Стабилизированный расход воздуха, L, м^3/ч							
3	6,37	2,27	100	107	111	111	112	109	107	104	101
5	10,2	2,3	100	107	113	112	108	1,04	101	100	100
7	14,0	2,7	100	107	112	111	107	103	100	101	103
9	17,9	3,3	100	107	112	110	106	103	110	102	105
11	21,7	3,85	100	107	112	110	105	101	100	101	104

Таким образом, при изменении температуры наружного воздуха в рассматриваемых пределах от 5 °С до -35 °С нестабилизированный расход естественной вытяжной системы L_H увеличивается от 100 м^3/ч до 207 м^3/ч, то есть более чем в 2 раза (табл. 2).

Стабилизирующие устройства с нелинейно жестким упругим элементом из пружинной стали специально подобранной формы при рационально выбранных параметрах и настройках обеспечивают приблизительно постоянный расход удаляемого воздуха для каждого из этажей от третьего до одиннадцатого (при счете этажей сверху здания) во всем диапазоне изменения температуры наружного воздуха от 5 °С до -35 °С. При этом начальная потеря давления устройства (при подобранном значении l_5/d) не превышает 2,27 Па для третьего этажа и составляет порядка $0{,}2 \cdot P_5$ или меньшую долю от гравитационного давления при температуре наружного воздуха t=5 °С для остальных этажей.

Выполненные расчеты показывают, что стабилизатор расхода с подобным упругим элементом обеспечивает близкий к заданному, практически постоянный расход воздуха во всем диапазоне изменения температур. Так отклонение стабилизированного расхода L от заданного значения L_5=100 м^3/ч в отдельных частях температурного диапазона не превышает 13 %, а в большей части температурного диапазона еще меньше.

В действительности, вероятно, начальная потеря давления будет несколько выше, за счет неизбежно возникающих сил трения в движущихся элементах конструкции стабилизирующего устройства. Последнее обстоятельство, возможно, несколько сузит температурный диапазон применения устройства, например, стабилизатор будет срабатывать начиная с температуры наружного воздуха 0 или -5 °С. Тем ни менее, начальная потеря давления устройства будет невелика, что позволит применять его в естественных вытяжных системах многоэтажных зданий.

Подобные расчеты при рационально выбранных параметрах упругого элемента могут быть выполнены для других заданных расходах вытяжного воздуха, что позволяет применять конструкцию устройства стабилизации расхода воздуха [4] для разнообразных вытяжных естественных систем вентиляции, кроме верхних этажей многоэтажных зданий.

В зданиях с устаревшими неплотными окнами требуется их уплотнение на холодный период года, что приводит к неконтролируемому ухудшению микроклимата. В противном случае также происходит нарушение микроклимата – переохлаждение помещений. Применение стабилизаторов расхода, установленных на естественных вытяжных системах, устраняет эту проблему.

В зданиях с современными плотными окнами для нормальной работы естественной вытяжки применяют приточные клапаны. Такие клапаны обычно имеют ручную регулировку расхода приточного и, следовательно, вытяжного воздуха. При ручном регулировании параметры микроклимата поддерживаются приблизительно, а чаще, в холодный период года, не выдерживаются. Использование рассмотренных стабилизаторов расхода в конструкции стеновых клапанов позволит автоматически поддерживать заданный расход приточного и, следовательно, удаляемого воздуха.

В случае устаревших неплотных и современных плотных окон применение стабилизаторов, ограничивает поступление наружного воздуха и облегчает формирование благоприятных температурных условий в зоне поступления наружного холодного воздуха.

Использование стабилизаторов расхода в естественных вытяжных системах дает существенное сокращение затрат тепловой энергии в холодный период года. Некоторое удорожание систем естественной вытяжной вентиляции за счет включения дополнительных устройств – стабилизаторов расхода – как это показано в работе [11], вполне окупается экономией тепловой энергии.

Кроме того, после экспериментальной проверки на работоспособность возможно применение такого стабилизирующего устройства в системах вентиляции с механическим побуждением для поддержания постоянства расходов воздуха на отдельных участках систем.

Перспектива дальнейшего развития данной тематики – это расчет и подбор упругого элемента, обеспечивающего оговоренное уменьшение расхода естественной вытяжки при значительном понижении температуры наружного воздуха. Такое снижение расхода рационально на ограниченный по продолжительности период существенного

похолодания, что позволит снизить затраты тепловой энергии в самый напряженный период ее потребления.

Заключение

Выполненное исследование показывает целесообразность разработки и применения стабилизирующих устройств с упругим элементом заданной нелинейной жесткости для существующих и строящихся многоэтажных зданий. Использование подобных стабилизаторов расхода в естественных вытяжных системах дает существенное сокращение затрат тепловой энергии в холодный период года, экономически оправдано и способствует лучшему поддержанию микроклимата в помещениях.

Список библиографических ссылок

1. Mansouri Y., Allard F., Musy M. Conceptual Implementation of Natural Ventilation Strategy : dig. of art. – Eighth International IBPSA Conference Netherlands / Eindhoven, 2003. URL: http://www.ibpsa.org/%5Cproceedings%5CBS2003%5CBS03_0815_822.pdf (дата обращения: 18.03.2019).
2. Хабибуллин Ю. Х., Барышева О. Б. Разработка энергосберегающего устройства приточной вентиляции : сб. ст. Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании – Международной научной конференции / МГСУ. М., 2012. С. 257–260.
3. Wong A. W. J., Ibrahim I. H. Utilizing Computational Fluid Dynamics in the Analysis of Natural Ventilation in Buildings // International Journal of Civil and Environmental Engineering. 2016. № 9. Vol. 10. P. 1132-1138. URL: https://waset.org/publications/10005317/utilizing-computational-fluid-dynamics-in-the-analysis-of-natural-ventilation-in-buildings (дата обращения: 19.03.2019).
4. Устройство стабилизации расхода воздуха : пат. 2547602 Рос. Федерация. № 2013151943/12 ; заявл. 21.11.2013 ; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10. 4 с.
5. Энергосберегающий регулятор расхода воздуха систем естественной вентиляции : пат. 2527725 Рос. Федерация. № 2013115179/12 ; заявл. 04.04.2013 ; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 25. 6 с.
6. Устройство стабилизации и регулирования расхода воздуха вытяжной шахты : пат. 2324120 Рос. Федерация. № 2006128121/06 ; заявл. 02.08.2006 ; опубл. 10.05.2008, Бюл. № 13. 3 с.
7. Регуляторы постоянного расхода воздуха Systemair RDA // URL: http://www.groupsystem.ru/catalog/regulatory raskhoda vozdukha (дата обращения: 25.03.2019).
8. Constant Airflow Regulator MR. MR Mono – MR Modulo. Aldes. Каталог оборудования 2014. 16 p. URL: http://www.kaffe.gr/datafiles/file/ MR_TECHNICAL_EN.pdf (дата обращения: 16.03.2019).
9. Бройда В. А. Характеристики стабилизатора расхода вентиляционного воздуха прямого действия // Изв. вузов. Строительство. 2015. № 7. С. 64–67.
10. Пономарев С. Д., Андреева Л. Е. Расчет упругих элементов машин и приборов. М. : Машиностроение, 1980. 326 с.
11. Бройда В. А. Экономия тепловой энергии за счет стабилизации расхода естественной вытяжной вентиляции // Изв. вузов. Строительство. 2012. № 10. С. 54–58.

Broyda Vladimir Aronovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: broida@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Romanov Vadim Sergeevich
lead engineer
E-mail: romanov.v.s96@mail.ru
JSC Tatkhimpharmpreparaty
The organization address: 420091, Russia, Kazan, Belomorskaya st., 260

Design characteristics of direct action airflow stabilizer with nonlinear stiffness of elastic element, included in the natural exhaust system

Abstract

Problem statement. Natural exhaust systems are widely used in various types of buildings. With decreasing temperature, natural exhaust flow rate increases more than the predicted, which is accompanied by an increase spending of heat for heating the outside air. Stabilization of airflow and the elimination of useless spending of heat in the cold period of the year is an actual problem. The aim of the study is to determine the design characteristics of a stabilizing device proposed in the author's patent, with an elastic element having the necessary nonlinear stiffness, made of spring steel, included in a natural exhaust ventilation system.

Results. The main results of the research consist in analytically obtained characteristics of a direct- action airflow stabilizer with an elastic element having a given nonlinear stiffness characteristic. The adopted parameters of the elastic element of the device provide sufficient stabilization of airflow with a small initial pressure loss.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is that such a device is able to stabilize the airflow of natural exhaust in a wide range of outdoor temperatures, applicable to most floors of multi-storey buildings. The use of such flow stabilizers in natural exhaust systems saves thermal energy in the cold period of the year and contributes to a better microclimate in the premises.

Keywords: stabilizer, airflow, elastic element, stiffness, natural exhaust.

References

1. Mansouri Y., Allard F., Musy M. Conceptual Implementation of Natural Ventilation Strategy : dig. of art. – Eighth International IBPSA Conference Netherlands / Eindhoven, 2003. P. 815-822. URL: http://www.ibpsa.org/%5Cproceedings%5CBS2003%5CBS03_0815_822.pdf (reference date: 18.03.2019).
2. Khabibullin Y. K., Barysheva O. B. Development of an energy-saving supply ventilation device : dig of art. Integration, partnership and innovation in construction science and education – International Scientific Conference / MGSU, M., 2012. P. 257–260.
3. Wong A. W.J., Ibrahim I.H. Utilizing Computational Fluid Dynamics in the Analysis of Natural Ventilation in Buildings // International Journal of Civil and Environmental Engineering. 2016. № 9. Vol. 10. P. 1132–1138. URL: https://waset.org/publications/10005317/utilizing-computational-fluid-dynamics-in-the-analysis-of-natural-ventilation-in-buildings (reference date: 19.03.2019).
4. Air flow stabilization device : patent 2547602 of the Rus. Federation. № 2013151943/12 ; decl. 21.11.2013 ; publ. 10.04.2015. Bull. in № 10. 5 p.
5. Energy-saving airflow regulator of natural ventilation systems: patent 2527725 of the Rus. Federation. № 2013115179/12 ; decl. 04.04.2013 ; publ. 10.09.2014, Bull. in № 25, 12 p.
6. Device for stabilizing and controlling air flow in an exhaust shaft : patent 2324120 of the Rus. Federation. № 2006128121/06 ; decl. 02.08.2006 ; publ. 10.05.2008, Bull. in № 13. 3 p.
7. Constant airflow regulators Systemair RDA. Catalog // URL: http://www.groupsystem.ru/catalog/regulatory raskhoda vozdukha (reference date: 25.03.19).
8. Constant Airflow Regulator MR. MR Mono – MR Modulo. Aldes. Catalog oborudovaniya, 2014. 16 p. URL: http://www.kaffe.gr/datafiles/file/MR_TECHNICAL_EN.pdf (reference date: 16.03.2019).
9. Broyda V. A. Characteristics of ventilation air flow stabilizer with direct action // Izv. vuzov. Stroitelstvo. 2015. № 7. P. 64–67.
10. Ponomarev S. D., Andreeva L. E. Calculation of the elastic elements of machines and devices. M. : Mashinostroenie, 1980. 326 p.
11. Broyda V. A. Heat savings on air flow rate stabilization of natural ventilation // Izv. vuzov. Stroitelstvo. 2012. № 10. P. 54–58.

УДК 532.5:621.694:519.6
Мартынов Петр Олегович
аспирант
Горская Татьяна Юрьевна
кандидат технических наук, доцент
E-mail: gorskaya0304@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Золотоносов Яков Давидович
доктор технических наук, профессор, директор
E-mail: zolotonosov@mail.ru
ООО «Прогресс»
Адрес организации: 420137, Россия, г. Казань, ул. Чуйкова, д. 71

Определение эквивалентного диаметра трубного и межтрубного пространства в аппарате с винтовым теплообменным элементом, выполненного из проволоки в виде овоида

Аннотация

Постановка задачи. Целью настоящей работы является вычисление эквивалентного диаметра трубного и межтрубного пространства в теплообменном аппарате, теплообменный элемент которого выполнен путём намотки с последующей лазерной сваркой проволоки, поперечное сечение которой имеет вид овоида.

Авторами ранее, на базе рассматриваемых теплообменных элементов, предложены три варианта эффективных аппаратов. Теплообменники с рабочими каналами цилиндрической, конической и сферической форм.

Данная работа является продолжением научных исследований авторов по созданию компактных теплообменных аппаратов большой единичной мощности.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в том, что авторам удалось вычислить эквивалентный диаметр трубы, выполненной в виде витого пружинного канала, осевое сечение которого сложной геометрической формы. Используя элементы дифференциальной геометрии, авторам удалось аналитически представить выражение, необходимое для определения эквивалентного диаметра. Для этого в явном виде получены уравнения для определения площади поверхности теплообмена и объема трубного пространства.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что теплообменные аппараты, разработанные авторами, позволяют, в значительной степени интенсифицировать процесс теплообмена по сравнению с существующими аналогами, что является актуальным для систем отопления, горячего водоснабжения при создании жилищных комплексов, отвечающих современным требованиям экономии энергетических и тепловых ресурсов.

Ключевые слова: эквивалентный диаметр, гидромеханика, теплообмен, пружинно-витой канал, овоид.

Введение

Известно, что одним их основных показателей, используемых в расчетах теплообменного оборудования, является эквивалентный диаметр [1]. Вычисление его особенно актуально, когда канал теплообмена имеет сложную форму и величина диаметра неочевидна из-за сложной конструкции проточной части аппарата [2]. Как правило, используют понятия гидравлический диаметр, получаемый как частное от деления площади проточной части канала на смоченный периметр. Так, для круглого канала это половина диаметра трубы, т.е. радиус трубы, а эквивалентный диаметр равен четырем радиусам. Поэтому для вычисления его используют формулу $d_{eqv} = 4S/p$, либо эквивалентную ей $d_{eqv}=4V/F$, где V – объем трубного пространства, а F – площадь смоченной поверхности.

Однако, в настоящее время конфигурации проточных частей теплообменных элементов настолько сложны, что вычисление эквивалентного диаметра затруднительно, ввиду сложности вычисления объема и площади внутренней поверхности трубы. Так как для интенсификации теплообмена к проточной части канала теплообменника используют различные интенсификаторы, например, винтовые каналы, что делает процесс их математического описания сложным [3-8].

Так, авторами было предложено использовать в теплообменном оборудовании пружинно-витые, витые трубы [3] (рис. 1). Оценка эффективности использования витых каналов, круглого сечения показано в работе [7, 8], затем, в работе Золотоносова Я.Д., Антонова С.Ю., Антоновой А.В., эллиптического сечения. Далее, развивая исследования в этом направлении, было предложено использовать витые каналы, выполненные из проволоки сечения вида овоид [9-12], математическое описание которых предложено в работе [11].

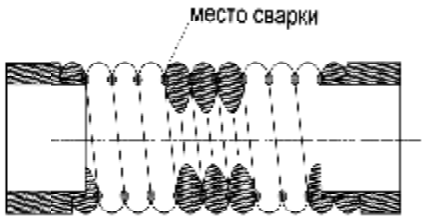


Рис. 1. Элемент пружинно-витого канала (иллюстрация авторов)

В целях оценки эффективности теплообменника типа «трубу в трубе» с теплообменным элементом, выполненным из проволоки сечением в виде овоида, была разработана установка и методика его экспериментальных исследований (рис. 2). Результаты эксперимента, как известно, обобщаются критериальными уравнениями, в которых в качестве определяющего параметра служит эквивалентный диаметр. В связи с этим возникла необходимость его вычисления. Авторами предложен алгоритм определения эквивалентного диаметра витого канала из проволоки сечением в виде овоид.

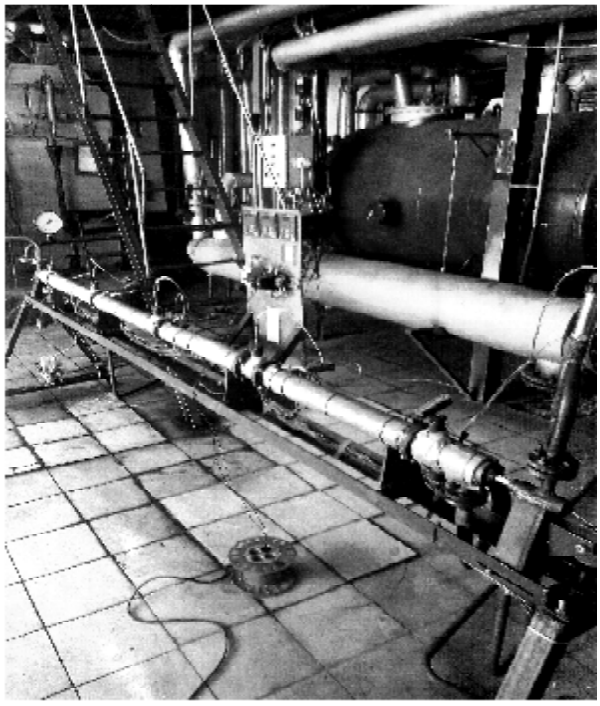


Рис. 2. Экспериментальная установка (общий вид) (иллюстрация авторов)

Теплообменник типа «труба в трубе» состоит из внешней трубы, выполненной из нержавеющей стали диаметром 64 мм. Длина трубы равна 3000 мм с толщиной стали 4 мм.

Поверхность внешней трубы двухслойно изолировалась асбестовым шнуром и дополнительно покрывалась термостойкой полимерной пленкой. Внутренний теплообменный элемент аппарата выполнен из нержавеющей стали в виде витой трубы, выполненной из проволоки в виде овоида, длинной 2920 мм и толщиной стенки 2,0 мм.

Холодная вода из уравнительной емкости, снабженной переливом и перемешивающим устройством, обеспечивающим равномерное распределение температуры жидкости в емкости, пройдя входной патрубок и успокоительную решетку, поступала в трубу с витой поверхностью теплообмена.

Выход горячей воды из витой трубы осуществлялся через выходной патрубок. В противоток холодной воде, через входной патрубок из паропровода заводской котельной с давлением 3,2 ат и температурой 133,8° С подавался насыщенный водяной пар, который пройдя межтрубное пространство через выходной патрубок, отводился из аппарата.

Для поддержания постоянства температуры воды в уравнительной емкости, установлены ТЭНы и терморегуляторы. Расход воды и пара замерялся с помощью диафрагм ДКС 06-20, укомплектованных измерительными приборами САПФИР 22Д модели 2430 погрешностью ±0,25 %, блоками питания, преобразования и корнеизвлечения БПК-40М. Показания расхода подавались на 8 канальное устройство контроля сигнала с преобразователя САПФИР 22Д с унифицированным выходным сигналом тока 4…20 мА – погрешностью ±0,5 %.

Для замера давления воды на входе в витую трубу использовался преобразователь МИДА-ДИ-13П с пределом измерения 0…0,6 МПа и погрешностью ±0,5 % с выходом на многоканальное устройство контроля УКТ38-Щ4-АН. На выходе давление воды и пара контролировалось образцовым манометром модель 1227 класс точности 0,25.

Для измерения температур воды использовались девять железноконстантановых термоэлектрических преобразователей КТЖК-0299-03 классом допуска 1. Термоэлектрические преобразователи устанавливались в просверленных отверстиях витой трубы, затем пропаивались, а свободный конец жестко фиксировался в штуцерах, приваренных к стенкам внешней трубы. Замер температуры пара осуществлялся в центре межтрубного пространства четырьмя термоэлектрическими преобразователями КТЖК-0299-03 классом допуска 1.

Температура воды и пара из теплообменника измерялась поверхностными термопарами КТЖК модификации 02.18 классом допуска 1.

Кроме того, температуры воды и пара на выходе дополнительно замерялись термометром расширения ртутного типа со шкалой до 120°С и ценой деления 0,1°С для воды и шкалой до 200°С ценой деления 0,1°С для пара.

Измерение температуры воды в центральной части витой трубы проводилось скользящим спаем, изготовленным из термоэлектрического провода градуировки КТЖК диаметром 1,5 мм, введенного через отверстие торцевого сальникового уплотнения в центральной части витой трубы. Перемещение скользящего спая позволяет сканировать параметры температуры вдоль оси проточной части витой трубы.

При достижении стационарного режима работы установки, который в эксперименте считался достигнутым после 3-4 кратной смены объемов воды и пара проточной части каналов, проводились экспериментальные исследования с замерами температуры воды и пара

Следует отметить, что начало последующего эксперимента осуществлялось после полного охлаждения проточной части каналов предыдущего эксперимента, который устанавливался по значению температуры воды в емкости, определяемой по показанию ртутного термометра.

При заданных расходах воды и пара замерялись значения давления воды на входе и выходе витой трубы, а также температуры внешней и внутренней стенок теплообменного элемента. Температура на входе была постоянной, равная 16°С.

Вычисление эквивалентного диаметра

Поверхность винтовой трубы образована движением овоида, острая часть которого направлена внутрь трубы, а центр скользит по винтовой линии. Функция, задающая

овоид, в нормальных плоскостях к винтовой линии имеет выражение, представленное в работе [8]:

$$v = F(u) = \begin{cases} \pm\sqrt{R^2 - (u-a)^2}, u\epsilon[a, a+R] \\ \pm\left(R - \sqrt{4R^2 - (u-a)^2}\right), u\epsilon\left(a - \sqrt{2}R; a\right) \\ \pm\sqrt{\left(2-\sqrt{2}\right)^2 R^2 - (u-a-R)^2}, u\epsilon\left[a - \left(3-\sqrt{2}\right)R; a - \sqrt{2}R\right] \end{cases}, \quad (1)$$

где переменные *u,v* изменяются в нормальных плоскостях, a – радиус цилиндра, по которому скользит винтовая линия, R – радиус овоида.

Если рассмотреть осевое сечения вдоль оси *OZ* винтового канала, понятно, что овоиды располагаются под углом α к горизонтальной оси *OX*. Очевидно, что справедливо представление $tg\alpha = R/a$. Кроме того, система координат *UOV* образована поворотом системы координат *XOZ* на угол α и определяется системой:

$$\begin{cases} u = x cos\alpha - z sin\alpha \\ v = x sin\alpha + z cos\alpha \end{cases}.$$

Для нахождения объема трубного пространства и внутренней поверхности, омываемой жидкостью, рассмотрим «тор», наклоненный под углом α, состоящий из одного полного витка пружины сечения овоид. Для этого в системе координат *XOZ* опишем функции, задающие верхнюю дугу овоида. После последовательного преобразования функции из уравнения (1) получим представление для верхних дуг овоида:

$$z = \begin{cases} -a sin\alpha + \sqrt{R^2 - (x - a cos\alpha)^2}, x\epsilon[a_1; a_2] \\ -R cos\alpha - a sin\alpha + \sqrt{4R^2 - (x + R sin\alpha - a cos\alpha)^2}, x\epsilon(a_3; a_4) \\ -(a+R) sin\alpha + \sqrt{\left(2-\sqrt{2}\right)^2 R^2 - (x - (a+R) cos\alpha)^2}, x\epsilon[a_5; a_3] \end{cases},$$

Здесь для удобства описания обозначили через:

$$a_1 = a cos\alpha,\ a_2 = (a+R) cos\alpha + R sin\alpha,\ a_3 = \left(a - \sqrt{2}R\right) cos\alpha + \left(\sqrt{2}-1\right) R sin\alpha,$$
$$a_4 = R sin\alpha + a cos\alpha, a_5 = \left(a - \left(3-\sqrt{2}\right)R\right) cos\alpha.$$

Для вычисления эквивалентного диаметра используем формулу:

$$d_э = \frac{4V_{вн}}{S_{пов}}, \quad (2)$$

где $V_{вн}$ – внутренний объем одного витка «тора», образованного вращением замкнутой кривой *z(x)* вдоль оси *OZ*. $S_{пов}$ – площадь внутренней поверхности одного витка «тора», образованного вращением на 360° кривой *z(x)* около *OZ*.

Известно, что:

$$V = 2p\int_{z_i}^{z_{i+1}} f^2(z)dz;\ S_{пов} = 4p\int_{z_i}^{z_{i+1}} f(z)\sqrt{1 + f'^2(z)}dz. \quad (3)$$

Однако, ввиду малости угла *α*, $cos\alpha$ близок к единице, $sin\alpha$ близок нулю, можно пренебречь наклоном, и считать объем и площадь внутренней поверхности с помощью описания:

$$z = f(x) = \begin{cases} -R + \sqrt{4R^2 - (x-a)^2}; x\epsilon(a - \sqrt{2}R; a) \\ \sqrt{\left(2-\sqrt{2}\right)^2 R^2 - (x - (a+R))^2}, x\epsilon\left[a - \left(3-\sqrt{2}\right)R; a - \sqrt{2}R\right] \end{cases}.$$

Для нахождения объема и внутренней поверхности одного витка тора по формуле (3) необходимо определить функцию *x=f(z)*, обратную *z=g(x)* верхней дуги овоида, очевидно, что:

$$x = g_1(z) = (a+R) + \sqrt{\left(2-\sqrt{2}\right)^2 R^2 - z^2}, 0 \le z \le \left(\sqrt{2}-1\right)R,$$
$$x = g_2(z) = a + \sqrt{4R^2 - (z+R)^2}, \left(\sqrt{2}-1\right)R \le z \le R.$$

Найдем также производные этих функций:

$$g'_1(z) = \frac{-z}{\sqrt{\left(2-\sqrt{2}\right)^2 R^2 - z^2}},\ g'_2(z) = \frac{-(z+R)}{\sqrt{4R^2 - (z+R)^2}}.$$

Далее, после подстановки функций и их производных в интегралы (3), с учетом свойств интегралов, получаем искомую величину объема в виде:

$$V = 2\pi\left((a+R)^2 + \left(2-\sqrt{2}\right)^2 R^2\right)\cdot\left(\sqrt{2}-1\right)R + 2\pi(a+R)\cdot\left(2-\sqrt{2}\right)^2 R^2 \times$$
$$\times\left\{arcsin\frac{\left(\sqrt{2}-1\right)}{\left(2-\sqrt{2}\right)} + \frac{\left(\sqrt{2}-1\right)}{\left(2-\sqrt{2}\right)}\sqrt{1-\left(\frac{\left(\sqrt{2}-1\right)}{\left(2-\sqrt{2}\right)}\right)^2}\right\} -$$
$$-\frac{2\pi}{3}R^3 + 2\pi(a^2+4R^2)\left(2-\sqrt{2}\right)R + \quad (4)$$
$$+2\pi a\cdot 4R^2\left\{\frac{\pi}{6} - arcsin\frac{\left(\sqrt{2}-1\right)}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1-\left(\frac{1}{2}\right)^2} - \frac{\sqrt{2}-1}{2}\sqrt{1-\left(\frac{\sqrt{2}-1}{2}\right)^2}\right\}.$$

Искомую величину площади, омываемой поверхности одного витка «тора», получили в виде:

$$S_{пов} = 8\pi R\left(a\frac{\pi}{4} + \left(2-\sqrt{2}\right)R\right) + 4\pi R\left(2-\sqrt{2}\right)\times$$
$$\times\left\{(a+R)arcsin\frac{\left(\sqrt{2}-1\right)}{\left(2-\sqrt{2}\right)} + \left(\sqrt{2}-1\right)R\right\}. \quad (5)$$

Подставляя выражения (4)-(5) в формулу (2), получаем искомый диаметр.

Эквивалентный диаметр межтрубного пространства

Для нахождения эквивалентного диаметра межтрубного пространства воспользуемся известной формулой: $d_{eqv}=4V_0/S_0$, где V_0 – объем межтрубного пространства, S_0 – площадь смоченной поверхности. Для этого зададим функцию, определяющую внешнюю границу тора:

$$x = g_3(z) = a + \sqrt{R^2 - z^2}, 0 \le z \le R,$$
$$g'_3(z) = \frac{-z}{\sqrt{R^2 - z^2}}.$$
$$V_1 = 2\pi a^2 R + \frac{4\pi}{3}R^3 + \frac{(\pi R)^2}{2}. \quad (6)$$
$$S_1 = 4\pi R\left(a\frac{\pi}{2} + R\right). \quad (7)$$

Для вычисления площади воспользуемся формулой: $S_0 = 2\pi R_1 l$, R_1 – внешний радиус тора, $l = 2R$, S_0 – площадь поверхности внешней части «тора», вычисляемой по формуле (7). V_0 вычисляется по формуле: $V_0 = \pi R_1^2 l - V_1$, где V_1 – объем внешней части тора, вычисляемый по формуле (6).

Расчет эквивалентных диаметров в аппарате с витым каналом сечения в виде овоида

Зададим геометрические размеры установки (мм). Полагая $R=0{,}77$, $a=11{,}73$, $R_1=17{,}5$, и подставляя их в уравнения (4)-(7), вычисляем эквивалентный диаметр, равный $d_э=15{,}8$ *мм*, эквивалентный диаметр межтрубного пространства, равный $d_{eqv}=9{,}77$ *мм*.

Заключение

Рассчитанные в работе эквивалентные диаметры трубного и межтрубного пространств теплообменника типа «труба в трубе» могут быть использованы при проектировании и расчетах новое теплообменного оборудования.

Список библиографических ссылок

1. Pramod S., Mandar M., Raj K. Experimental investigation on heat transfer and pressure drop of conical coil heat exchanger with parameters tube diameter, fluid flow rates and cone angle // Thermal Science. 2016. V. 6. P. 2087– 2099.
2. Крутова И. А. Экономическая эффективность модернизации теплообменного оборудования за счет замены гладкостенных теплообменных элементов на

пружинно-витые каналы : сб. ст. Общество, наука, инновации (НПК-2016) / ВГУ. Киров, 2016. С. 3258–3263.
3. Gavade Pravin P., Prof. Kulkami P. R. Experimental evolution of helical coil tube in tube heat exchanger // International Journal of Emerging Engineering Research and technology. 2015. V. 3. № 2. P. 12– 17.
4. Mr. Vijay P. Desail, Dr. Sachin L. Bors. Experimental study on enhancement of thermal performance of wire wound tube in tube helical coil heal exchanger // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). 2013. V. 3. № 4. P. 340–346.
5. Vinodkumar K. V., Tharakeshewar T. K. Improvement of heat transfer coefficients in a shell and helical tube heat exchanger using waler Al_2O_3 // Nanofluid. International Research Journal of Engineering and technology (IRJET). 2015. V. 2. № 2. P. 213.
6. Ma Y., Zhou Z., Wang J., Liu Y., Liang J. Design Optimization of tube-in-tube helical heal exchanger in JT refrigerator // International Cryocooler Conference, In. Boulder, CO. 2014. P. 415–423.
7. Евсеев Е. С., Золотоносов А. Я., Золотоносов Я. Д. Высокоэффективные теплообменные аппараты на базе теплообменных элементов в виде пружинно-витых труб // Труды Академэнерго. 2008. № 4. С. 18–33.
8. Золотоносов Я. Д., Багоутдинова П. Г., Золотоносов А. Я. Трубчатые теплообменники. Моделирование. Расчет. СПб. : Лань, 2018. 272 с.
9. Модульный змеевиковый теплообменник : пат. 187878 Рос. Федерация. № 2018187892 ; заявл. 26.10.18 ; опуб. 21.08.19. Бюл. № 9.
10. Теплообменный элемент : пат. 183882 Рос. Федерация. № 2018107037 ; заяв. 26.02.18 ; опуб. 8.10.18. Бюл. № 28.
11. Мартынов П. О., Горская Т. Ю., Золотоносов Я. Д. Математическая модель опрелеления коэффициентов теплопередачи через стенку, составленную из элементов вида овоид // Вестник технологического университета. 2018. Том 21. № 5. С. 147–150.
12. Варсегова Е. В., Посохин В. Н., Зиганшин А. М. К расчету потерь давления в местных сопротивлениях // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2016. № 5 (689). С. 63–70.

Martynov Petr Olegovich
post-graduate student
Gorskaya Tatyana Yurievna
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: gorskaya0304@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Zolotonosov Yacov Davidovich
doctor of technical sciences, professor, director
E-mail: zolotonosov@mail.ru
LLC «Progress»
The organization address: 420137, Russia, Kazan, Chuikova st., 71

Determination of the equivalent diameter of the pipe and intertubular space in the apparatus with a screw heat exchanger made of wire in the form of an ovoid

Abstract

Problem statement. The aim of this work is to calculate the equivalent diameter of the tube and tube space in the heat exchanger, the heat exchange element of which is made by winding followed by laser welding of the wire, the cross section of which has the form of an ovoid.

Authors earlier offered three variants of effective devices on the basis of the considered heat exchange elements. Heat exchangers with working channels of cylindrical, conical and spherical shapes.

This work is a continuation of the authors' research on the creation of compact heat exchangers, large unit capacity.

Results. The main result of the study is that the authors were able to calculate the equivalent diameter of the pipe made in the form of a twisted spring channel, the axial section of which is of complex geometric shape. Using elements of differential geometry, the authors were able to analytically present the expression needed to determine the diameter. For this purpose, the equations for determining the surface area of heat exchange and the volume of the pipe space are obtained explicitly.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is that heat exchangers, developed by the authors, allow to significantly intensify the process of heat exchange in comparison with existing analogues, which is relevant for heating systems, hot water supply in the creation of housing complexes that meet modern requirements for saving energy and thermal resources.

Keywords: equivalent diameter, hydromechanics, heat exchange, spring-twisted channel, ovoid.

References

1. Pramod S., Mandar M., Raj K. Experimental investigation on heat transfer and pressure drop of conical coil heat exchanger with parameters tube diameter, fluid flow rates and cone angle // Thermal Science. 2016. V. 6. P. 2087–2099.
2. Krutova I. A. Economic efficiency of modernization of heat-exchange equipment by replacing the smooth-walled heat transfer elements on the spring-twisted channels : dig. of art. Society, science and innovation (TS-2016), VSU. Kirov. 2016. P. 3258–3263.
3. Gavade Pravin P., Prof. Kulkami P. R. Experimental evolution of helical coil tube in tube heat exchanger // International Journal of Emerging Engineering Research and technology. 2015. V. 3. № 2. P. 12–17.
4. Mr. Vijay P. Desail, Dr. Sachin L. Bors. Experimental study on enhancement of thermal performance of wire wound tube in tube helical coil heal exchanger // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). 2013. V. 3. № 4. P. 340–346.
5. Vinodkumar K. V., Tharakeshewar T. K. Improvement of heat transfer coefficients in a shell and helical tube heat exchanger using waler Al_2O_3 // Nanofluid. International Research Journal of Engineering and technology (IRJET). 2015. V. 2. № 2. P. 2087–2099.
6. Ma Y., Zhou Z., Wang J., Liu Y., Liang J. Design Optimization of tube-in-tube helical heal exchanger in JT refrigerator // International Cryocooler Conference, In. Boulder, CO. 2014. P. 415–423.
7. Evseev E. S., Zolotonosov A. J., Zolotonosov Ya. D. Highly efficient heat transfer devices based on heat-exchange elements in the form of spring-twisted pipe // Trudy Akademenergo. 2008. № 4. P. 18–33.
8. Zolotonosov Ya. D., Bagoutdinova P. G., Zolotonosov A. Ya. Tubular heat exchangers. Modeling. Calculation. SPb. : Lan', 2018. 272 p.
9. Modular serpentine heat exchanger : patent 187878 of the Rus. Federation. № 2018187892 ; decl. 26.10.18 ; publ. 21.08.19. Bull. № 9.
10. Heat exchange element : patent 183882 of the Rus. Federation. № 2018107037 ; decl. 02.26.18 ; publ. 8.10.18. Bull. № 28.
11. Martynov P. O., Gorskaya T. Yu., Zolotonosov Ya. D. A mathematical model for determining heat transfer coefficients through a wall composed of elements of the ovoid type // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2018. V. 21. № 5. P. 147– 150.
12. Varsegova E. V., Posokhin V. N., Ziganshin A. M. To the calculation of pressure losses in local resistances // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Stroitel'stvo. 2016. № 5 (689). P. 63–70.

УДК 697.441
Усиков Сергей Михайлович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: UsikovSM@mgsu.ru
Московский государственный строительный университет
Адрес организации: 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26
Дютин Владислав Владимирович
инженер-проектировщик
E-mail: Welcome116rus@gmail.com
ООО «Два Облака»
Адрес организации: 129329, Россия, г. Москва, ул. Кольская, д. 2/4

Оценка необходимости установки автоматических регуляторов перепада давления на двухтрубных стояках системы водяного отопления с точки зрения возникновения шума

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить критерии оценки необходимости установки автоматических регуляторов перепада давления на стояках двухтрубной системы водяного отопления. Определить методику технического обоснования.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в получении методики технического обоснования установки автоматических регуляторов перепадов давления в системах отопления, с учетом процесса шумообразования в термостатических клапанах у отопительных приборов.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в практической ценности методики технического обоснования установки данных регуляторов. Определено, что при проектной потере давления во всей системе отопления, включая потерю давления в тепловом пункте свыше 20-22 кПа, установка дополнительных автоматических регуляторов необходима.

Ключевые слова: отопление, автоматические регуляторы перепада давления, гидравлический режим работы, термостатические клапаны, шум в регулирующей арматуре, кавитация.

Введение

Системы водяного отопления с переменным гидравлическим режимом обладают рядом положительных качеств [1-3], но и не лишены недостатков [4-5]. И хотя применение некоторой автоматической регулирующей арматуры на данный момент обязательно для использования при возведении новых зданий, остается вопрос о рациональности применения всего перечня регуляторов, предложенных фирмами-производителями.

Например, производители часто рекомендуют к применению автоматические регуляторы перепада давления для вертикальных двухтрубных систем отопления. Они устанавливаются на всех стояках системы. Предполагается, что данный регулятор позволит создать более точное и плавное регулирование гидравлического режима системы, снимая дополнительную «нагрузку» с термостатических клапанов у отопительных приборов, тем самым обеспечивая наилучший уровень комфорта в отапливаемых помещениях.

Достаточно сложно оценить вклад в гидравлический режим работы, и тем более в комфорт отапливаемых помещений, вносимый регуляторами перепада давления для конкретной системы конкретного здания. Для этого необходимо провести тщательный анализ гидравлического и теплового режима здания.

Один из факторов, по которому можно определить необходимость применения данного регулятора, это фактор возникновения шума и/или кавитации в термостатических клапанах у отопительных приборов [6]. Конечно, в процессе выбора

типа и размера термоклапанов инженер проверяет, чтобы ни процесс возникновения шума, ни явление кавитации не происходили ни в одном из регуляторов.

В каталогах производителей термостатических клапанов, как правило, указывается предел, при котором начинается образование шума. В действительности уровень шума определяется скоростью движения потока жидкости в элементах клапана, но производители в качестве предела указывают конкретную величину потери давления на клапане.

На практике инженер считает систему отопления всего на один расчетный режим, когда все отопительные приборы получают расчетное количество теплоносителя. Но сам принцип действия системы отопления с переменным гидравлическим режимом работы предполагает вариативность как теплового, так и гидравлического режимов работы, а это значит, что есть необходимость просчитать все остальные варианты.

Сам по себе перебор всех возможных вариантов гидравлического режима работы системы фактически невозможен, так как термостатическая головка на клапане может создавать давление на шток термоклапана пропорциональное температуре воздуха возле самой термостатической головки, а значит и степень закрытия (или степень открытия) клапана может быть различной. Даже если дискретно рассмотреть несколько положений золотника для каждого термоклапана, установленного у каждого отопительного прибора, и не учитывать инерционность прибора и отапливаемого помещения [7-8], то количество вариантов режимов работы системы N можно определить по формуле известной из классической теории комбинаторики:

$$N = \overline{A_n^k} = n^k, \quad (1)$$

где n – количество рассматриваемых промежуточных положений клапана; k – количество отопительных приборов, шт.

Таким образом, если задать, например, 5 положений для штока каждого клапана (клапан полностью открыт, полностью закрыт и три промежуточных положения штока) в системе с отопительными приборами в количестве 100 штук, то придется учитывать около $7{,}89 \cdot 10^{69}$ вариантов гидравлических режимов работы. Конечно, при должном скрупулёзном подходе, и современной мощностью вычислительных машин это возможно, но, вероятнее всего, займет нерационально много времени.

Поэтому, в настоящем исследовании, будут рассмотрены лишь несколько наиболее характерных вариантов гидравлического режима системы отопления.

В качестве объекта исследования была выбрана система отопления 5-ти этажного жилого дома. Проектом предусмотрена насосная водяная двухтрубная система отопления с нижней разводкой и попутным движением теплоносителя. Система подключена к центральной сети теплоснабжения по независимой схеме, через пластинчатый теплообменник. Температурный график системы отопления – 80/60 ºС, а городской тепловой сети 130/70 ºС. Подающая и обратная магистрали проходят в подвале здания. Магистрали, стояки и подводки выполнены из стальных водогазопроводных труб. В качестве регуляторов у отопительных приборов к установке приняты термостатические клапаны с логарифмическо-линейной характеристикой [1]. К установке приняты стальные панельные радиаторы. Отопительные приборы установлены под окнами на наружной стене здания.

Согласно проектной документации, потеря давления в контуре системы отопления составляет:

- в теплопроводах теплового пункта и теплообменнике – 21,6 кПа;
- в системе отопления вне теплового пункта – 32,3 кПа.

Расчётная тепловая мощность системы, согласно проектной документации, составляет 162 386 кВт.

К установке принят насос с частотным регулированием, обеспечивающий постоянный перепад давления в системе, как один из наиболее оптимальных вариантов [9].

Принципиальная схема системы отопления приведена на рис. 1.

Для исследования гидравлических режимов применялись формулы, удобные для использования при расчете на компьютере приведенные в [10].

Рис. 1. Принципиальная схема исследуемой системы отопления (иллюстрация авторов)

Расчётный режим работы

В расчётном режиме работы вода в необходимом количестве поступает в каждый отопительный прибор. Тепловой баланс в отапливаемых помещениях соблюдается таким образом, что отклонение температуры воздуха в помещениях от необходимой не превышает точности регулирования термостатических головок.

Термостатический клапан (ТСК) на основном циркуляционном кольце (прибор верхнего этажа, на стояке № 20) установлен с настроечной позицией «4», а потеря давления на нем составляет 7,6 кПа. Авторитет клапана а [1] составляет:

$$a = \frac{\Delta P_{\text{ТСК}}}{\Delta P_{\text{со}} + \Delta P_{\text{ИТП}}} = \frac{7,6}{32,3 + 21,6} = 0,14\,, \qquad (2)$$

где $\Delta P_{\text{ТСК}}$ – потеря давления в термостатическом клапане по расчетному направлению, кПа; $\Delta P_{\text{со}}$ – потеря давления в системе отопления (в том числе и в ТСК), кПа; $\Delta P_{\text{ИТП}}$ – потеря давления в индивидуальном тепловом пункте (ИТП), кПа.

Данный авторитет согласно [1] достаточен для пропорционального регулирования теплоотдачи отопительного прибора и исключения влияния естественного циркуляционного давления.

Циркуляционный насос подбирается по расчетному режиму и устанавливается на поддержание постоянного располагаемого давления в 53,9 кПа. Шум, согласно документации фирмы-производителя, будет возникать в ТСК при потере давления в нем свыше 20 кПа.

Режим работы № 1

Рассмотрим первый случай, когда ТСК у всех приборов, кроме расчетного перекрыты. То есть теплоноситель в расчетном количестве должен поступать только в расчетный прибор. Такой вариант нехарактерен для эксплуатации системы, но является наиболее экстремальным вариантом гидравлического режима работы.

Потеря давления в системе отопления без учета потери давления в ТСК составит 0,33 кПа. Потеря давления в тепловом пункте при расходе теплоносителя в 41,7 кг/ч составит 0,1 кПа.

При постоянном напоре, создаваемого циркуляционным насосом, для обеспечения требуемого расхода теплоносителя через расчетный прибор термостатическому необходимо «погасить» давление в количестве:

$$\Delta P_{\text{ТСК}} = \Delta P_{\text{нас}} - \Delta P'_{\text{со}} - \Delta P'_{\text{ИТП}}, \quad (3)$$

где $\Delta P_{\text{нас}}$ – поддерживаемый напор насосом, кПа; $\Delta P'_{\text{со}}$ – потеря давления в системе отопления при заданном режиме работы (без учета потери давления в ТСК), кПа; $\Delta P'_{\text{ИТП}}$ – потеря давления в ИТП при заданном режиме работы, кПа.

Таким образом, при отключении всей системы, кроме одного прибора (в данном примере расчетного), для установления рабочего гидравлического режима работы термоклапану необходимо «погасить» давление на величину свыше 53 кПа, что приведет к появлению шума и дискомфорту для жильцов здания.

Режим работы № 2

Рассмотрим второй случай, когда ТСК у всех приборов, кроме приборов расчетного стояка перекрыты. То есть теплоноситель в расчетном количестве должен поступать только приборы расчетного стояка. Такой вариант также мало характерен для эксплуатации системы, но является промежуточным в исследовании.

Потеря давления в системе отопления без учета потери давления в ТСК составит 2,57 кПа. Потеря давления в тепловом пункте при расходе теплоносителя в 176,3 кг/ч составит 0,11 кПа.

Таким образом, при отключении всей системы, кроме одного стояка, для установления рабочего гидравлического режима работы термоклапану у расчётного прибора необходимо «погасить» давление на величину свыше 51 кПа, что приведет к появлению шума и дискомфорту для жильцов здания.

Режим работы № 3

Рассмотрим третий случай, когда на одной из ветвей системы отопления весь поток теплоносителя перекрыт термостатическими клапанами у отопительных приборов. Такой вариант характерен, например, в тех случаях, когда ветви обслуживают разные фасады здания, и поступления солнечной радиации покрывает теплопотребность отапливаемых помещений. В любом случае для предложенной системы такой режим покажет способность системы к саморегулированию при отключении примерно 50 % отопительных приборов.

Потеря давления в системе отопления без учета потери давления в ТСК составит 18,33 кПа. Потеря давления в тепловом пункте при расходе теплоносителя в 3 527 кг/ч составит 5,51 кПа.

Таким образом, при отключении одной из ветвей системы, для установления рабочего гидравлического режима работы второй ветви термоклапанам необходимо «гасить» значительную величину давления, что приведет к появлению шума и дискомфорту для жильцов здания.

Режим работы № 4

Рассмотрим четвертый случай, когда через все отопительные приборы системы отопления расход снижается на 50 %. Такой вариант характерен, например, в тех случаях, когда инженером были выбраны поверхности отопительных приборов неоправданно большой площади, а расчетный расход теплоносителя превышает необходимый. Иными словами, расчет тепловых потерь и гидравлический расчет не были выполнены на должном уровне, или не были выполнены вообще. В любом случае для предложенной системы такой режим покажет способность системы к саморегулированию при снижении расчетной мощности на 50 %.

Потеря давления в системе отопления без учета потери давления в ТСК составит 6,5 кПа. Потеря давления в тепловом пункте при расходе теплоносителя в 3 491 кг/ч составит 5,4 кПа.

Таким образом, при снижении расхода теплоносителя через каждый прибор в два раза относительно требуемого, для установления рабочего гидравлического режима

работы системы термоклапанам необходимо «гасить» значительную величину давления, что приведет к появлению шума и дискомфорту для жильцов здания.

Режим работы № 5

Рассмотрим пятый случай, когда через все отопительный приборы системы отопления расход снижается на 15 %. Такой вариант особо характерен для современных систем отопления, когда соблюдаются требования по 15 % запасу по расходу согласно СП 60.13330.2016.

Потеря давления в системе отопления без учета потери давления в ТСК составит 17,8 кПа. Потеря давления в тепловом пункте при расходе теплоносителя в 5 934 кг/ч составит 15,6 кПа.

Таким образом, при снижении расхода теплоносителя через каждый прибор в два раза относительно требуемого, для установления рабочего гидравлического режима работы системы термоклапанам необходимо «гасить» значительную величину давления, что приведет к появлению шума и дискомфорту для жильцов здания.

Результаты расчета гидравлических режимов работы 1-5 сведены в табл. 1.

Таблица 1

№	$G_{сист}$, кг/ч	$\Delta P_{нас}$, кПа	$\Delta P'_{СО}$, кПа	$\Delta P'_{ИТП}$, кПа	$\Delta P_{ТСК}$, кПа	Требуется $\Delta P_{АРПД}$, кПа
1	2	3	4	5	6	7
1	41,7	53,9	0,33	0,1	53,47	33,47
2	176,3	53,9	2,67	0,11	51,22	31,22
3	3527	53,9	18,33	5,51	30,06	10,06
4	3491	53,9	6,5	5,4	42	22
5	5934	53,9	17,8	15,6	20,5	0,5

На рис. 2 приведена характеристика системы отопления при соответствующих режимах работы.

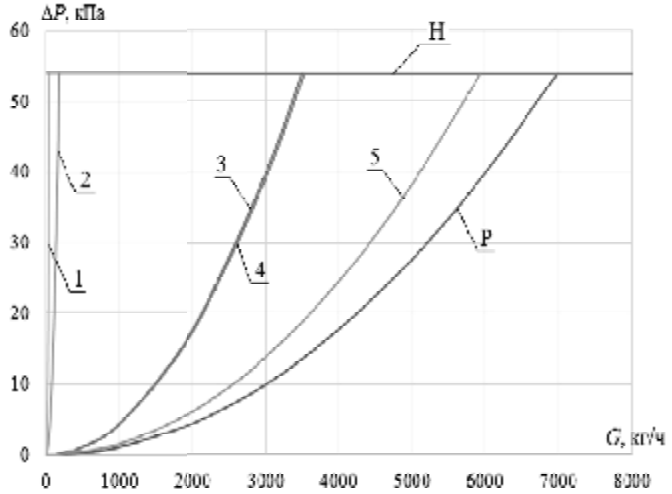


Рис. 2. Характеристика системы отопления при различных режимах работы (иллюстрация авторов): Н – характеристика насоса (поддерживает постоянный напор); Р – характеристика системы в расчетном режиме работы; 1-5 – характеристика системы в соответствующем исследованию режиме работы

Из графика видно, что в большем диапазоне встречающейся характеристики системы отопления возможно образование шума в термостатических клапанах системы, что, во-первых, негативно скажется на комфорте в обслуживаемых помещениях, а во-вторых, приведет к преждевременному износу арматуры.

Заключение

По результатам исследования можно сказать, что, несмотря на достаточно высокий запас по потере давления в ТСК (7,6 кПа в расчетном режиме, а образование шума только при 20 кПа), из всех предложенных режимов только расчетный режим обеспечивает бесшумную работу системы.

Следовательно, для устранения данной проблемы необходимо применять дополнительные регулирующие устройства, которые возьмут на себя часть потери давления, необходимой для установления комфортного режима работы. То есть в данном случае требуется установка автоматических регуляторов перепада давления на стояках.

Стоит обратить внимание, что потеря давления в системе отопления, без учета потери в ТСК, и потеря давления в ИТП в значительной мере изменяется в сторону уменьшения, при отклонении от расчетного режима работы системы. То есть фактически, в экстремальных режимах (1, 2, 3, 4) ТСК воспринимает на себя практически весь напор циркуляционного насоса. В связи с этим можно сделать вывод, что при проектной потере давления во всей системе (или напоре циркуляционного насоса), включая потерю давления в ИТП, свыше 20-22 кПа установка дополнительных автоматических регуляторов необходима.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Представлена методика оценки необходимости установки автоматических регуляторов перепада давления для водяных систем отопления с переменным гидравлическим режимом работы.
2. Для рассматриваемой системы необходима установка дополнительных регуляторов давления на стояках.
3. При проектной потере давления во всей системе (или напоре циркуляционного насоса), включая потерю давления в ИТП, свыше 20-22 кПа установка дополнительных автоматических регуляторов необходима.

Список библиографических ссылок

1. Пырков В. В. Регулирование автоматизированных систем обеспечения микроклимата // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2013. № 5 (137). С. 70–73.
2. Taylor S. T., Stein. J. Balancing variable flow hydronic systems // ASHRAE Journal. 2002. № 10. С. 17–24.
3. Милейковский В. А. Исследование переменного тепло-гидравлического режима однотрубных вертикальных систем водяного отопления : материалы V конференции – Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции / МГСУ. Москва, 2013. С. 133–139.
4. Kent W. Petrson. Avoiding common chilled water distribution problems // ASHRAE Journal. 2015. № 7. С. 50–56.
5. Прохоров В. И., Усиков С. М. О рациональности применения термостатов в системах водяного отопления // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2018. № 6 (198). С. 54–57.
6. Control Valves and cavitation // The Engineering ToolBox. URL: https://www.engineeringtoolbox.com/control-valves-cavitation-d_490.html (дата обращения: 04.12.2018).
7. Малявина Е. Г., Петров Д. Ю. Сопряженный расчет нестационарного теплового режима водяной системы отопления и здания // Жилищное строительство. 2012. № 6. С. 66–69.
8. Пухкал В. А. Исследование инерционности отопительных приборов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 269–277.
9. Махов Л. М., Усиков С. М. Применение циркуляционных насосов с различными характеристиками в системах водяного отопления и влияние их на гидравлический режим работы // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2013. № 4 (29). С. 11–16.
10. Самарин О. Д., Махов Л. М. О расчете потерь давления в элементах систем водяного отопления // Вестник МГСУ. 2009. № 52. С. 439–443.

Usikov Sergey Mikhailovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: UsikovSM@mgsu.ru
Moscow State (National Research) University of Civil Engineering
The organization address: 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye sh., 26
Dyutin Vladislav Vladimirovich
design engineer
E-mail: Welcome116rus@gmail.com
LLC «Two Clouds»
The organization address: 129329, Russia, Moscow, Kol'skaya st., 2/4

Assessment of the need for installation automatic differential pressure regulators on double-pipe risers of a water heating system in terms of noise generation

Abstract

Problem statement. The aim of the research is to identify the criteria for assessment of the need for installation the automatic differential pressure regulators at stacks of two-pipe hot-water heating systems and to determine the method of technical evaluation.

Results. The main results of the research are to obtain the method of technical evaluation for the installation of automatic differential pressure regulators in heating systems, taking into account the process of noise emissions in thermostatic valves of heaters.

Conclusions. The obtained results are of value to the construction industry because of the practical utility of the method for technical evaluation of the given regulators installation. It is determined, that the installation of additional automatic differential pressure regulators is necessary, when the designed pressure losses in the heating system, including losses on the district heating substation exceed 20-22 kPa.

Keywords: heating, automatic differential pressure regulators, hydraulic operation mode, thermostatic radiator valves, noise in variable valves, cavitation.

References

1. Pyrkov V. V. Regulation of automated microclimate support systems // Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie. 2013. № 5 (137). P. 70–73.
2. Taylor S. T., Stein J. Balancing variable flow hydronic systems // ASHRAE Journal. 2002. № 10. P. 17–24.
3. Mileykovsky V. A. Reserch of the variable heat-hydraulic regime in single-tube vertical water heating systems : mat. of the V conference – Theoretical foundations of heat gas supply and ventilation: materials of the V conference / MGSU. Moscow, 2013. P. 133–139.
4. Kent W. Petrson. Avoiding common chilled water distribution problems // ASHRAE Journal. 2015. № 7. P. 50–56.
5. Prokhorov V. I., Usikov S. M. About the rationality of the use of thermostats in water heating systems // Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie. 2018. № 6 (198). P. 54–57.
6. Control Valves and cavitation // The Engineering ToolBox. URL: https://www.engineeringtoolbox.com/control-valves-cavitation-d_490.html (reference date: 04.12.2018).
7. Malyavina E. G., Petrov D. Yu. Integrated calculation of the non-stationary thermal regime of the water system of the heating and the building // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2012. № 6. P. 66–69.
8. Puhkal V. A. Research of heat retention heater // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. № 5. P. 269–277.
9. Makhov L. M., Usikov S. M. The use of circulating pumps with different characteristics in water heating systems and their influence on the hydraulic mode of operation // Internet-vestnik VolgGASU. 2013. № 4 (29). P. 11–16.
10. Samarin O. D., Makhov L. M. About the calculation of pressure loss in the elements of water heating systems // Vestnik MGSU. 2009. № 52. P. 439–443.

УДК 628.3
Бусарев Андрей Валерьевич
кандидат технических наук, доцент
E-mail: reder1@myrambler.ru
Абитов Рунар Назилович
кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: a_runar@mail.ru
Селюгин Александр Сергеевич
кандидат технических наук, доцент
E-mail: a.selyugin@inbox.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Бахметова Лейсан Амировна
заведующая дневным отделением
E-mail: leisan.usmanova.9@mail.ru
Казанский строительный колледж
Адрес организации: 420075, Россия, г. Казань, ул. Халезова, д. 26б

Исследования процессов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является определение гидравлической крупности взвеси, образующейся в хромсодержащих стоках, которые предварительно были обработаны в гальванокоагуляторе. Это необходимо при проектировании сооружений для удаления гидроокисей тяжелых металлов методом отстаивания.

Результаты. Основные результаты исследований состоят в определении гидравлической крупности взвеси, состоящей из гидроксида хрома (III) и гидроксида железа (III).

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности использования результатов данных исследований при проектировании сооружений очистки хромсодержащих стоков методом отстаивания.

Ключевые слова: хромсодержащие сточные воды, отстаивание, гидравлическая крупность гидроокисей тяжелых металлов, методика исследований, обработка результатов.

Введение

Сточные воды, загрязненные ионами тяжелых металлов, образуются при работе гальванических цехов или участков машиностроительных предприятий. В данных производственных стоках содержатся ионы железа, меди, цинка, кадмия, никеля, а также трехвалентного и шестивалентного хрома. Активная реакция среды у стоков гальванических производств составляет 2,5-4,5, т.к. они содержат растворенные минеральные кислоты (серную, соляную, азотную) [1-3]. Поскольку ионы тяжелых металлов токсичны, а ионы Cr^{6+} даже могут вызывать у биологических объектов мутации, сброс производственных сточных вод гальванических цехов в поверхностные источники или системы водоотведения населенных пунктов не рекомендуется [1-3]. Поэтому производственные стоки гальванических цехов, содержащие ионы тяжелых металлов, направляют на очистку, а затем возвращают в системы оборотного водоснабжения данного производства.

Реагентный метод очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов предусматривает превращение их в нерастворимые соединения с последующим их отделением от стоков механическими методами (отстаивание, фильтрование) [2, 3]. Такими нерастворимыми соединениями являются гидроксиды тяжелых металлов, образующиеся при подщелачивании стоков гальванических цехов. Для подщелачивания стоков, загрязненных ионами тяжелых металлов, обычно используется гашеная известь [1-3]. Данный реагент достаточно дешевый, но после его применения в сточной воде образуется большое количество взвешенных веществ, поэтому в Казанском государственном архитектурно-строительном университете (КГАСУ) для подщелачивания стоков, содержащих ионы тяжелых металлов, предложено использовать каустическую соду [3]. Для перемешивания

щелочного реагента со сточными водами, загрязненными ионами тяжелых металлов, в КГАСУ разработана напорная камера хлопьеобразования со струйным элементом [3]. Стоки гальванического производства и раствор щелочного реагента под давлением через приточный патрубок поступают в струйный элемент, в котором струя жидкости, двигаясь вдоль его оси, создает гидродинамический режим, обеспечивающий эффективное смешение сточной воды с раствором щелочного реагента. Кроме того, создаются условия для образования хлопьев гидроокисей тяжелых металлов [3]. Далее сточные воды, содержащие ионы тяжелых металлов, поступают в напорные тонкослойные отстойники. Глубокая очистка этих стоков осуществляется в скорых напорных фильтрах с двухслойной зернистой загрузкой, фильтрование в которых осуществляется сверху вниз. Промывка скорых фильтров осуществляется фильтратом [3].

Авторы работы [2] предлагают использовать для удаления гидроокисей тяжелых металлов из производственных стоков гальванических цехов флотацию (импеллерную или с подачей воздуха через пористые материалы). Для этих целей также применяются физико-химические методы (ионный обмен, обратный осмос, электродиализ) [1, 2].

При хромировании стальных деталей образуются хромсодержащие сточные воды, содержащие ионы железа, (Cr^{6+}) и (Cr^{3+}). Прежде чем превращать их в нерастворимые соединения необходимо восстановить ионы Cr^{6+} до состояния Cr^{3+} [3, 4]. Такое восстановление может производиться с помощью электрокоагуляторов, в которых восстановление ионов Cr^{6+} осуществляется за счет окисления стальных электродов, Процесс восстановления шестивалентного хрома происходит при активной реакции среды не превышающей 3-6 [3, 4]. В процессе обработки хромсодержащих сточных вод в электрокоагуляторах расходуется большое количество электроэнергии, а также материалов (стальных электродов) [1, 3].

Если расход хромсодержащих сточных вод не превышает 100 $м^3$/сутки, применяют химическое восстановление ионов Cr^{6+}. Сточные воды обрабатывают растворами бисульфита или сульфита натрия, железного купороса, гидразина [3, 5]. Недостатками данного метода являются: малая производительность, сложность реагентного хозяйства и недостаточно высокая эффективность [3, 5].

Метод сорбции применяют при pH хромсодержащих сточных вод не более 1,5-2. Восстановление ионов Cr^{6+} осуществляется на поверхности сорбента, а ионы Cr^{3+} поглощаются сорбентом, при регенерации которого образуются сточные воды со значительным содержанием минеральных кислот [3].

Авторы работ [6, 7] предлагают использовать для сорбционной очистки хромсодержащих сточных вод новые виды сорбционных материалов.

При применении метода ионного обмена сточные воды вначале подаются на анионитовые фильтры, а затем в Н-катионитовые. При регенерации ионитов образуются кислые стоки с высоким содержанием хрома и железа, утилизация которых достаточно сложна [3].

Биологическое восстановление ионов Cr^{6+} до состояния Cr^{3+} осуществляется в анаэробных условиях в биореакторах. Образующийся гидроксид $Cr(OH)_3$ отделяется от воды отстаиванием или фильтрованием. В работе [8] для удаления ионов хрома из сточных вод предлагается использовать биосорбцию.

Перспективным оборудованием для очистки хромсодержащих сточных вод являются гальванокоагуляторы, принцип работы которых основан на использовании гальванопары «железо-медь», помещаемой в хромсодержащие стоки. Процесс восстановление ионов Cr^{6+} до состояния Cr^{3+} в отличие от электрокоагуляторов, происходит без наложения внешнего электрического поля вследствие разности электрохимических потенциалов. Железо поляризуется анодно и, окисляясь, переходит в сточную воду, восстанавливая ионы Cr^{6+}. Медь при этом не расходуется [3, 9]. В гальванокоагуляторах барабанного типа скорость окисления ионов Fe^{2+} увеличивается за счет контакта гальванопары с кислородом воздуха при вращении барабана [3, 9].

КГАСУ совместно с Санкт-Петербургским государственным архитектурно-строительным университетом разработана установка очистки хромсодержащих сточных вод, в состав которой входят: вертикальный напорный гальванокоагулятор, загруженный смесью стальных и медных стружек в соотношении 4:1. При фильтровании

хромсодержащих стоков через слой загрузки осуществляется восстановление ионов Cr^{6+} до состояния Cr^{3+}. Для интенсификации процесса очистки в гальванокоагулятор подается сжатый воздух. После восстановления шестивалентного хрома производится коррекция активной среды хромсодержащих стоков. Образующиеся гидроокиси железа и хрома отделяются отстаиванием и фильтрованием [3].

Экспериментальные исследования.

Для расчета тонкослойных отстойников, входящих в состав установки очистки хромсодержащих сточных вод, необходимо знать гидравлическую крупность взвешенных веществ, представляющих хлопья гидроокисей железа и трехвалентного хрома. Методика определения гидравлической крупности взвеси для расчета отстойников представлена в работе [10]. Для этого необходимо построить кривую зависимости $P=f(U)$, где U – гидравлическая крупность взвеси, мм/с; P – количество осадка, выпавшего при отстаивании сточной воды в цилиндре, %.

Гидравлическая крупность U, мм/с, рассчитывается по формуле [10]:

$$U=H_ц/t, \quad (1)$$

где $H_ц$ – высота слоя воды в цилиндре, мм; t – время отстаивания, с.

Величина Р, % , рассчитывается по формуле [10]:

$$P=\frac{M_0 - M}{M_0}\cdot 100\%, \quad (2)$$

где M_o – масса взвешенных веществ в цилиндре перед началом отстаивания, мг; М – масса взвешенных веществ, оставшаяся в цилиндре после отстаивания сточной воды в течение времени t, мг.

Величина M_o, мг, рассчитывается по формуле [10]:

$$M_0=\frac{\pi d_ц^2}{4}\cdot H_ц\cdot C_0\cdot 10^3, \quad (3)$$

где $d_ц$ – диаметр цилиндра для отстаивания сточной воды, м; C_o – концентрация взвешенных веществ в цилиндре перед началом отстаивания, мг/л.

Величина M, мг, рассчитывается по формуле [10]:

$$M=\frac{\pi d_ц^2}{4}\cdot H_ц\cdot C\cdot 10^3, \quad (4)$$

где C – концентрация взвешенных веществ в цилиндре после отстаивания сточной воды в течение времени t, мг.

Конструкция стеклянного цилиндра для отстаивания приведена на рис. 1. Модельный раствор, приготавливаемый по рекомендациям [3], обрабатывается в вертикальном гальванокоагуляторе конструкции КГАСУ. Затем осуществляется подщелачивание хромсодержащих стоков 10 % раствором NaOH до тех пор, пока их pH не достигнет значения 8,5-9. Далее отбирается проба сточной воды, в которой определяется концентрация взвешенных веществ (C_0).

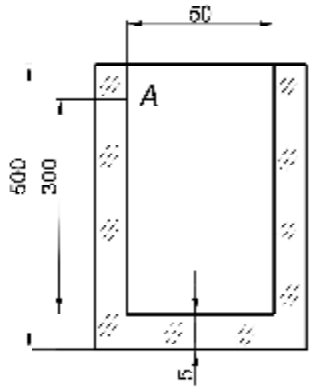


Рис. 1. Стеклянный цилиндр для отстаивания (иллюстрация авторов)

В шесть стеклянных цилиндров, размещенных в водяной бане с присоединенным термостатом, наливается обработанная каустиком сточная вода до отметки А. Термостат поддерживает в водяной бане температуру, равную +20°С. Из цилиндра № 1 через 1 минуту с помощью сифона отбирается проба, в которой определяется концентрация взвешенных веществ. Из цилиндра № 2 такая же проба отбирается через 5 минут, из цилиндра № 3 – через 10 минут, из цилиндра № 4 – через 20 минут, из цилиндра № 5 – через 30 минут, а из цилиндра № 6 – через 60 минут.

Концентрация взвешенных веществ в пробах сточной воды определяется весовым методом [10]. Температура хромсодержащих стоков измеряется с помощью ртутного термометра с ценой деления 0,1°С. Время отстаивания измеряется с помощью секундомера с погрешностью хода за 60 с не более ±0,4 с. Активная реакция сточной воды измеряется с помощью pH-метра марки pH-340 с точностью до 0,1. Концентрация ионов Cr^{3+} определяется осаждением окисью магния при pH 10,5-11 [3].

Содержания ионов трехвалентного железа определяется с использованием сульфосалициловой кислоты фотометрическим методом на приборе КФК-3 при длине волны 410 нм. Оптическая плотность определяется после разбавления пробы сточных вод до диапазона 0,1-2 мг/л [3]. Гидравлическая крупность определяется по формуле (1), а количество осадка определяется по формулам (2)-(4). Объем стоков в цилиндрах для отстаивания составляет 589 мл или 0,59 л.

Результаты исследований

Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 1-2. При проведении опытов температура сточных вод находилась в пределах 19,9-20,2 °С. Графики зависимостей *P=f (U)*, построенные по данным табл. 2, представлены на рис. 2.

Анализ результатов исследований позволяет сделать следующие выводы:

а) при pH хромсодержащих стоков равной 8,8-9,0, процесс отделения от них гидроокисей тяжелых металлов идет достаточно интенсивно;

б) в течение 50 мин при высоте отстаивания равной 300 мм, концентрация взвешенных веществ снижается с 498-504 мг/л до 41-61 мг/л;

в) более 74-77 % частиц взвеси, состоящей из гидроокиси железа и хрома, имеют гидравлическую крупность более 0,5 мм/с.

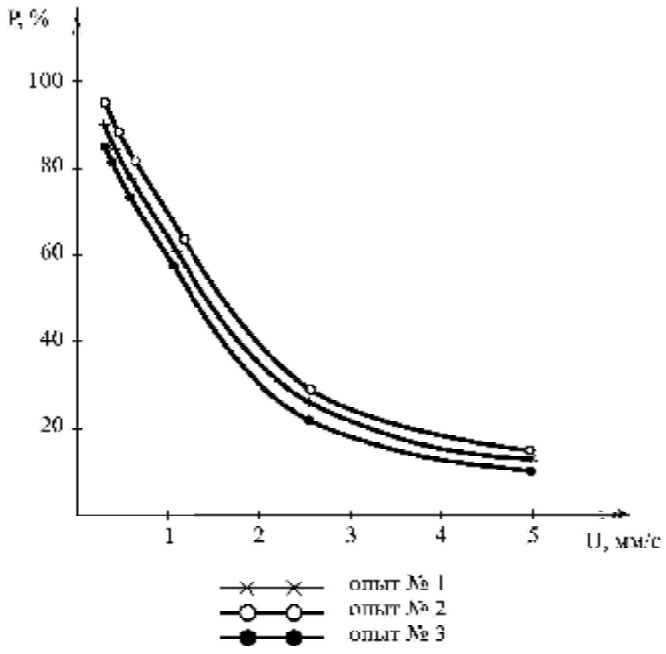


Рис. 2. Зависимости P=f (U) (иллюстрация авторов)

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

№ п/п	Концентрация взвеси перед началом отстаивания, мг/л.	Концентрация взвеси после отстаивания в течение времени, мг/л					
		1 мин	2 мин	5 мин	10 мин	20 мин	50 мин
1	498	444	375	190	119	86	51
2	504	437	363	176	115	76	41
3	502	456	386	200	131	100	61

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований

№ п/п	Масса взвеси перед началом отстаивания, мг/ M_o	pH	Параметры	Время, *t*, мин					
				1	2	5	10	20	50
1	294	8,8	Масса взвеси после отстаивания в течение времени, *M*, мг/л	262	221	112	70	51	30
			Количество осадка, Р, %	11	25	62	76	83	90
			Гидравлическая крупность, *U*, мм/с	5	2,5	1	0,5	0,25	0,1
2	297	9,0	Масса взвеси после отстаивания в течение времени, *M*, мг/л	258	214	104	68	45	24
			Количество осадка, Р, %	13	28	65	77	85	92
			Гидравлическая крупность, *U*, мм/с	5	2,5	1	0,5	0,25	0,1
3	296	8,9	Масса взвеси после отстаивания в течение времени, *M*, мг/л	269	228	118	77	59	36
			Количество осадка, *P*, %	9	23	60	74	80	88
			Гидравлическая крупность, *U*, мм/с	5	2,5	1	0,5	0,25	0,1

Заключение

Полученная в ходе исследований гидравлическая крупность взвешенных веществ, образующихся после обработки хромсодержащих сточных вод в гальванокоагуляторе, может быть принята в качестве расчетной при проектировании отстойников, используемых для очистки производственных стоков гальванических цехов от ионов тяжелых металлов.

Список библиографических ссылок

1. Кичигин В. И. Водоотводящие системы промышленных предприятий. М. : АСВ, 2011. 656 с.
2. Озерянская В. В. Исследование процессов очистки хромсодержащих гальванических стоков комбинацией реагентного и флотационного методов // Вестник Донского государственного технического университета, 2011. № 8-2 (59) т. 11. С. 1385–1390.
3. Сундукова Е. Н. К вопросу очистки хромсодержащих сточных вод // Фундаментальные исследования. 2016. № 6. часть 1. С. 36–41.

4. Электрокоагуляционный метод в гальваническом производстве//ООО «КВАНТ-МИНЕРАЛ: URL: http://kvantmineral.com/stati/electrokoagulyacionnyj–metod–v–galvanichescom–proizvodstve/ html (дата обращения: 20.03.2019).
5. Очистка хромсодержащих сточных вод. URL: http://mirznanii.com/a/324346-2/ochistka-khromsoserzhachickh-stochnykh-vod-2 (дата обращения: 22.03.2019).
6. Mendez A. Adsorbent materials from paper industry waste materials and their use in Cu(II) removal from water // Journal of Hazardous Materials. 2009. № 3. P. 736–743.
7. Fiset J. F. Revue sur lenlevement des metaux des effluents par adsorption sur ia sciure et les ecorces de bois // Rev. Sci. Eau. 2000. Vol. 13. № 3. P. 325–349.
8. Kratochvil D., Volesky B. Advances in the biosorption of heavy metals // Trends Biotechnol. 1998. V. 16. P. 291–300.
9. Кривошеин Д. А., Кукин П. П., Лапин В. Л. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. М. : Высшая школа, 2008. 344 с.
10. Бабенко А. П., Стрелец И. В. Гидравлическая крупность – основная характеристика при расчете отстойников // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 6 (11). С. 34–42.

Busarev Andrey Valerevich
candidate of technical science, associate professor
E-mail: reder1@myrambler.ru
Abitov Runar Nazilovith
candidate of pedagogical sciences, associate professor
E-mail: a_runar@mail.ru
Selyugin Aleksandr Sergeevith
candidate of technical science, associate professor
E-mail: a.selyugin@inbox.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Bakhmetova Leysan Amirovna
head of day department
E-mail: leisan.usmanova.9@mail.ru
Kazan Construction College
The organization address: 420075, Russia, Kazan, Khalezov st., 26b

The study of the processes of sewage treatment from ions heavy metal

Abstract

Problem statement. The aim of the research is to determine the hydraulic size of the suspension formed in chromium-containing effluents, which were previously treated in a galvanocoagulator. This is necessary in the design of facilities for the removal of heavy metal hydroxides by sedimentation.

Results. The main research results consist in determining the hydraulic size of the suspension consisting of chromium hydroxide (III) and iron hydroxide (III).

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is the possibility of using the results of these studies in the design of facilities for the treatment of chromium-containing effluents by sedimentation.

Keywords: chromium-containing waste water, sedimentation, settling of hydroxides of heavy metals, research methodology, processing of results.

References

1. Kichigin V. I. Drainage systems of industrial enterprises. M. : ASV, 2011. 656 p.
2. Ozeryanskaya V. V. Investigation of the processes of purification of chromium-containing galvanic effluents by a combination of reagent and flotation methods //

Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta, 2011. № 8-2 (59) vol. 11. P. 1385–1390.
3. Sundukova E. N. To the question treatment of chromium-containing wastewater // Fundamentalnye issledovanija. 2016. № 6. part 1. P. 36–41.
4. Electrocoagulation method in galvanic production // OOO «KVANT-MINERAL». URL: http://kvantmineral.com/stati/electrokoagulyacionnyj-metod-v-galvanichescom-proizvodstve/html (reference date: 20.03.2019).
5. Purification of chromium-containing wastewater. URL:http://mirznanii.com/a/324346-2/ochistka-khromsoserzhachickh-stochnykh-vod-2 (reference date: 22.03.2019).
6. Mendez A. Adsorbent materials from paper industry waste materials and their use in Cu(II) removal from water // Journal of Hazardous Materials. 2009. № 3. P. 736–743.
7. Fiset J. F. Revue sur lenlevement des metaux des effluents par adsorption sur ia sciure et les ecorces de bois // Rev. Sci. Eau. 2000. Vol. 13. № 3. P. 325–349.
8. Kratochvil D., Volesky B. Advances in the biosorption of heavy metals // Trends Biotechnol. 1998. V. 16. P. 291–300.
9. Krivoshein D. A., Kukin P. P., Lapin V. L. Engineering protection of surface waters from industrial effluents. M. : Vysshaja shkola, 2008. 344 p.
10. Babenko A. P., Streletz I. V. Settling the main characteristics in the calculation of sedimentation tanks // Stroitelstvo unikalnyh zdanij i sooruzhenij. 2013. № 6 (11). P. 34–42.

УДК 691.421
Гинчицкая Юлия Николаевна
аспирант, ассистент
E-mail: yula_yuka@mail.ru
Яковлев Григорий Иванович
доктор технических наук, профессор
E-mail: gyakov@istu.ru
Первушин Григорий Николаевич
доктор технических наук, профессор
E-mail: isfzo@istu.ru
Полянских Ирина Сергеевна
кандидат технических наук, доцент
E-mail: irina_maeva@mail.ru
Гордина Анастасия Федоровна
кандидат технических наук, доцент
E-mail: gism56@mail.ru
Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова
Адрес организации: 426069, Россия, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7

Строительная керамика, модифицированная техногенным изостатическим графитом[1]

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить влияние водных дисперсий техногенного изостатического графита на структуру и свойства строительной керамики.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в подтверждении изменения структуры керамической матрицы и повышении ее прочности в результате введения ультра- и нанодисперсного графита. Максимальными прочностными показателями обладает керамика с частицами графита, диспергированного в водной среде и стабилизированного суперпластификатором С-3, в количестве 0,005 % от массы суглинка. После сушки прочность на сжатие модифицированных образцов возрастает на 40 % по сравнению с контрольным образцом, после обжига при 950 °С – на 50 %.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в установлении оптимальных концентраций графита в строительной керамике для повышения ее прочностных характеристик, а также в выявлении эффективных видов стабилизаторов графитовых дисперсий.

Ключевые слова: строительная керамика, легкоплавкая глина, монтмориллонито-гидрослюдистая глина, техногенный изостатический графит.

Введение

Графитовые наноматериалы могут играть многогранную роль в улучшении физико-механических, физико-химических и функциональных свойств композиционных строительных материалов [1, 2]. Анализ работ в области использования диспергированного техногенного изостатического графита позволяет установить следующие направления воздействия на структуру и свойства строительных материалов:

- модификация структуры строительных материалов с последующим ее уплотнением и улучшением механических свойств [3];
- создание композиционных материалов с дополнительными функциональными свойствами, включая способность поглощать техногенное электромагнитное излучение [4, 5];
- создание композиционных строительных материалов с низким электрическим сопротивлением с целью получения электропроводящих материалов на минеральной основе [6].

Графитовые нанопластинки обладают механическими и физическими характеристиками, необходимыми для модификации структуры, при сохранении низкой

[1]Работа выполнена при финансовой поддержке ИжГТУ им. М.Т. Калашникова (08.04.01/18ПГН).

стоимости в отличие от синтезированных углеродных нанотрубок (УНТ). Кроме того, они могут быть использованы не только в строительных материалах на основе минеральных вяжущих [7], но и при производстве керамических материалов, так как графит способен работать при температурах, превышающих температуру обжига строительной керамики, в то время как УНТ выгорают при температуре около 700 °С [8].

Тщательное распределение графитовых наноматериалов в формовочной массе при производстве керамики повышает эффективность их воздействия на структуру и свойства керамической матрицы. Межфазное взаимодействие графитовых нанопластинок с глинистыми частицами, в свою очередь, определяется методами модификации поверхности графита [9]. Один из методов функционализации нанографита путем присоединения гидроксильных групп описан в работе [2].

Ключевым выводом аналитических исследований является способность графитовых наноматериалов при очень низких дозировках (0,05 % и менее) изменять структуру керамики и улучшать физико-механические характеристики керамических материалов. Исходя из этого, в работе предлагается повысить эффективность модификации строительной керамики применением дисперсий техногенного изостатического графита в водной среде.

Материалы и методы исследования. Водные дисперсии техногенного графита

В качестве ультра- и нанодисперсного модификатора использованы техногенные отходы графитовых электродов, используемых при электрошлаковом переплаве стали. На основе данных отходов, представляющих собой изостатический графит, были изготовлены 1 % водные дисперсии с использованием двух типов стабилизаторов: пластификатор С-3 (2,8 % от массы дисперсии) и смачиватель Altarau S8 (0,1 % от массы дисперсии).

Смачиватель Altarau S8 производства компании Стахема обеспечивает быстрое смачивание и диспергирование частиц графита в водной среде. Пластификатор С-3 (рисунок 2), относящийся к суперпластификаторам на основе продукта конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида, также повышает устойчивость дисперсий.

Водные дисперсии изостатического графита были получены методом гидродинамической кавитации с помощью установки, подробно описанной в работе [10].

Исследование обезвоженных пленок дисперсии с пластификатором С-3 по снимкам, полученным на растровом электронном микроскопе TESCAN MIRA 3, показало, что дисперсия представляет собой графитовые пластины, равномерно покрытые поверхностно-активным веществом (рис. 1).

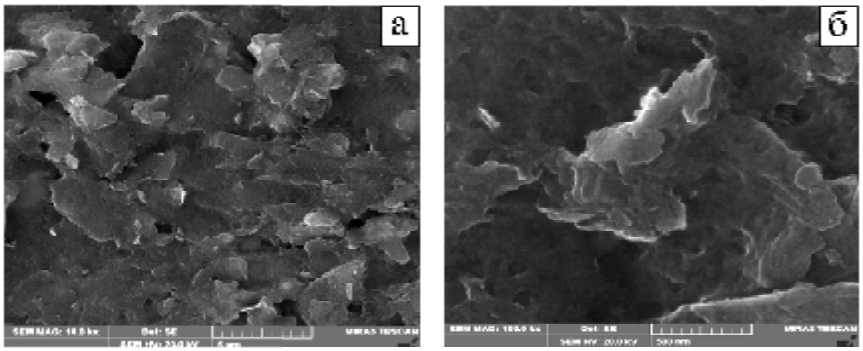


Рис. 1. Графитовые пластины, покрытые суперпластификатором С-3:
а) при 10000-кратном увеличении; б) при 100000-кратном увеличении (иллюстрация авторов)

Анализ размеров графитовых пластинок в водных дисперсиях по количеству частиц был проведен с помощью лазерного анализатора Shimadzu SALD-7500. Средний размер частиц составил:

- в дисперсии, стабилизированной пластификатором С-3 – 0,207 мкм;
- в дисперсии, стабилизированной пластификатором С-3 и смачивателем Altarau S8 – 0,323 мкм;
- в дисперсии, стабилизированной смачивателем Altarau S8 – 0,008 мкм.

Подготовка керамических образцов для исследований

Для изготовления керамических образцов была использована смесь 70 % кирпичных суглинков и 30 % кварцевого песка в качестве отощителя. Суглинки относятся к кислым, так как содержание Al_2O_3 по массе составляет 13,33 %, минералогический состав суглинков представлен смесью глинистых минералов с преобладанием монтмориллонита и иллита.

Техногенный изостатический графит вводился в шихту в виде водных дисперсий вместе с водой до формовочной влажности для пластического формования. Концентрация графита в составе керамики варьировалась от 0,001 до 0,05 % от массы суглинка.

Керамические образцы для испытаний, имеющие форму цилиндров диаметром 50 мм и высотой 50 мм, изготавливали методом пластического формования из шихты, выдержанной в течение двух суток для усреднения влажности по объему. Образцы, высушенные до постоянной массы, обжигали с изотермической выдержкой в течение двух часов при температуре 950 °С.

Методы исследований

Дифференциально-термический анализ осуществлен с помощью термогравиметрического анализатора TGA/DSC1 компании «Меттлер-Толедо». Анализ микроструктуры образцов проводился с применением электронного микроскопа TESCAN MIRA-3. ИК-спектры образцов обожженной керамики получены на ИК-Фурье-спектрометра «SpektrumOne» в области частот 4000-400 $см^{-1}$.

Результаты исследования и их обсуждение

Основным процессом получения керамических материалов является их обжиг, который оказывает решающее влияние на формирование структуры и свойств керамики. Дифференциально-термический анализ (рис. 2) контрольного образца и образца, модифицированного изостатическим техногенным графитом, показал, что при небольших концентрациях графита существенных изменений в процессе обжига керамики не происходит. Эндотермические эффекты при температурах 150-300 °С связаны с удалением адсорбционной воды, сопровождающимся потерей массы образца. Эндоэффект при 580 °С характерен для полиморфного превращения β-кварца в α-кварц. В интервале 750-850 °С происходит дегидратация глинистых минералов, а затем в области температуры 880 °С перестраивается кристаллическая решетка данных минералов.

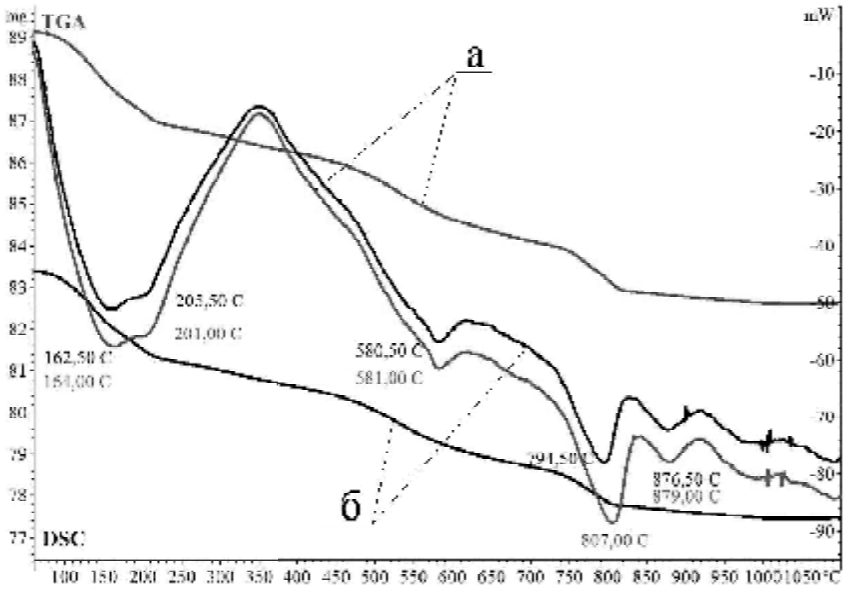


Рис. 2. Дериватограммы керамических образцов:
а) контрольный образец; б) образец, содержащий 0,005 % графита (дисперсия, стабилизированная С-3) (иллюстрация авторов)

Однако было установлено, что концентрация графита и вид стабилизатора графитовой дисперсии влияют на плотность сырца и обожженных керамических образцов (рис. 3).

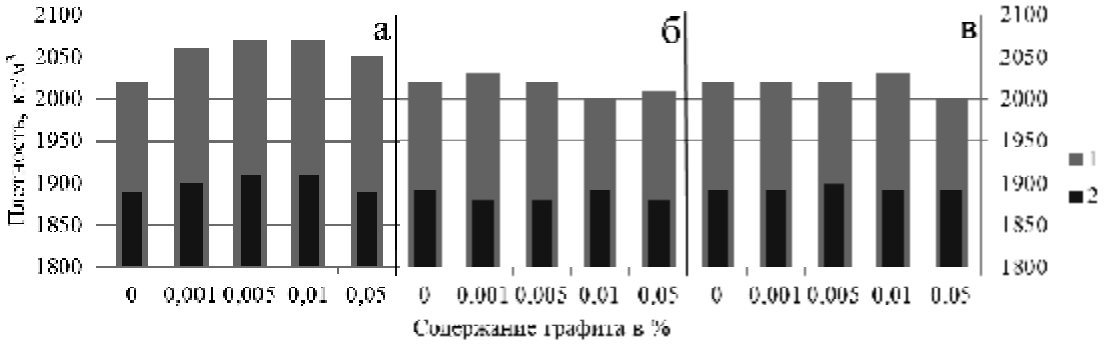


Рис. 3. Плотность керамических образцов (1 – после сушки, 2 – после обжига):
а) с дисперсией графита, стабилизированной С-3;
б) с дисперсией графита, стабилизированной С-3 и Altarau S8;
в) с дисперсией графита, стабилизированной Altarau S8 (иллюстрация авторов)

При этом наибольшей плотностью обладают образцы, модифицированные водной дисперсией графита с применением в качестве стабилизатора поверхносто-активного вещества С-3 (рис. 3а).

При анализе микроструктуры керамики после обжига (рис. 4) установлено, что введение 0,005 % графита в виде водной дисперсии, стабилизированной С-3, приводит к уплотнению керамической матрицы, повышая ее однородность и сокращая размеры пор (рис. 4б).

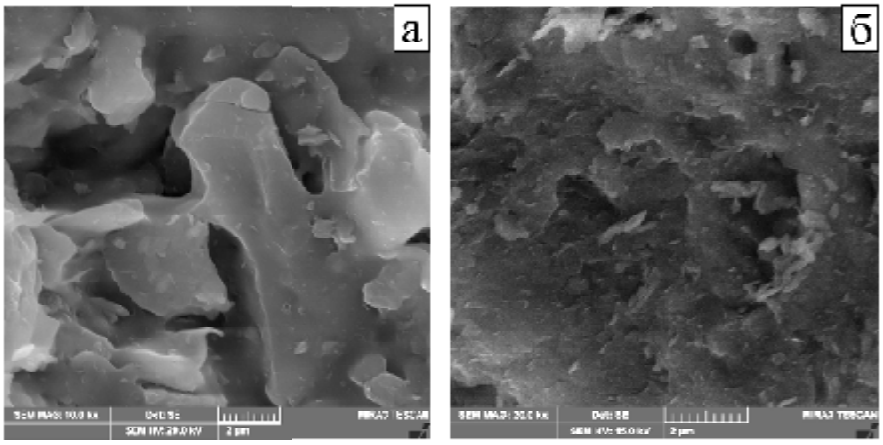


Рис. 4. Микроструктура керамических образцов после обжига:
а) контрольный образец; б) образец, модифицированный 0,005 % графита (дисперсия, стабилизированная С-3) (иллюстрация авторов)

Полученные данные о повышении плотности и однородности структуры керамики при введении частиц графита коррелируют с результатами механических испытаний прочностных характеристик образцов. На рис. 5 приведена зависимость предела прочности керамики при сжатии от концентрации графита и вида стабилизатора графитовой дисперсии.

Установлено, что наиболее эффективной для повышения прочностных характеристик керамики является добавка водной дисперсии графита, стабилизированная пластификатором С-3. При этом максимальный прирост прочности с введением графита в количестве 0,005 % от массы суглинка может достигать 50 % (рис. 5а). Следующей по эффективности модификации является дисперсия графита, стабилизированная смачивателем Altarau S8, позволяющая повышать прочность керамики до 25 % при

концентрации графита 0,005-0,01 % от массы суглинка (рис. 5в). В то же время исследования показали, что введение только стабилизаторов без графита в шихту не дает прироста прочности, и предел прочности образцов при сжатии остается соответствующим значениям предела прочности контрольных образцов.

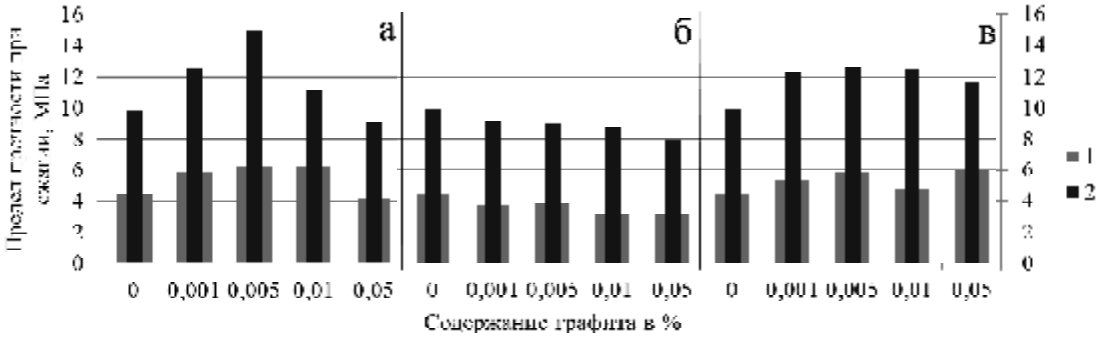


Рис. 5. Прочность при сжатии керамических образцов при сжатии
(1 – после сушки, 2 – после обжига): а) с дисперсией графита, стабилизированной С-3;
б) с дисперсией графита, стабилизированной С-3 и Altarau S8;
в) с дисперсией графита, стабилизированной Altarau S8 (иллюстрация авторов)

При этом совместная стабилизация водной дисперсии графита пластификатором С-3 и смачивателем Altarau S8 не дает положительных результатов при модификации керамики с целью повышения ее прочности (рис. 5б).

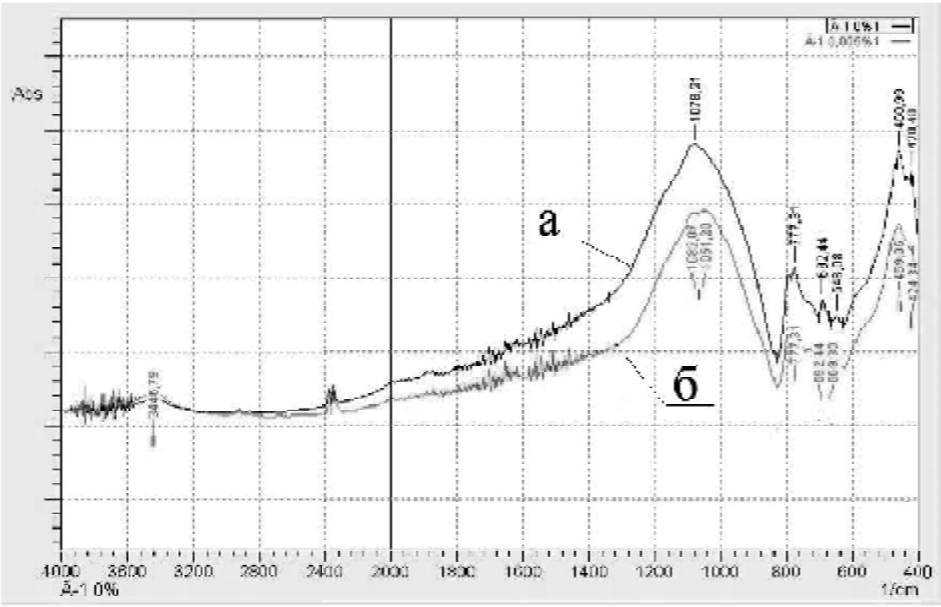


Рис. 6. ИК-спектры керамических образцов:
а) контрольный образец; б) образец, содержащий 0,005 % графита
(дисперсия, стабилизированная С-3) (иллюстрация авторов)

Анализ ИК-спектра контрольного образца (рис. 6а) позволил выявить интенсивную линию поглощения, соответствующую колебаниям атомов кремнекислородного тетраэдра Si-O-Si при частоте 1078 см$^{-1}$. ИК-спектр керамического образца с графитом (рис. 6б) показал раздвоение и смещение полосы линии поглощения главного валентного колебания Si-O-Si в сторону меньших частот (1051 см$^{-1}$), что может происходить за счет увеличения расстояния связей между атомами Si-Al-O [11]. Последнее обстоятельство позволяет говорить о формировании других кристаллических соединений, влияющих на изменение механических показателей обожжённой керамики.

Заключение

Установлено, что ультра- и нанодисперсные частицы графита влияют на структуру керамики не только на этапе формования сырца, но и при его обжиге, способствуя формированию новых фаз, что подтверждено ИК-спектральным анализом. Введение ультрадисперсного графита позволяет получить более плотную и однородную керамическую матрицу.

Изменение структуры матрицы в результате введения ультра- и нанодисперсного графита повышает прочность керамики. Установлено, что максимальными прочностными характеристиками обладает керамика с частицами графита, диспергированного в водной среде и стабилизированного суперпластификатором С-3, в количестве 0,005 % от массы суглинка. После сушки прочность на сжатие модифицированных образцов возрастает на 40 % по сравнению с контрольным образцом, после обжига при 950 °С – на 50 %. Таким образом, проведенные исследования показывают эффективность модифицирования строительной керамики водными дисперсиями техногенного изостатического графита, стабилизированных поверхностно-активными веществами.

Список библиографических ссылок

1. Sbia L. A., Peyvandi A., Soroushian P., Balachandra A. M., Sobolev K. Evaluation of modified-graphite nanomaterials in concrete nanocomposite based on packing density principles // Construction and Building Materials. 2015. № 76. P. 413–422.
2. Peyvandi A., Soroushian P., Balachandra A. M., Sobolev K. Enhancement of the durability characteristics of concrete nanocomposite pipes with modified graphite nanoplatelets // Construction and Building Materials. 2013. № 47. P. 111–117.
3. Chen P.-Hs., Chung D. D. L. Comparative evaluation of cement-matrix composites with distributed versus networked exfoliated graphite // Carbon. 2013. № 63. P. 446–453.
4. Chung D. D. L. Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon materials // Carbon. 2001. № 39. P. 279–285.
5. Guan H., Liu Sh., Duan Yu., Cheng J. Cement based electromagnetic shielding and absorbing building materials // Cement & Concrete Composites. 2006. № 28. P. 468–474.
6. Cao J., Chung D. D. L. Colloidal graphite as an admixture in cement and as a coating on cement for electromagnetic interference shielding // Cement and Concrete Research. 2003. № 33. P. 1737–1740.
7. Bhattacharya S., Sachdev V. K., Chatterjee R., Tendon R. P. // Decisive properties of graphite-filled cement composites for device application // Appl. Phys. 2008. № 92. P. 417–420.
8. Яковлев Г. И., Полянских М. С., Мачюлайтис Р., Керене Я., Малайшкене Ю., Кизиневич О., Шайбадуллина А. В., Гордина А. Ф. Наномодифицирование керамических материалов строительного назначения // Строительные материалы. 2013. № 4. С. 62–64.
9. Peyvandi A., Soroushian P., Abdol N., Balachandra A. M. Surface-modified graphite nanomaterials for improved reinforcement efficiency in cementitious paste // Carbon. 2013. № 63. P. 175–186.
10. Yakovlev G., Pervushin G., Maeva I., Pudov I., Shaybadullina A., Keriene J., Buryanov A., Korzhenko A., Senkov S. Modification of construction materials with multi-walled carbon nanotubes // Procedia engineering. 2013. № 57. P. 407–413.
11. Пащенко А. А., Мясников А. А., Мясникова Е. А. Физическая химия силикатов. М. : Высшая школа, 1986. 368 с.

Ginchitskaya Yuliya Nikolaevna
post-graduate student, assistant
E-mail: yula_yuka@mail.ru

Yakovlev Grigory Ivanovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: gyakov@istu.ru
Pervushin Grigory Nikolaevich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: isfzo@istu.ru
Polyanskikh Irina Sergeevna
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: irina_maeva@mail.ru
Gordina Anastasia Fedorovna
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: gism56@mail.ru
Kalashnikov Izhevsk State Technical University
The organization address: 426069, Russia, Izhevsk, Studencheskaya st., 7

Structural ceramics modified with technogenic isostatic graphite

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to identify the effect of aqueous dispersions of technogenic isostatic graphite on the structure and properties of building ceramics.

Results. The main results of the research are to confirm the change in the structure of the ceramic matrix and increase its strength as a result of the introduction of ultra- and nano-dispersed graphite. Ceramics with graphite particles dispersed in an aqueous medium and stabilized with C-3 superplasticizer in an amount of 0,005 % by weight of loam have the maximum strength characteristics. After drying, the compressive strength of the modified samples increases by 40 % compared with the control sample, after firing at 950 ° C – by 50%.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to establish the optimal concentrations of graphite in structural ceramics to increase its strength characteristics, as well as to identify effective types of stabilizers of graphite dispersions.

Keywords: structural ceramics, low-melting clay, montmorillonite-hydrologist clay, technogenic isostatic graphite.

References

1. Sbia L. A., Peyvandi A., Soroushian P., Balachandra A. M., Sobolev K. Evaluation of modified-graphite nanomaterials in concrete nanocomposite based on packing density principles // Construction and Building Materials. 2015. № 76. P. 413–422.
2. Peyvandi A., Soroushian P., Balachandra A. M., Sobolev K. Enhancement of the durability characteristics of concrete nanocomposite pipes with modified graphite nanoplatelets // Construction and Building Materials. 2013. № 47. P. 111–117.
3. Chen P.-Hs., Chung D. D. L. Comparative evaluation of cement-matrix composites with distributed versus networked exfoliated graphite // Carbon. 2013. № 63. P. 446–453.
4. Chung D. D. L. Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon materials // Carbon. 2001. № 39. P. 279–285.
5. Guan H., Liu Sh., Duan Yu., Cheng J. Cement based electromagnetic shielding and absorbing building materials // Cement & Concrete Composites. 2006. № 28. P. 468–474.
6. Cao J., Chung D. D. L. Colloidal graphite as an admixture in cement and as a coating on cement for electromagnetic interference shielding // Cement and Concrete Research. 2003. № 33. P. 1737–1740.
7. Bhattacharya S., Sachdev V. K., Chatterjee R., Tendon R. P. // Decisive properties of graphite-filled cement composites for device application // Appl. Phys. 2008. № 92. P. 417–420.

8. Yakovlev G. I., Polyanskikh M. S., Machulaites R., Kerene J., Malaishkene Y., Kizinevich O., Shaybadullina A. V., Gordina A. F. Nano-modification of ceramic materials for construction purposes // Stroitel'nye materialy. 2013. № 4. P. 62–64.
9. Peyvandi A., Soroushian P., Abdol N., Balachandra A. M. Surface-modified graphite nanomaterials for improved reinforcement efficiency in cementitious paste // Carbon. 2013. № 63. P. 175–186.
10. Yakovlev G., Pervushin G., Maeva I., Pudov I., Shaybadullina A., Keriene J., Buryanov A., Korzhenko A. Senkov S. Modification of construction materials with multi-walled carbon nanotubes // Procedia engineering. 2013. № 57. P. 407–413.
11. Pashchenko A. A., Myasnikov A. A., Myasnikova E. A. Physical chemistry of silicates. M. : Vysshaya shkola, 1986. 368 p.

УДК 624.159.4
Кайс Хамза Абдулмалек
аспирант
E-mail: Hamza.qais@mail.ru
Морозова Нина Николаевна
кандидат технических наук, доцент
E-mail: ninamor@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Муртазин Нияз Фаизович
заместитель директора по технологии и науке
E-mail: n.murtazin22@gmail.com
ООО ТК «Спарта»
Адрес организации: 420021, Россия, г. Казань, ул. Каюма Насыри, д. 25

Исследование фазово-минерального состава цеолитовых пород методом рентгенофазового анализа[1]

Аннотация

Постановка задачи. Природные цеолитовые породы – это полиминеральный материал. Проведено исследование минералогического состава образцов цеолитовых пород Египетского и Йеменского месторождений методом рентгенофазового анализа (РФА) для выявления зависимости их реотехнологических свойств и влияния на цементные системы фазовой и минеральной структуры цеолитов. Данные получены на дифрактометре марки D8 ADVANCE фирмы Bruker с использованием монохроматизированного CuKα-излучения в режиме шагового сканирования в геометрии «на отражение».

Результаты. В ходе эксперимента получены дифракционные картины исследуемых материалов, представляющие собой дифрактограммы в координатах интенсивности рассеянного луча от угла рассеяния. Сопоставлены результаты зависимости между фазовым составом цеолитовых пород и их водопотребностью и пуццолановой активностью в составе гидравлических вяжущих.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что, зная минералогический состав цеолитовых пород, можно регулировать технологические и технические показатели бетона, что подтверждается проведенными экспериментами. Так, при равном количестве цеолита в исследованных породах (64 %), изменяются их реотехнологические свойства, которые, очевидно, определяются видом и количеством сопутствующих минералов. Наличие кристобалита в Йеменской породе ведет к увеличению ее водопотребности (до 53 %) по сравнению с цеолитовой породой из Египта, а также к росту ее пуццолановой активности (до 41 %). Наличие силикатных примесей (мусковита и кварца) в месторождении цеолитовой породы из Египта приводит к уменьшению ее водопотребности.

Ключевые слова: РФА, минерал, цеолит, кристобалит, водопотребность, пуццолановая активность.

Введение

В качестве активных минеральных добавок в цементах и бетонах применяются природные сорбенты – это горные породы различного происхождения, обладающие сорбционными, ионообменными и каталитическими свойствами. Активность минеральной добавки определяется способностью поглощать CaO из насыщенного

[1]Авторы выражают благодарность ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых» за предоставленную возможность проведения исследований фазовой структуры образцов.

раствора извести. Свойства пород, в первую очередь, зависят от исходного минералогического состава. Не менее важную роль играет процесс переработки, который существенно может поменять характеристики материала.

Проведенные ранее исследования по применению цеолитовых пород разных месторождений показали их значительную разницу в пуццолановой активности и их водопотребности [1-4], поэтому встала задача объяснить полученные результаты с использованием структурных методов. Из литературы [5-7] известно, что одному и тому же веществу могут быть присущи разные формы вещества – кристаллические и аморфные. Одним из таковых являются кристаллический кварц и различные аморфные формы кремнезема. Кристаллическая форма всегда более устойчива, а аморфная – более гидратационно активная.

Состав природных цеолитов

Цеолитовые породы – наиболее известные природные сорбенты. Как правило, эти породы имеют богатый минералогический и химический состав. В сороковых годах свойства цеолитов были изучены на синтетических аналогах природных цеолитов [8]. Позже, в шестидесятых годах, исследования природных цеолитов проводились И.А. Белицким [9]. В настоящее время исследования проводятся как российскими, так и зарубежными учеными [10-12]. Определяются минералогический и химический составы, их структурные особенности и свойства. С результатами этих исследований можно ознакомиться в обзорных работах [13-15].

В состав природных цеолитов входят различные минералы (в отличие от синтетических), также присутствуют разные ассоциации самородных минералов, образованные в результате физико-химических и термодинамических процессов в природе. В связи с этим, породы разных месторождений различаются по своим свойствам, в частности, характеризуются различной адсорбционной способностью и пуццолановой активностью.

Структура цеолитов

Как известно [16-19], кристаллическая структура цеолитов состоит из кремнекислородных тетраэдров, часть атомов кремния в которых замещена атомами алюминия. Объединение тетраэдров приводит к возникновению каналов и полостей размером от 0,3 до 1 нм. Такая пористая микроструктура имеет сообщение с окружающей средой и, в результате, в этих полостях размещаются щелочные и щелочно-земельные металлы и молекулы воды – так называемая «цеолитная» вода (рис. 1) [20].

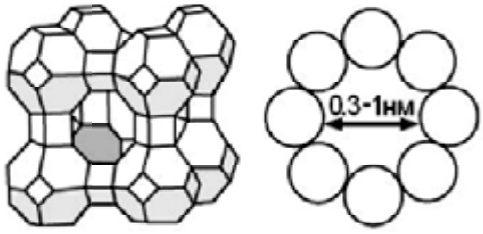


Рис. 1. Структура цеолитов [20]

Богатые цеолитом породы широко используются в различных отраслях народного хозяйства (сельское хозяйство, пищевая промышленность, медицина, строительство и т.д.). Наиболее широкое распространение нашел клиноптилолит. Хорошим качеством считается содержание клиноптилолита более 60 % [21]. Однако осадочные породы с низким содержанием цеолита тоже находят широкое применение. Это связано с тем, что цеолитсодержащая порода может содержать также монтмориллонит, опал кристобалит – эти минералы, как и цеолит, являются природными сорбентами и ионообменниками. Важную роль также играет кальцит [22]. Кроме того, в процессе переработки – сушки, механической и термической активации – значительно меняются свойства минералов. Для различного применения используются свои эффективные методы активации [23].

Таким образом, этот уникальный природный материал привлекает внимание многих исследователей. Так, в работе [24], было показано, что наночастицы цеолита размером от 3 до 5 нанометров присутствуют в растворе $Ca(OH)_2$ на протяжении всего процесса кристаллизации. Эти частицы могут участвовать в процессе кристаллизации [25], а также сохранять аморфное состояние и являться источником кремния [26].

Методы исследования структуры

Для установления минералогического состава материалов применяются различные аналитические методы, многие из которых предполагают его разрушение. Однако, ограниченный набор химических элементов, соединяясь в различные структуры, создает бесчисленное множество веществ с различными свойствами. Во многих случаях, необходимо сохранять и изучать структуру материала, например, кристаллическую фазу, так как именно от нее зависят конечные свойства материала. Изучать кристаллическую фазу позволяют дифракционные методы (рентгеновский, нейтронографический или электронографический). Суть качественного РФА заключается в идентификации пиков, характерных для отдельных минералов. Для каждого минерала характерен свой рисунок, который можно найти в базах данных. Количественный же анализ основывается на сравнении интенсивности пиков, но следует учитывать коэффициент ослабления, характеризующий ослабление сигнала при прохождении через вещество [27].

Методы РФА получили большое распространение в практике исследования минеральных строительных материалов. При использовании РФА твердое тело изучается в неизменном виде, что является преимуществом данного метода анализа. В результате идентифицируются вещества или их составляющие. Благодаря этому возможно различить отдельные модификации полиморфных тел, например, серу ромбическую и моноклинную, кальцит и арагонит. Преимуществом данного метода также является то, что для анализа требуется очень небольшое количество вещества, которое, к тому же, не разрушается в процессе исследования [28].

Рисунок рентгеновского спектра позволяет получить начальную информацию о состоянии материала. Если дифракционные пики получаются высокими и узкими, это говорит о том, что материал хорошо окристаллизован и однороден по параметрам решетки, низкие и широкие пики свидетельствуют о неоднородном материале [29].

В настоящей статье авторами сообщается об исследовании методом РФА различных образцов цеолитовых пород с целью установления взаимосвязи между фазовым составом и их физическими свойствами.

Характеристика исследуемых материалов

В данной статье были использованы цеолитовые породы двух месторождений.

Природный цеолит из Египта выпускается фирмой «Gawish import & export egypt». В качестве образца взята фракция 0-0,08 мм, которая имеет светло-желтый цвет. Порошок имеет удельную поверхность по прибору Соминского-Хадакова (ПСХ) – 9900 $см^2/г$.

Природный цеолит из Йемена, выпускается фирмой «ZeoSror». В качестве образца была взята фракция 0-1 мм, имеющая светло-зеленый цвет. После дополнительного измельчения удельная поверхность по ПСХ составила 8000 $см^2/г$.

По паспортным данным производителей породы представлены следующим минералогическим составом (табл. 1).

Таблица 1

Минералогический состав цеолитовых пород

Страна происхождения	Вид и количество минерала в породе, %					
	клиноптилолит	гейландит	санидин	кварц	плагиоклаз	карбонат
Египет	75	–	–	8	до 3	2,5
Йемен	–	73	5	6	–	9

Методика эксперимента

Определение фазового состава образцов было проведено методом РФА на дифрактометре D8 ADVANCE фирмы Bruker, с использованием монохроматизированного

CuKα-излучения, в режиме шагового сканирования, в геометрии «на отражение». Препарат готовился путем помещения тонкодисперсного порошка, исследуемого материала, в кювету; во время съемки препарат вращался в собственной плоскости со скоростью 60 об/мин. Режим работы рентгеновской трубки: 40kVи 30 mA.

Результаты исследования цеолитовых пород

В ходе эксперимента получены дифракционные картины исследуемых материалов, представляющие собой дифрактограммы в координатах: интенсивность рассеянного луча – угол рассеяния (рис. 2-3). Далее сопоставлены результаты зависимости между фазовым составом пород с их пуццолановой активностью и водопотребностью.

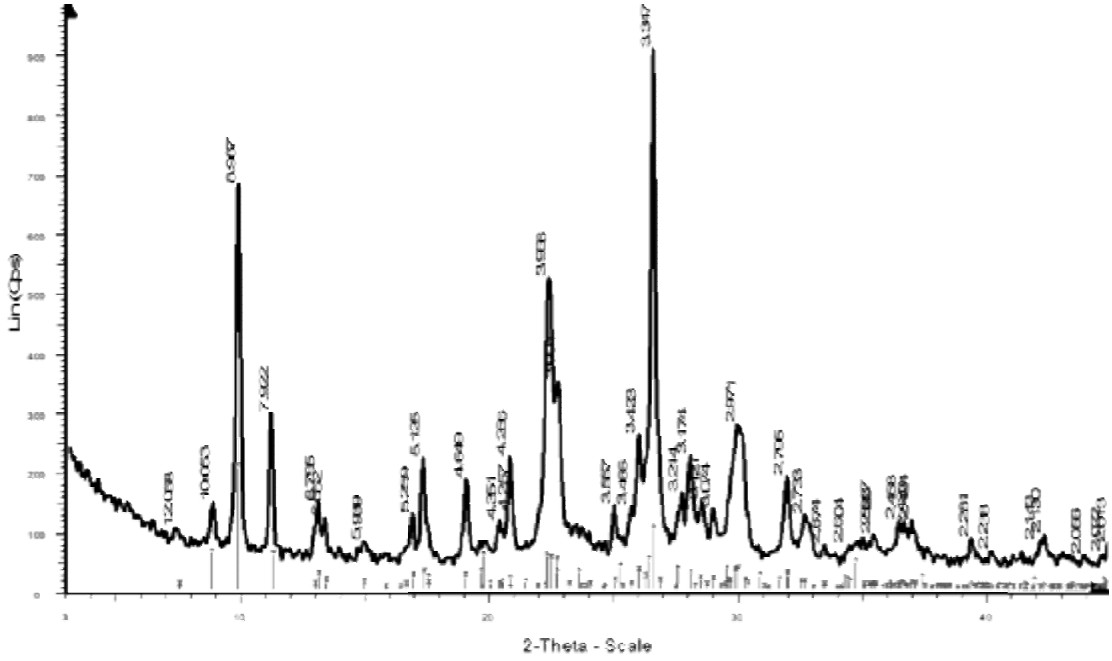


Рис. 2. Дифрактограмма цеолита Египетского месторождение (иллюстрация аппарата)

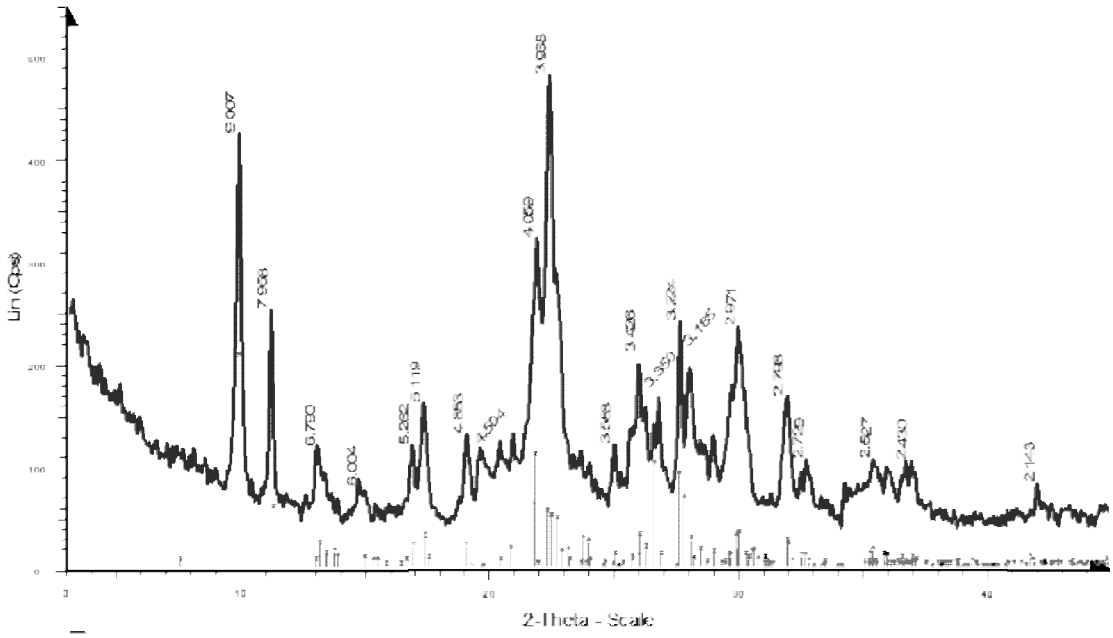


Рис. 3. Дифрактограмма цеолита Йеменского месторождение (иллюстрация аппарата)

Как видно из рис 2, на дифрактограмме практически отсутствует аморфный фон и уширения линий пиков, что свидетельствует о высокой степени кристалличности и однородности природных образцов цеолитов из Египта. Исследуемые образцы цеолитовой породы Египетского месторождения содержат клиноптилолит, а также примесные породы – кварц, албит, и мусковит, которые относятся к группам кристаллических структур.

В сравнении с результатами РФА Египетского месторождения, минералогический состав исследуемого образца цеолитовой породы Йеменского месторождения (рис. 3) включает в себя примерно столько же клиноптилолита, а также примесные породы – меньше кварца, больше альбита, и кристобалит, которого нет в первом образце. На дифрактограмме видно наличие следов аморфного фона и слабоинтенсивные пики, особенно в интервале от 3° и 9° угла 2θ, что объясняется наличием связующих примесей с аморфными структурами, а именно минералом кристобалит, который входит в состав в количестве 17,1 %.

Известно, что цеолитовое сырье, как правило, имеет большое количество примесей и непостоянный состав. Каждый из этих примесей вносит свои уникальные свойства. В качестве примесей в Йеменском цеолите присутствует кремнезем в форме кварца и кристобалита. Кварц характеризует кристаллическую структуру, а кристобалит – аморфную.

Анализ минералогического состава цеолитовых пород и реотехнологических свойств

По химическому составу (табл. 2) цеолитовые породы Египетского и Йеменского месторождений относятся к высококремнеземистым. Мольное отношение $SiO_2/A1_2O_3$ составляет 6 для Египетского цеолита и 6,45 – для Йеменского. Содержание свободного кварца в цеолитовой породе из Египта значительно выше, чем в породе из Йемена (17,2 и 4,1 % соответственно), что видно из данных расшифровки дифракционных картин (табл. 3).

Таблица 2

Химический состав исследуемых цеолитов

Наименование вещества	Оксидное соединение								
	SiO_2	CaO	MgO	Fe_2O_3	Na_2O	$A1_2O_3$	K_2O	TiO_2	MnO
Цеолит из Египта	71,4	1,26	0,45	1,04	2,086	11,9	3,02	0,16	0,034
Цеолит из Йемена	71,83	0,89	0,43	3,44	0,99	11,12	2,69	0,22	0,02

Таблица 3

Минералогический состав исследуемых цеолитов

Наименование вещества	Вид и количество минерала, %				
	клиноптилолит	кварц	мусковит	кристобалит	албит
Цеолит из Египта	63,7	17,2	9,3	-	9,7
Цеолит из Йемена	64	4,1	-	17,1	14,8

Как видно из данных табл. 3, цеолитовая составляющая породы Египетского месторождения представлена клиноптилолитом и содержит примеси в виде кварца, мусковита и албита, а порода Йеменского месторождения, практически при таком же количестве клиноптилолита, содержит в 1,5 раза больше минерала албита и в 4 раза меньше кварца. Кроме того в породе присутствует кристобалит.

Данные ранее проведенных экспериментов [1-4] по изучению технологических свойств цементного теста с добавкой этих цеолитов (табл. 4) можно объяснить с точки зрения полученных результатов по изучению химического и минералогического составов.

Таблица 4

Свойства цеолитсодержащих пород и цементного теста на их основе [1-4]

Наименование материала	Водотвердое отношение	Предельное напряжение сдвига, Па	Плотность цементного теста, кг/м^3 при содержании цеолитов:		Прочность на сжатие, МПа при содержании цеолитов:	
			5 %	10 %	5 %	10 %
Цеолит (ЕГ)	0,4	66,09	2100	1980	796	691
Цеолит (ЙЕМ)	0,85	30,59	2000	1900	700	657

Исходя из данных о различной пуццолановой активности цеолитов разных месторождений [2], было проведено определение активности цеолита по величине поглощения CaO из насыщенного известкового раствора (рис. 4). В результате исследований установлено, что цеолит из Египта фракции 0-0,08 мм характеризуется активностью по поглощению CaO за 30 суток 483 г/л. Йеменская цеолитсодержащая порода проявляет большую активность (почти в 2 раза), но и обладает более высокой водопотребностью.

Этот факт, очевидно, связан с наличием минерала кристобалита, который относится к полиаморфной модификации кварца. С другой стороны, его присутствие, в качестве активного компонента в гидравлических вяжущих на основе извести и портландцемента играет, положительную роль.

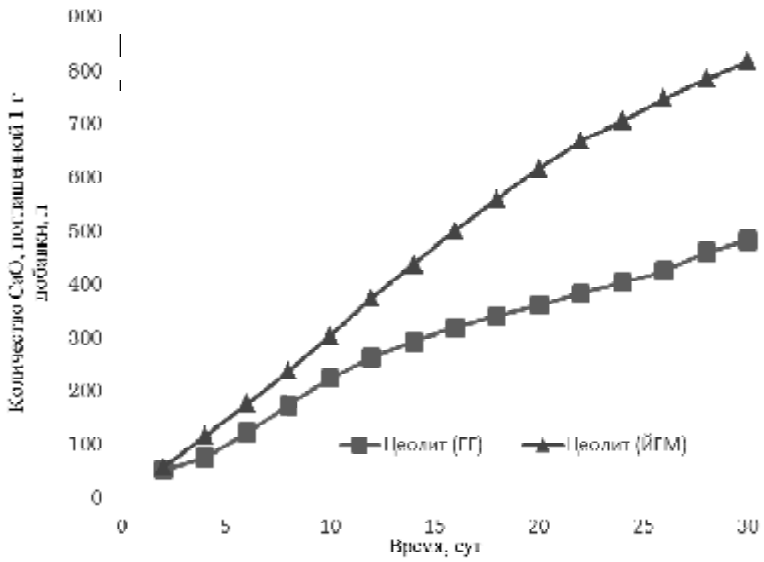


Рис. 4. Исследование активности цеолитсодержащих пород по поглощению CaO из насыщенного известкового раствора (иллюстрация авторов)

Таким образом, меньшее содержание аморфной фазы в цеолитовой породе из Египта по сравнению с породой из Йемена (рис. 2-3) обуславливает снижение его водопотребности и уменьшение пуццолановой активности (рис. 4).

Заключение

Основываясь на результатах экспериментального исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Несмотря на равное количество цеолита в исследованных породах (64 %), их реотехнологические свойства различаются ввиду наличия разного количества примесей в породе.

2. Наличие кристобалита в Йеменской породе ведет, по сравнению с цеолитовой породой из Египта, к увеличению его водопотребности (до 53 %), а также к росту его пуццолановой активности (до 41 %).

3. Более низкая водопотребность Египетского цеолита обусловлена также и наличием силикатных примесей (мусковита и кварца).

Список библиографических ссылок

1. Морозова Н. Н., Кайс Х. А. Реологические характеристики модифицированных минеральных добавок для высокопрочных бетонов // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 10 (54). С. 33–40.
2. Кайс Х. А., Морозова Н. Н. Эффективность цеолита из Египта в портландцементе // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 24. С. 62–65.
3. Morozova N. N., Hamzah Abdulmalek Qais. The Flow Properties of Some Chemical Additives Used in Modification of Natural Zeolite for Cement Concrete // Journal of Scientific Research & Reports. 2016. № 10 (4). P. 1–9.
4. Кайс Х. А., Гуляков Е. Г. Свойства природных цеолитовых породразличных стран в качестве активных минеральных добавок для цементных бетонов : сб. научных трудов Проблемы взаимодействия науки и общества. 2019. № 1. С. 23–26.
5. Микульский В. Г., Горчаков Г. И., Козлов В. В., Куприянов В. М., Ореитлихер Л. М., Рахимов Р. З., Сахаров Г. П., Хрулев В. М. Строительные материалы. М. : АСВ, 2004. 536 с.
6. Ананьев В. П., Потапов А. Д. Инженерная геология. М. : Высшая школа, 2007. 575 с.
7. Бакай А. С. Поликластерные аморфные структуры и их свойства. М. : ЦНИИатоминформ, 1985. 58 с.
8. Овчаренко Г. И., Свиридов В. Л. Цеолиты в строительных материалах. Барнаул, 2006. 88 с.
9. Белицкий И. А. Регидратация природных цеолитов // Геология и геофизика. 1971. № 11. С. 12–21.
10. Фенелонов Б. В. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов. М. : РАН, 2004. 442 с.
11. Graham I. T., Pogson R. E., Colchester D. M., Baines A. Zeolite crystal habits, composition, and paragenesis // Mineralogical Magazine. 2004. V. 44. P. 625–655.
12. Dutta K. P., White C. J. Assembly of nanoparticles in zeolite Y for the photocatalytic generation of hydrogen from water // Journal of Physical Chemistry. 2011. V. 115. P. 2938–2947.
13. Цицишвили Г. В. Природные цеолиты. М. : Химия, 1985. 224 с.
14. Deem M. W., Pophale R., Cheeseman P. A., Earl D. J. Computational Discovery of New Zeolite-Like Materials // J. Phys. Chem. 2009. V. 113. P. 21353–21360.
15. Baerlocher C., McCusker L. B., Olson D. H. Atlas of zeolite framework types. New York, 2007. 212 p.
16. Чайкина М. В. Механохимия взаимодействия природных цеолитов с фосфатами кальция. Новосибирск, 2002. 120 с.
17. Пылев Л. Н., Валамина И. Е. О канцерогенной активности цеолитсодержащих туфов Шивыртуйского и Чугуевского месторождений // Медико-биол. исслед. и примен. в сельск. хоз-ве. 1992. № 64. С. 47–49.
18. Морозова Н..Н., Кайс Х. А. Повышение реакционной способности цеолитсодержащих цементов механической активацией // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 24 (18). С. 62–65.
19. Anschrif A. Saving potential and product improvement innovative technology for the manufacturing of concrete // Betonwerk FertigteilTechn. 2008. V. 74. P. 52–55.
20. Armaroli T., Simon L. J., Digne M., Montanari T., Bevilacqua M., Valtchev V., Patarin, J., Busca G. Effects of crystal size and Si/Al ratio on the surface properties of H-ZSM-5 zeolites // Applied Catalysis A: General. 2006. V 306. P. 78–84.
21. Akimkhan M. A. Structural and Ion-Exchange Properties of Natural Zeolite // In: Ayben K, editor.Ion Exchange Technologies. In Tech press. 2012. V. 34. P. 261–282.

22. Davis T. M., Drews T. O., Ramanan H. C., Dong J., Schnablegger H., Katsoulakis M. A., Kokkoli E., McCormick A. V., Penn R. L., Tsapatsis M. Mechanistic principles of nanoparticle evolution to zeolite crystals // Nature Materials. 2006. V. 5. P. 400–408.
23. Schoeman B. J. Analysis of the nucleation and growth of TPA-silicalite-1 at elevated temperatures with the emphasis on colloidal stability // Microporous and Mesoporous Materials. 1998. V. 22. P. 9–22.
24. Kirschhock C. E. A., Buschmann V., Kremer S., Ravishankar R., Houssin C. J. Y., Mojet B. L., Santen R. A., Grobet P. J., Jacobs P. A., Martens J. A. Zeosil nanoslabs: building blocks in nPr4N+ – mediated synthesis of MFI zeolite // Angew. Chem. Int. Ed. 2001. V. 40. P. 2637–2640.
25. Treacy M. M. J., Higgins J. B. Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites // Tokyo Elsevier. 2001. V. 23. P. 586–588.
26. Кузнецова Г. А. Качественный рентгенофазовый анализ: метод. указания. М. : ИГУ, 2005. 28 с.
27. Макарова И. А., Лохова Н. А. Физико-химические методы исследования строительных материалов. Братск, 2011. 139 с.
28. Пустовалова Л. М. Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ. М., 2014. 300 с.
29. Caputo D., Liguori B., Colella C. Some Advances in Understanding the Pozzolanic Activity of Zeolites: The Effect of Zeolite Structure // Cement and Concrete Composites. 2008. № 30 (5). P. 455–462.

Qais Hamza Abdulmalik
post-graduate student
E-mail: hamza.qais@mail.ru
Morozova Nina Nikolaevna
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ninamor@ mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Murtazin Niyaz Faizovich
deputy director for technology and science
E-mail: n.murtazin22@gmail.com
OOO TC «Sparta»
The organization address: 420021, Russia, Kazan, Kayuma Nasyri st., 25

The study of the phase-mineral composition of zeolite rocks by the method of X-ray phase analysis

Abstract

Problem statement. Natural zeolite rocks are polymineral material. The mineralogical composition of samples of zeolite rocks of the Egyptian and Yemen fields was studied by X-ray phase analysis to reveal the dependence of their re-technological properties and the effect of zeolite phase and mineral structure on cement systems. The data were obtained on a Bruker D8 ADVANCE brand diffractometer using monochromatic CuKα-radiation in the mode of step scanning in geometry «on reflection».

Results. In the course of the experiment, diffraction patterns of the studied materials were obtained, representing diffraction patterns in the coordinates of the intensity of the scattered beam from the scattering angle. The results of the relationship between the phase composition of zeolitic rocks and their water requirements and pozzolanic activity in the composition of hydraulic binders are compared.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is that knowing the material composition of zeolite rocks can be adjusted technological and technical indicators of concrete with their use. This fact is confirmed by the experiments. Thus, an equal amount of zeolite in the studied rocks (64 %) changes their re-technological properties, which, as we

believe, depend on the type and amount of accompanying minerals. The presence of cristobalite in the Yemeni rock leads to an increase in its water demand (up to 53 %) compared to the zeolite rock from Egypt, as well as to an increase in its pozzolan activity (up to 41 %). The presence of silicate impurities (Muscovite and quartz) in the Deposit of zeolite rock from Egypt leads to a decrease in its water requirement.

Keywords: X-ray phase analysis, mineral, zeolite, cristobalite, water requirement, pozzolanic activity.

References

1. Morozova N. N., Qais H. A. Rheological characteristics of modified mineral additives for high-strength concrete // Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. 2015. № 10 (54). P. 33–40.
2. Kais H. A., Morozova N. N. Efficiency of zeolite from Egypt in Portland cement // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. № 24 (18). P. 62–65.
3. Morozova N. N., Hamzah Abdulmalek Qais. The Flow Properties of Some Chemical Additives Used in Modification of natural Zeolite for Cement Concrete // Journal of Scientific Research & Reports. 2016. № 10 (4). P. 1–9.
4. Qais H. A., Gulyakov E. G. Properties of natural zeolite rocks of different countries as active mineral additives for cement concretes : proceedings The problem of interaction between science and society. 2019. № 10. P. 23–26.
5. Mikulski V. G., Gorchakov G. I., Kozlov V. V., Kupriyanov, V. M., Orentlicher L. M., Rakhimov R. Z., Sakharov G. P., Khrulev V. M. Building materials. M. : DIA, 2004. 536 p.
6. Ananiev V .P., Potapov A. D. Engineering Geology. M. : Vysshaya shkola, 2007. 575 p.
7. Bakai A. S. Polycluster amorphous structures and their properties. M. : TsNIIATOMINFORM, 1985. 58 p.
8. Ovcharenko G. I., Sviridov V. L. Zeolites in building materials. Barnaul, 2006. 320 p.
9. Belitsky I. A. Rehydration of natural zeolites // Geologiya i geofizika. 1971. № 11. P. 12–21.
10. Fenelonov B. V. Introduction in physical chemistry of formation of supramolecular structure of adsorbents and catalysts. M. : RAN, 2004. 442 p.
11. Graham I. T., Pogson R. E., Colchester D. M., Baines A. Zeolite crystal habits, composition, and paragenesis // Mineralogical Magazine. 2004. V. 44. P. 625–655.
12. Dutta K. P., White C. J. Assembly of nanoparticles in zeolite Y for the photocatalytic generation of hydrogen from water // Journal of Physical Chemistry. 2011. V. 115. P. 2938–2947.
13. Tsitsishvili G. V. Natural zeolites. M. :Khimiya, 1985. 224 p.
14. Deem M. W., Pophale R., Cheeseman P. A., Earl D. J. Computational Discovery of New Zeolite-Like Materials // J. Phys. Chem. 2009. V. 113. P. 21353–21360.
15. Baerlocher C., McCusker L. B., Olson D. H. Atlas of zeolite framework types. New York, 2007. 212 p.
16. Chaikina M. V. Mechanochemistry of interaction of natural zeolites with calcium phosphates. Novosibirsk, 2002. 120 p.
17. Pylev L. N., Valamina I. E. carcinogenic activity of zeolite-containing tuffs Chivyrkuyskogo Chuguev fields // Mediko-biol. issled. i primen. v sel'sk. khoz-ve. 1992. № 64. P. 47–49.
18. Morozova N. N., Qais H. A. Increasing the reactivity of zeolite-containing cements by mechanical activation // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. V. 18. P. 62–65.
19. Anschrif A. Saving potential and product improvement innovative technology for the manufacturing of concrete // Betonwerk FertigteilTechn. 2008. V. 74. P. 52–55.
20. Armaroli T., Simon L. J., Digne M., Montanari T., Bevilacqua M., Valtchev V., Patarin J., Busca G. Effects of crystal size and Si/Al ratio on the surface properties of H-ZSM-5 zeolites // Applied Catalysis A:General. 2006. V 306. P. 78–84.

21. Akimkhan M. A. Structural and Ion-Exchange Properties of Natural Zeolite // In: Ayben K, editor. Ion Exchange Technologies. In Tech press. 2012. V. 34. P. 261–282.
22. Davis T. M., Drews T. O., Ramanan H. C., Dong J., Schnablegger H., Katsoulakis M. A., Kokkoli E., McCormick A. V., Penn R. L., Tsapatsis M. Mechanistic principles of nanoparticle evolution to zeolite crystals // Nature Materials. 2006. V. 5. P. 400–408.
23. Schoeman B. J. Analysis of the nucleation and growth of TPA-silicalite-1 at elevated temperatures with the emphasis on colloidal stability // Microporous and Mesoporous Materials. 1998. V. 22. P. 9–22.
24. Kirschhock C. E. A., Buschmann V., Kremer S., Ravishankar R., Houssin C. J. Y., Mojet B. L., Santen R. A., Grobet P. J., Jacobs P. A., Martens J. A. Zeosil nanoslabs: building blocks in nPr4N+ – mediated synthesis of MFI zeolite // Angew. Chem. Int. Ed. 2001. V. 40. P. 2637–2640.
25. Treacy M. M. J., Higgins J. B. Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites // Tokyo Elsevier. 2001. V. 23. P. 586–588.
26. Kuznetsova G. A. Qualitative x-ray phase analysis: method. directions. M. : ISU, 2005. 28 p.
27. Makarova I. A., Lokhova N. A. Physico-chemical methods of research of building materials. Bratsk, 2011. 139 p.
28. Pustovalova L. M. Physical and chemical methods of research and laboratory techniques. M., 2014. 300 p.
29. Caputo D., Liguori B., Colella C. Some Advances in Understanding the Pozzolanic Activity of Zeolites: The Effect of Zeolite Structure // Cement and Concrete Composites. 2008. № 30 (5). P. 455–462.

УДК 678.643.425.033:620.193.8
Строганов Виктор Федорович
доктор химических наук, профессор
E-mail: svf08@mail.ru
Сагадеев Евгений Владимирович
доктор химических наук, профессор
E-mail: sagadeev@list.ru
Ибрагимов Руслан Абдирашитович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: rusmag007@yandex.ru
Пименов Сергей Иванович
кандидат технических наук, ассистент
E-mail: 3.14manon@mail.ru
Потапова Людмила Ильинична
кандидат химических наук, доцент
E-mail: ludmilapo@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Стоянов Олег Владиславович
доктор технических наук, профессор
E-mail: ov_stoyanov@mail.ru
Казанский национальный исследовательский технологический университет
Адрес организации: 420015, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

Исследование влияния механоактивации на биостойкость цементно-песчаных растворов

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования - изучение влияния на биостойкость цементно-песчаных растворов механической активации минерального вяжущего и введения суперпластификатора.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в проведении кинетических исследований по определению биостойкости модифицированных цементно-песчаных растворов, полученных с механической активацией портландцемента.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что в итоге проведенных совместных кинетических и ИК-спектральных исследований можно сделать вывод, что введение суперпластификатора и проведение механической активации минерального вяжущего повышают биостойкость цементно-песчаных растворов.

Ключевые слова: механоактивация, цементно-песчаный раствор, лимонная кислота.

Введение

Как известно, одним из путей увеличения технологических и эксплуатационных характеристик минеральных строительных материалов является механическая активация цемента (различными методами), позволяющая наиболее полно использовать минеральное вяжущее [1-4]. Так, за счет более тонкого измельчения механическими способами, порошка цемента можно ускорить процесс гидратации кремнезема, повысить активность вяжущего и, таким образом, увеличить прочностные свойства строительных материалов [5-9]. Другим способом увеличения технологических характеристик минеральных строительных материалов является применение суперпластификаторов - органических модифицирующих добавок, которые позволяют снизить водоцементное отношение, повысить подвижность раствора, увеличить физико-химические свойства цементно-песчаных растворов (ЦПР) и др. [10-12]. Известно, что ЦПР, полученные с механической активацией минерального вяжущего и модифицированные введением

суперпластификатора обладают повышенными технологическими характеристиками [13]. Однако, как следует из литературы, изучение влияния механической активации и введения суперпластификаторов в ЦПР на их биоповреждение до настоящего времени не проводилось. В этой связи, целью настоящего исследования является изучение влияния на биостойкость модифицированных ЦПР активации минерального вяжущего.

Объекты и методы исследований

Для исследований применяли портландцемент ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н/ПЦ 400-Д20 Новотроицкого цементного завода, соответствующего требованиям ГОСТ 31108-2016.

Механическую активацию портландцемента проводили в аппарате с вихревым слоем (АВС) (модель 297, производитель ООО «Регионметтранс»). Типовая конструкция АВС подробно представлена в работе [14].

В качестве суперпластификатора применяли нафталинформальдегидную добавку Реламикс Т-2 (аналог добавки С-3). Дозировка суперпластификатора составила 1 % от массы портландцемента.

В качестве мелкого заполнителя использовался кварцевый песок Камско-Устьинского месторождения с модулем крупности 2,7, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8736-2014.

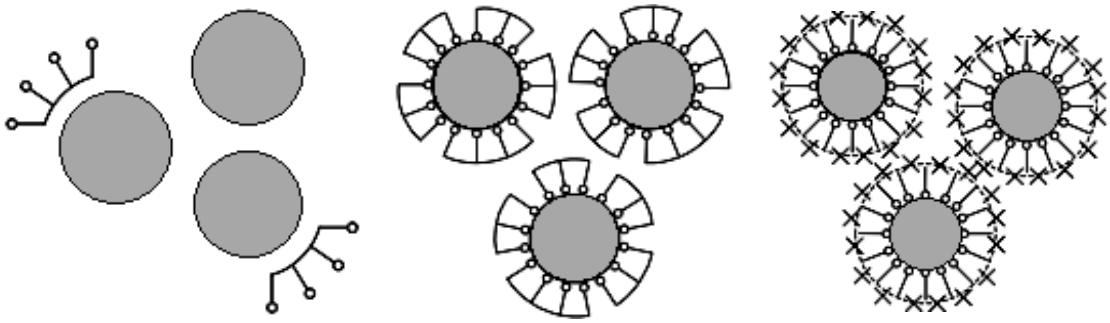
Для проведения испытаний в соответствии с ГОСТ 310.4-81 образцы ЦПР изготовляли в виде балочек размером 160×40×40 мм тремя сериями:

1. контрольный состав ЦПР;
2. состав ЦПР, модифицированный добавкой суперпластификатора Реламикс Т-2;
3. состав ЦПР, модифицированный добавкой суперпластификатора Реламикс Т-2 с механической активацией портландцемента в АВС в течение 5 мин.

ИК-спектральное исследование проводилось при стандартных условиях регистрации на спектрофотометре Perkin Elmer FT-IR Spectrometer model Spectrum 65 в области 4000-650 $см^{-1}$ с помощью приставки неполного внутреннего отражения (ПНВО) Miracle ATR (кристалл ZnSe). Спектры сухих УНТ получали плотно прижимая порошок к поверхности элемента нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) с кристаллом ZnSe.

Обсуждение результатов

В работе в качестве пластифицирующего компонента использовали нафталинформальдегидную добавку Реламикс Т-2, являющуюся поверхностно-активным веществом [15]. Схематичное изображение в виде трех стадий процесса диспергирования зерен портландцемента суперпластификатором Реламикс Т-2 и их последующего гидратирования представлено на рис. 1.



а) б) в)

Рис. 1. Схематичное изображение предполагаемого процесса диспергирования цементных зерен в присутствии суперпластификатора Реламикс Т-2 [10]:
а) начальный этап адсорбции суперпластификатора Реламикс Т-2 на поверхности зерен цемента;
б) процесс хемосорбции суперпластификатора Реламикс Т-2 на поверхности зерен цемента;
в) диспергированные суперпластификатором гидратированные зерна цемента

Как известно, фирмы производители суперпластификаторов из коммерческих соображений практически никогда не приводят в литературе их химическую структуру. В этой связи для идентификации химической структуры суперпластификатора Реламикс Т-2 нами было проведено ИК-спектральное исследование. Полученный ИК-спектр Реламикс Т-2 приведен на рис. 2.

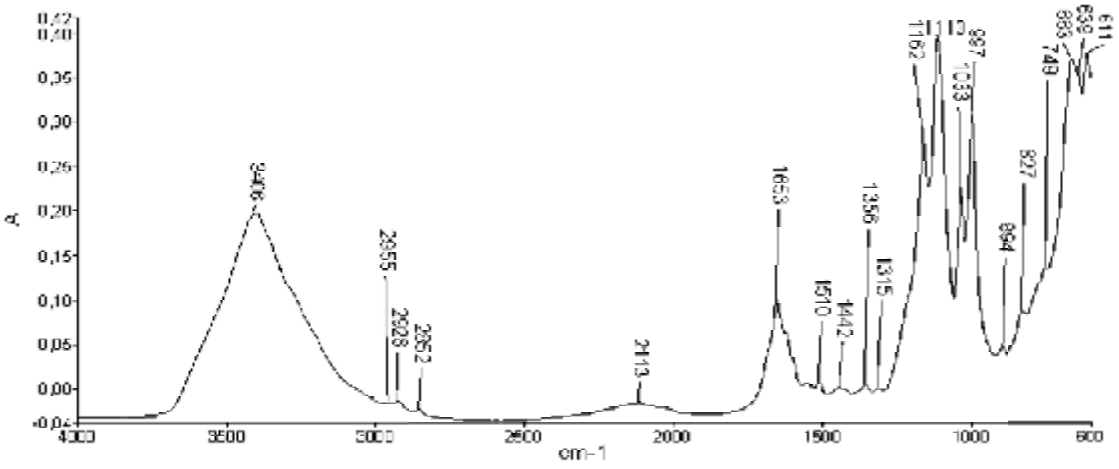


Рис. 2. ИК-спектр суперпластификатора Реламикс Т-2 (иллюстрация авторов)

На основе анализа ИК-спектра на рис. 3. можно видеть, что спектр Реламикс Т-2 характеризуется наличием широкой полосы поглощения с пиком 3406 $см^{-1}$, обусловленной валентными колебаниями гидроксильной ОН-группы, участвующей в водородном связывании. Относительно широкая полоса поглощения с пиком 1653 $см^{-1}$ характерна для валентных колебаний карбонильной группы С=О.

Мелкие пики с частотами поглощения 3054 $см^{-1}$ (скрыта широкой полосой в области 3000-3600 $см^{-1}$), 1595 $см^{-1}$ (не отмечена на спектре), 1510 $см^{-1}$, 1443 $см^{-1}$ обусловлены валентными колебаниями углеродных ароматических связей С-С в нафталиновом фрагменте. Как следует из литературы [16, 17], сульфокислоты, как и сульфоны, имеют полосы поглощения в областях 1210-1150 и 1060-1030 $см^{-1}$. На ИК-спектре на рис 2. характеристические полосы поглощения при 1356, 1442 и 1180 $см^{-1}$ (скрыта широкой полосой в области 1100-1300 $см^{-1}$) характерны для сульфонатов, 663 и 1033 $см^{-1}$ – для сульфоокислов.

Таким образом, на основании полученных ИК-спектральных данных можно с большой долей вероятности предположить, что суперпластификатор Реламикс Т-2 имеет следующую химическую структуру (рис. 3).

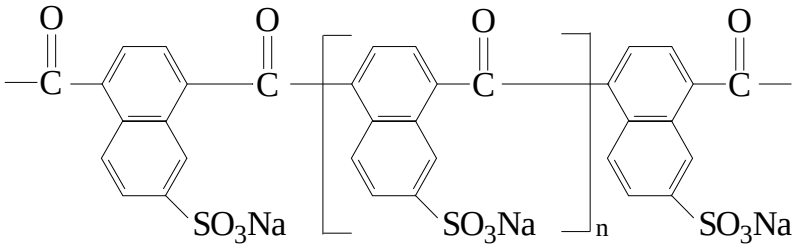


Рис. 3. Структурная формула суперпластификатора Реламикс Т-2 (иллюстрация авторов)

Как следует из рис. 3, установленная в работе химическая структура суперпластификатора Реламикс Т-2 позволяет отнести его к классу натриевых солей поликарбонилнафталинсульфоновых кислот [16], проявляющих свое пластифицирующее действие за счет снижения поверхностной энергии зерен портландцемента как поверхностно-активные вещества.

Далее в работе в продолжение ранее начатых исследований [18] моделировался процесс биоповреждения ЦПР в слабоагрессивной среде лимонной кислоты с pH = 3 (рекомендуемое в литературе значение для карбоновых кислот [19]) в течение восьми суток при температуре 40 °С. Изучение биостойкости образцов ЦПР проводилось в лабораторной кинетической установке [20].

Полученные результаты кинетических исследований представлены на рис. 4-5.

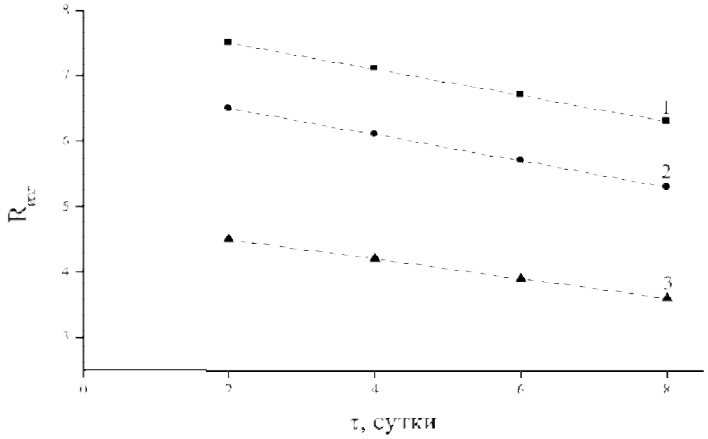


Рис. 4. Зависимость прочностных характеристик на изгиб образцов ЦПР
от времени экспозиции в модельной среде:
1 – ЦПР на основе портландцемента ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н/ПЦ 400-Д20
с добавлением Реламикс Т-2 и механоактивацией;
2 – ЦПР на основе портландцемента ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н/ПЦ 400-Д20 с добавлением Реламикс Т-2;
3 – ЦПР на основе портландцемента ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н/ПЦ 400-Д20 (контроль)
(иллюстрация авторов)

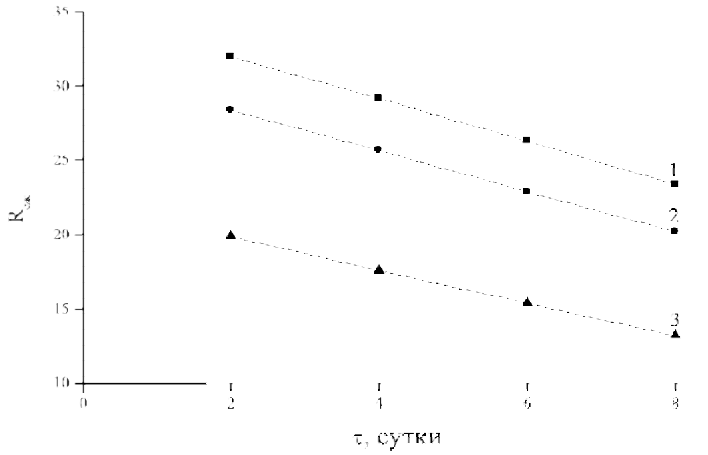


Рис. 5. Зависимость прочностных характеристик на сжатие образцов ЦПР
от времени экспозиции в модельной среде:
1 – ЦПР на основе портландцемента ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н/ПЦ 400-Д20
с добавлением Реламикс Т-2 и механоактивацией;
2 – ЦПР на основе портландцемента ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н/ПЦ 400-Д20 с добавлением Реламикс Т-2;
3 – ЦПР на основе портландцемента ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н/ПЦ 400-Д20 (контроль)
(иллюстрация авторов)

На основе анализа полученных кинетических результатов можно сделать вывод, что в процессе экспозиции образцов ЦПР в модельной среде наблюдается падение их прочностных характеристик на изгиб и сжатие. Все зависимости $R_{изг} = f(t)$ и $R_{сж} = f(t)$ имеют линейный характер. Коэффициент корреляции r кинетических зависимостей имеет значение не менее 0,999, а стандартное отклонение S_d равно 0,01 и менее.

Процесс взаимодействия ЦПР со средой лимонной кислоты количественно представлен в табл. в виде результатов потери прочности образцов ЦПР после экспозиции в среде.

Таблица

Результаты потери прочности ЦПР после экспозиции в модельной среде при температуре 40 °С в течение 8 суток

Марка портландцемента для изготовления ЦПР	Потеря прочности, %	
	$DR_{изг}$	$DR_{сж}$
ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н/ПЦ 400-Д20 (контроль)	28,0	54,5
ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н/ПЦ 400-Д20 с Реламикс Т-2	26,4	51,9
ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н/ПЦ 400-Д20 с Реламикс Т-2 и механоактивацией	19,2	48,0

Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что образцы ЦПР (контроль) полученные без использования суперпластификатора и проведения механоактивации характеризуются наибольшей способностью к биоповреждению. Введение суперпластификатора повышает биостойкость ЦПР. Образцы ЦПР, модифицированные добавкой Реламикс Т-2 с механической активацией минерального вяжущего, проявляют наиболее высокую степень биостойкости в изучаемом ряду ЦПР. Косвенно это можно объяснить тем, что образцы ЦПР (контроль) имеют водоцементное отношение (В/Ц) равное 0,47, а у образцов ЦПР с добавлением Реламикс Т-2 и механоактивацией В/Ц = 0,35. Известно [19], что уменьшение В/Ц приводит к снижению пористости образцов ЦПР и, соответственно, к увеличению их биостойкости.

Таким образом, изменение прочностных характеристик в ряду ЦПР в процессе экспозиции их в среде лимонной кислоты определяется не только маркой портландцемента, но и дополнительным введением суперпластификатора и проведением механической активации вяжущего.

В процессе экспозиции образцов ЦПР в лимонной кислоте первоначально бесцветный раствор модельной среды медленно окрашивался в желтовато-зеленый цвет. В процессе проведения эксперимента на дне испытательной емкости образовался осадок (предположительно малорастворимого цитрата кальция и др. солей). Следует отметить, что визуально максимальное количество осадка на дне испытательной емкости наблюдалось при экспозиции образцов ЦПР (контроль). Минимальное количество осадка в испытательной емкости наблюдалось при экспозиции образцов ЦПР с добавлением Реламикс Т-2 и механоактивацией, показавших наиболее высокую степень биостойкости в изучаемом ряду ЦПР (табл.). Далее с целью идентификации химической структуры осадка на дне испытательной емкости, было проведено его ИК-спектральное исследование. Полученный ИК-спектр осадка представлен на рис. 6.

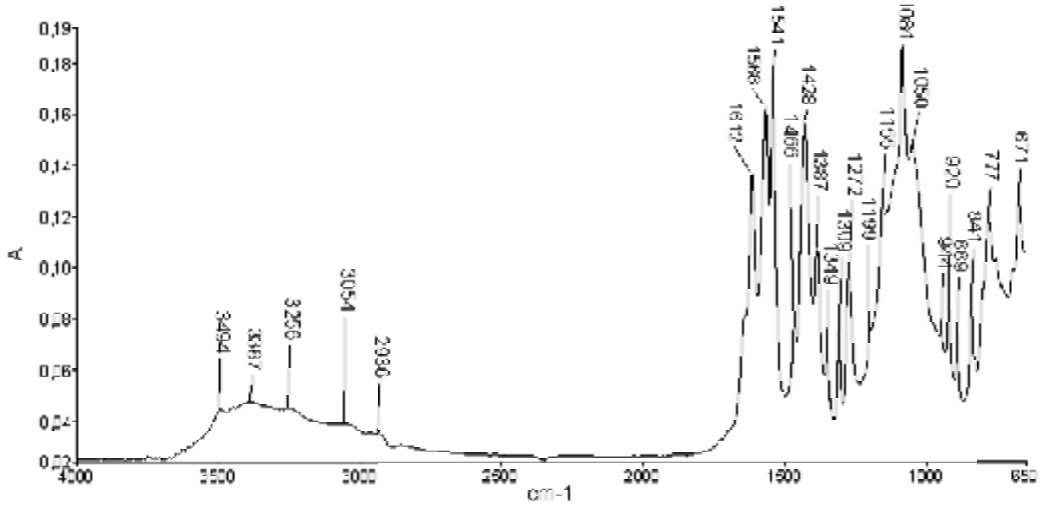


Рис. 6. ИК-спектр осадка на дне испытательной емкости (иллюстрация авторов)

При анализе в ИК-спектре осадка идентифицированы полосы поглощения в области 3500-3000 $см^{-1}$, соответствующие валентным колебаниям гидроксильных групп [21]. Валентным колебаниям связанной спиртовой гидроксильной ОН-группы соответствует узкий пик при 3494 $см^{-1}$. Уширенный триплет валентных колебаний с максимумами при 3451 $см^{-1}$ (не обозначен на ИК-спектре), 3387 и 3256 $см^{-1}$, принадлежит валентным колебаниям связанных гидроксильных групп (входящих в состав карбоксильных фрагментов молекулы), участвующих в образовании ассоциатов с ионами кальция. ИК-спектр осадка также характеризуется наличием, при 3054 $см^{-1}$, уширенной полосы средней интенсивности, соответствующей полосе поглощения связанной спиртовой гидроксильной группы, участвующей в образовании хелатных комплексов с Ca^{2+} [21].

В «карбонильной области» ИК-спектра обнаруживаются полосы валентных асимметричных (ν_{as}) и симметричных колебаний (ν_s), принадлежащие однотипным карбоксилат-анионам COO^-: при 1566 $см^{-1}$ (ν_{as}) и при 1466 $см^{-1}$ (ν_s). Более узкие полосы валентных колебаний при 1541 $см^{-1}$ (ν_{as}) и 1428 $см^{-1}$ (ν_s) соответствует аниону центральной карбоксильной группы. Их, по-видимому, можно отнести ко всей системе хелатного комплекса с ионами кальция [21].

В ИК-спектре в области колебаний карбонильных групп имеется слегка смещенная полоса валентных колебаний С=О группы при 1612 $см^{-1}$ (в лимонной кислоте полоса колебаний этой группы характерна при 1654 $см^{-1}$). Возможно, этот сдвиг происходит за счет ослабления двойной связи карбонильной группы при её поляризации.

Полосы поглощения в области 1217-1431 $см^{-1}$ соответствуют деформационным (скелетным) колебаниям гидроксильных ОН-групп. Интенсивные полосы поглощения в области 1130-1180 $см^{-1}$ соответствуют валентным колебаниям С-О связей. Полосу поглощения при 670 $см^{-1}$ можно отнести к деформационным колебаниям карбоксилат-иона COO^- [21].

На основании анализа ИК-спектра осадка можно сделать вывод, что, изученный спектр практически не содержит свободных карбоксильных групп COOH, так как все они участвуют в образовании хелатных комплексов, по-видимому, с ионами Ca^{2+} (Mg^{2+}). Карбонильные группы С=О и спиртовые гидроксильные ОН-группы также различным образом ассоциированы. Для установления наиболее вероятной структуры карбоксильного катионообменника проанализированы частоты колебаний карбоксилатной группы и частоты колебаний функциональных групп.

Таким образом, с большой долей вероятности можно предположить, что идентифицированная структура осадка в виде дицитрата трикальция тетрагидрата имеет конформацию, представленную на рис. 7.

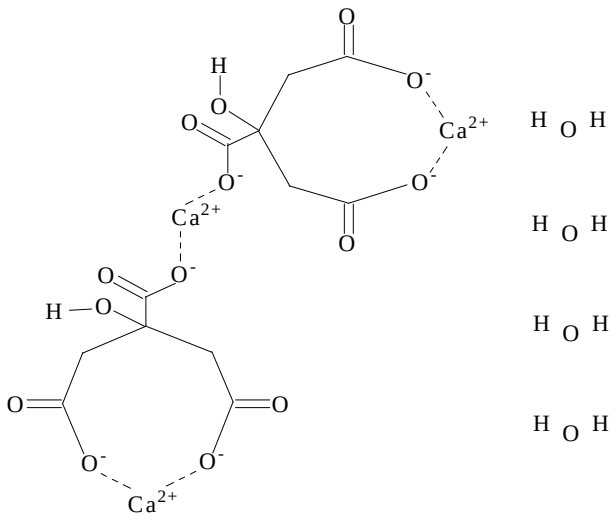


Рис. 7. Дицитрат трикальция тетрагидрат (иллюстрация авторов)

Заключение

На основании анализа полученных результатов можно сделать вывод, что введение суперпластификатора и проведение механической активации минерального вяжущего повышают биостойкость образцов ЦПР.

Список библиографических ссылок

1. Qian J., Shi C., Wang Z. Activation of blended cements containing fly ash // Cement and Concrete Research. 2001. V. 31. № 8. P. 1121- 1127.
2. Poole J. L., Riding K. A., Juenger M. C. G., Folliard K. J., Schindler A. K. Effects of supplementary cementitious materials on apparent activation energy // Journal of ASTM International. 2010. V. 7. № 9. P. 1- 16.
3. Sajedi F., Abdul Razak H. Thermal activation of ordinary portland cement-slag mortars // Materials and Design. 2010. V. 31. № 9. P. 4522- 4527.
4. Bezzubtseva M. M., Ruzhev V. A., Yuldashev R. Z. Electromagnetik mechanoactivation of dry construction mixes // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2013. № 2. P. 241- 245.
5. Kumar S., Kumar R., Bandopadhyay A., Alex T. C., Ravi Kumar B., Das S. K., Mehrotra S. P. Mechanical activation of granulated blast furnace slag and its effect on the properties and structure of Portland slag cement // Cement and Concrete Composites. 2008. V. 30. № 8. P. 679- 685.
6. Лотов В. А., Сударев Е. А., Кутугин В. А. Физико-химические процессы при активации цементно-песчаной смеси в центробежном смесителе // Известия вузов. Физика. 2011. Т. 54. № 11-3. С. 346- 349.
7. Машкин Н. А., Гутарева Н. А., Зибницкая Н. Е., Урусова Т. А., Шарыпов П. Ю. Влияние активирования цементно-песчаных суспензий на физико-механические свойства мелкозернистых бетонов // Известия вузов. Строительство. 2012. № 11-12. С. 26- 33.
8. Ибрагимов Р. А., Пименов С. И., Изотов В. С. Влияние механохимической активации вяжущего на свойства мелкозернистого бетона // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 2. С. 63- 69.
9. Ibragimov R. A., Pimenov S. I. Features of the microstructure and phase composition of cement stone, obtained by mechanochemical activation of the binder // ZKG International Russian Edition. 2016. № 1. P. 34- 41.
10. Ружицкая А. В. О воздействии различных типов добавок – пластификаторов на свойства белого портландцемента // Успехи в химии и химической технологии. 2008. Т. XXII. № 7 (87). С. 49- 53.
11. Ибрагимов Р. А., Королев Е. В., Дебердеев Т. Р., Лексин В. В. Прочность тяжелого бетона на портландцементе, обработанном в аппарате вихревого слоя // Строительные материалы. 2017. № 10. С. 28- 31.
12. Хохряков О. В., Хозин В. Г., Харченко И. Я., Газданов Д. В. Цементы низкой водопотребности - путь эффективного использования клинкера и минеральных наполнителей в бетонах // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 10 (109). С. 1145- 1152.
13. Ibragimov R. The influence of binder modification by means of the superplasticizer and mechanical activation on the mechanical properties of the high-density concrete // ZKG International Drymix Special. 2016. V. 69. P. 41- 45.
14. Mischenko M. V., Bokov M. M., Grishaev M. E. Activation of technological processes of materials in the device rotary electromagnetic field // Technical Sciences. 2015. № 2. P. 3508- 3512.
15. Шахова Л. Д., Черкасов Р. А., Березина Н. М., Манелюк Д. Б. Классификации технологических добавок при помоле цемента // Фундаментальные исследования. 2014. № 12 (часть 2). С. 295- 299.

16. Юхневский П. И., Широкий Г. Т. Об идентификации пластифицирующих добавок для бетонов // Science &Technique (Наука и техника, Беларусь). 2015. № 6. С. 19- 23.
17. Нечаева Л. С., Бутырская Е. В., Шапошник В. А., Селеменев В. Ф. Безэталонный молекулярный спектральный анализ катионообменников // Краткие сообщения. Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10. № 5. С. 774- 783.
18. Строганов В. Ф., Сагадеев Е. В. Биоповреждение строительных материалов // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 5–9.
19. Строганов В. Ф., Сагадеев Е. В. Введение в биоповреждение строительных материалов: монография. Казань : КГАСУ, 2014. 200 с.
20. Лабораторная установка для испытания образцов строительных материалов на биостойкость в модельных средах : пат. № 170410 Рос. Федерация. № 2016123279 ; заявл. 10.06.2016 ; опубл. 24.04.2017. Бюл. № 12. 1 с.
21. Кочеткова Н. А., Шапошников А. А., Хмыров А. В., Шенцева Е. А., Закирова Л. Р. Исследование структуры цитратов цинка, кобальта, марганца, закисного железа методом инфракрасной спектроскопии // Научные ведомости Белгородского государственного университета. 2009. № 3 (58). С. 133–136.

Stroganov Viktor Fedorovich
doctor of chemical sciences, professor
E-mail: svf08@mail.ru
Sagadeev Evgeniy Vladimirovich
doctor of chemical sciences, professor
E-mail: sagadeev@list.ru
Ibragimov Ruslan Abdirashitovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: rusmag007@yandex.ru
Pimenov Sergey Ivanovich
candidate of technical sciences, assistant
E-mail: 3.14manon@mail.ru
Potapova Ludmila Ilinichna
candidate of chemical science, associate professor
E-mail: ludmilapo@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Stoyanov Oleg Vladislavovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: ov_stoyanov@mail.ru
Kazan National Research Technological University
The organization address: 420015, Russia, Kazan, Karl Marx st., 68

Investigation of the effect of mechanical activation on the biostability of cement-sand mortars

Abstract

Problem statement. The purpose of the investigation is to study the effect on the biostability of cement-sand solutions for the mechanical activation of mineral binder and the introduction of a superplasticizer.

Results. The main results of the study consist in conducting kinetic studies to determine the biostability of modified cement-sand mortars obtained with mechanical activation of portland cement.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is that, as a result of joint kinetic and IR-spectral studies, we can conclude that the introduction of a superplasticizer and the mechanical activation of the mineral binder increase the biological stability of cement-sand mortars.

Keywords: mechanical activation, cement-sand mortar, citric acid.

References

1. Qian J., Shi C., Wang Z. Activation of blended cements containing fly ash // Cement and Concrete Research. 2001. V. 31. № 8. P. 1121- 1127.
2. Poole J. L., Riding K. A., Juenger M. C. G., Folliard K. J., Schindler A. K. Effects of supplementary cementitious materials on apparent activation energy // Journal of ASTM International. 2010. V. 7. № 9. P. 1- 16.
3. Sajedi F., Abdul Razak H. Thermal activation of ordinary portland cement-slag mortars // Materials and Design. 2010. V. 31. № 9. P. 4522- 4527.
4. Bezzubtseva M. M., Ruzhev V. A., Yuldashev R. Z. Electromagnetik mechanoactivation of dry construction mixes // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2013. № 2. P. 241- 245.
5. Kumar S., Kumar R., Bandopadhyay A., Alex T. C., Ravi Kumar B., Das S.K., Mehrotra S. P. Mechanical activation of granulated blast furnace slag and its effect on the properties and structure of Portland slag cement // Cement and Concrete Composites. 2008. V. 30. № 8. P. 679- 685.
6. Lotov V. A., Sudarev E. A., Kutugin V. A. Physico-chemical processes during activation of the cement-sand mixture in a centrifugal mixer // Izvestiya vuzov. Fizika. 2011. V. 54. № 11/3. P. 346- 349.
7. Mashkin N. A., Gutareva N. A., Zibnitskya N. Ye., Urusova T. A., Sharypov P. Yu. The effect of activated cement-sand slurry on physical and mechanical properties of fine-grained concrete // Izvestiya vuzov. Stroitel’stvo. 2012. № 11- 12. P. 26- 33.
8. Ibragimov R. A., Pimenov S. I., Izotov V. S. Effect of mechanochemical activation of binder on properties of fine-grained concrete // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2015. № 2. P. 63- 69.
9. Ibragimov R. A., Pimenov S. I. Features of the microstructure and phase composition of cement stone, obtained by mechanochemical activation of the binder // ZKG International Russian Edition. 2016. № 1. P. 34- 41.
10. Ruzhitskaya A. V. On the effects of different types of additives – plasticizers on the properties of white portland cement // Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii. 2008. V. XXII. № 7 (87). P. 49- 53.
11. Ibragimov R. A., Korolev E. V., Deberdeev T. R., Leksin V. V. Durability of heavy-weight concrete with portland cement treated in apparatus of vortex layer // Stroitel'nyye materialy. 2017. № 10. P. 28- 31.
12. Khokhryakov O. V., Khozin V. G., Kharchenko I. Ya., Gazdanov D. V. Low water demand cements - way of efficient use of clinker and mineral fillers in concretes // Vestnik MGSU. 2017. V. 12. № 10 (109). P. 1145- 1152.
13. Ibragimov R. The influence of binder modification by means of the superplasticizer and mechanical activation on the mechanical properties of the high-density concrete // ZKG International Drymix Special. 2016. V. 69. P. 41- 45.
14. Mischenko M. V., Bokov M. M., Grishaev M. E. Activation of technological processes of materials in the device rotary electromagnetic field // Technical Sciences. 2015. № 2. P. 3508- 3512.
15. Shakhova, L. D., Cherkasov R. A., Berezina N. M., Maneluk D. B. Classifications of technological additives in cement milling // Fundamental Research. 2014. № 12 (part 2). P. 295- 299.
16. Yukhnevskiy P. I., Shirokiy G. T. The identification of plasticizers for concrete // Science &Technique (Belarus). 2015. № 6. P. 19- 23.
17. Nechaeva L. S., Butyrskaya E. V., Shaposhnik V. A., Selemenev V. F. Baseless molecular spectral analysis of cation exchangers // Kratkiye soobshcheniya. Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy. 2010. T. 10. № 5. C. 774- 783.

18. Stroganov V. F., Sagadeev E. V. Biodeterioration of construction materials // Stroitel'nye Materialy. 2015. № 5. P. 5–9.
19. Stroganov V. F., Sagadeev E. V. Introduction to the biodeterioration of construction materials: monograph. Kazan : KGASU, 2014. 200 p.
20. The laboratory setup for testing samples of construction materials on the biostability in modeling mediums : patent № 170410 of the Rus. Federation. № 2016123279 ; decl. 10.06.2016 ; publ : 24.04.2017. Bull. in № 12. 1 p.
21. Kochetcova N. A., Shaposhnikov A. A., Hmyrov A. V., Shentseva E. A., Zakirova L. R. Investigation of structure of zinc, cobalt, manganese, iron (II) citrates by IR-spectroscopy // Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. № 3 (58). P. 133–136.

УДК 691.175
Сулейманов Альфред Мидхатович
доктор технических наук, профессор
E-mail: sulejmanov@kgasu.ru
Туйсина Екатерина Булатовна
аспирант
E-mail: katerina.tuysina@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Бикмухаметов Рушан Рузалевич
мастер цеха
E-mail: rbiktov@mail.ru
ООО Казанский ДСК
Адрес организации: 420087, Россия, г. Казань, ул. Аделя Кутуя, д. 118

Моделирование работы полимерных композиционных материалов в напряженно-деформированном состоянии под воздействием агрессивных сред. Часть 1. Разработка методики и испытательного стенда

Аннотация

Постановка задачи. Совместное воздействие на полимерные композиционные материалы эксплуатационных факторов в напряженно-деформированном состоянии значительно ускоряет их скорость старения и разрушения.

Целью исследования является разработка метода моделирования работы полимерных композиционных материалов в напряженно-деформированном состоянии под воздействием агрессивных сред.

Результаты. Разработана методика и модернизирована установка для моделирования старения и разрушения полимерной композитной арматуры для армирования цементных бетонов.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в развитии методологии прогнозирования долговечности полимерных композиционных материалов в заданных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: полимерная композитная арматура, моделирование старения и разрушения, методика и установка.

Введение

При проектировании новых полимерных композиционных материалов (ПКМ) и разработке технологии производства важнейшим этапом является их паспортизация по техническим характеристикам и проверка на работоспособность в назначенных условиях эксплуатации. Первичная проверка работоспособности материалов изделий проводится, как правило, в лабораторных условиях по специально разработанным режимам испытания, это так называемые ускоренные методы испытания (УКИ), моделирующие условия эксплуатации.

Для обеспечения эффективности УКИ ключевым условием является подобие процессов: изменение состава, структуры, свойств испытываемого материала, – в натурных и лабораторных условиях при максимальном сокращении времени испытания. Как было показано в работе [1], ошибки в прогнозах долговечности материалов и изделий по методам УКМ могут происходить из-за отличия механизмов старения и разрушения материалов в результате завышенного коэффициента ускорения – $\kappa_у$, который определяется как отношение времени испытания в натурных условиях – $\tau_н$, к времени лабораторных испытаний – $\tau_{уск}$.

Значительные ошибки в прогнозах долговечности материалов и изделий по результатам УКИ происходят также из-за некорректного моделирования условий эксплуатации: отсутствие учета синергетического эффекта воздействующих факторов, ответственных за старение и, как следствие, разрушение материала.

Существенным недостатком современных стандартов по УКИ является раздельное циклическое воздействие искусственных факторов. Это вынужденная мера при моделировании эксплуатационных факторов, поскольку на рынке отсутствуют такие климатические камеры, в которых можно воспроизводить несколько факторов одновременно и моделировать их синергетическое воздействие аналогично натурным условиям. Известно, что напряженно-деформированное состояние (НДС) на порядок увеличивает скорость климатического старения ПКМ [2-6]. Не смотря на это в серийно выпускаемых климатических камерах различных производителей: ATLAS, Q-Lab, WEISS Umwelttechnik GmbH и др., – отсутствуют модули силонагружения образцов. Для адекватного моделирования условий эксплуатации различных материалов, как правило, приходится модернизировать и доукомплектовывать стандартные климатические камеры различными механизмами силонагружения образцов [7].

В данной работе описывается возможность усовершенствования современных методов УКИ для ПКМ. На примере полимерной композитной арматуры (ПКА) разработана методика и модернизированы испытательные стенды для моделирования старения ПКА в цементных бетонах.

Разработка методов УКИ, как было показано в работе [1], состоит из нескольких этапов:

- выявление энергетических значений факторов ответственных за старение и разрушение материала и разработка карты эксплуатации;
- трансформация энергетических значений эксплуатационных факторов в усиленные, но адекватные по механизмам воздействия, лабораторные режимы испытания;
- разработка требований к аппаратурному обеспечению для моделирования лабораторных режимов УКИ.

Условия работы ПКА в цементных бетонах

При совместной работе с цементным бетоном основными факторами, ответственными за старение и разрушения ПКА, являются:

- щелочная среда поровой жидкости цементного бетона с показателем pH ~13;
- температура;
- механические напряжения.

При разработке методов УКИ необходимо изучать как раздельное, так и совместное воздействие вышеперечисленных факторов при их различных интенсивностях. Причем увеличивая, до определенного уровня, интенсивность температуры и механических напряжений, при постоянной концентрации щелочной среды, можно ускорять процессы старения и разрушения и, таким образом, существенно сокращать время лабораторных испытаний ПКА. Это хорошо зарекомендовавшие себя методы температурно-временной (ТВА) и напряженно-временной аналогий (НВА) [8, 9], которые также успешно используются при прогнозировании долговечности строительных материалов [10].

Требования к стенду для моделирования условия эксплуатации ПКА

При проектировании и разработке стенда для моделирования условий эксплуатации ПКА необходимо учитывать следующие требования:

- небольшие размеры стенда, позволяющие изменять условия испытания путем перемещения стенда между камерами с различными искусственными факторами;
- быть компактными в отличие от классических методов испытания образцов на длительную прочность с использованием систем гирь и рычагов, которые не позволяют перемещать их в процессе экспонирования. Также за счет больших габаритов установок одновременное испытание нескольких серий образцов является затруднительным;
- регулировать НДС в образцах во всём диапазоне эксплуатационных нагрузок вплоть до разрушения;
- учитывать специфику механики разрушения ПКА.

Большинство стандартизованных методов испытания ПКМ разработаны для гомогенных по структуре пластмасс [11, 12], они заимствованы от металлов и сплавов,

являющихся изотропными материалами, и не учитывают анизотропию свойств армированных ПКМ. Вследствие большой разницы прочности вдоль волокон и межволоконной сдвиговой прочности к ПКМ предъявляются особые требования по креплению образцов в захватах и их центрированию. В случае чрезмерного зажима образцов в металлических захватах испытательного оборудования может произойти расщепление образов, а при слабом зажиме – высказывание из захватов без разрушения материала [13]. При появлении эксцентриситета в результате неточной установки образцов в захватах наблюдается расслоение, разрушение под углом, срез, разрушение в нерабочей зоне или захватах испытательных машин.

Учитывая специфику механики разрушения ПКА и требования к модулю силонагружения в климатических камерах, в качестве метода задания длительной статической нагрузки, был принят метод продольного изгиба по ГОСТ 32492-2015 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения физико-механических характеристик». Этот метод обладает рядом достоинств, как для кратковременных, так и для длительных испытаний, подробное описание приводится в работах Блазнова А.Н. и др. [11, 12]:

- для разрушения ПКА требуется нагрузка приблизительно в 60 раз меньшая, чем нагрузка, требующаяся для его разрушения в условиях простого растяжения или сжатия;

- ПКА ведет себя как упругий материал, близкий к идеальному, благодаря чему продольно изогнутый до заданного уровня прогиба образец сам выполняет функцию тарированной пружины, «консервирующей» на длительное время заданный уровень нагрузки (продольной сжимающей силы);

- при продольном сжатии упругих материалов величина продольной силы при увеличении прогиба с момента начала появления его вплоть до разрушения практически не зависит от значения прогиба. Поэтому процедура нагружения образца до заданного уровня напряжения может быть сведена к простому деформированию его до заданного уровня деформации;

- в отличие от чистого растяжения или сжатия для увеличения или уменьшения напряжения требуются достаточно большие перемещения концов образца. Это резко снижает погрешности установки заданного напряжения, которые могут быть допущены вследствие погрешностей, возникающих при установке и контроле заданного уровня деформации;

- учесть и компенсировать возможные изменения напряжения в ходе испытания, вызванные изменением жесткости образца-пружины, можно тарировкой образца как пружины в ходе испытания. При изменении жесткости образца на измеренное значение достаточно увеличить его прогиб до уровня, восстанавливающего заданную величину напряжения;

- снижение, требующейся при испытании, нагрузки и замена процедуры приложения к образцу нагрузки на процедуру его деформирования позволяют применять при испытаниях компактные многопозиционные испытательные стенды;

- образец разрушается в средней части, которая находится на значительном удалении от места приложения нагрузки, следовательно, контактные напряжения, возникающие в зоне передачи нагрузки от нагружающего механизма к образцу, не оказывают существенного влияния на процесс разрушения образца;

- материал подвергается растяжению (в растянутой зоне), сжатию (в сжатой зоне) и сдвигу слоев по всему сечению, благодаря чему имеется возможность провести комплексную оценку прочности материала и выявить, какой вид нагружения является наиболее опасным для материала;

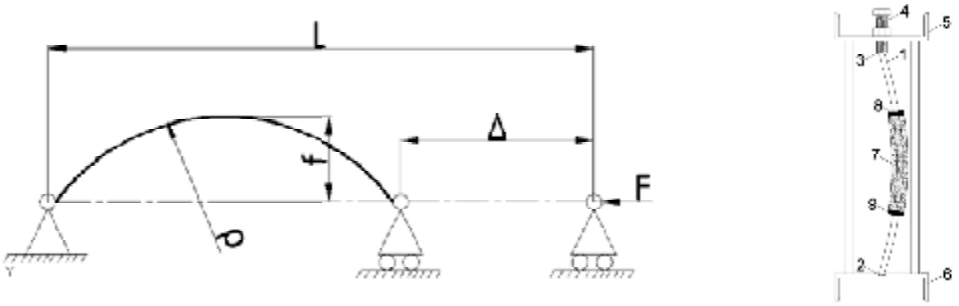
- ПКА ведет себя как упругий материал, близкий к идеальному, поэтому при обработке результатов испытаний (расчете напряжений и деформаций) имеется возможность применять простые формулы, известные из монографий по сопротивлению материалов, дополнив их простыми уточняющими расчетными или эмпирическими зависимостями.

Сущность метода продольного изгиба заключается в следующем (рис. 1, а). ПКА продольно изгибается между двумя опорами, чтобы обеспечить в крайних волокнах среднего сечения образца заданное значение растягивающих напряжений – σ. При этом

концы образца ПКА должны опираться шарнирно. Максимальные напряжения, возникающие в названной зоне образца, вычисляют по формуле:

$$\sigma = \pm \frac{P*f}{w}, \quad (1)$$

где P – продольно сжимающая сила, приложенная к концам образца;
f – прогиб продольно изгибаемого образца;
w – момент сопротивления поперечного сечения образца.



а) б)

Рис. 1. а) Схема испытания образцов ПКА методом продольного изгиба;
б) Схема модуля силонагружения ПКА: 1 – образец ПКА с полусферическими торцами;
2 – лунка полусферической формы в основании стенда;
3 – полусферическая лунка в основании силонагружающего элемента;
4 – силонагружающий элемент, болт, 5 – верхний корпус стенда с приваренными гайками для установки силонагружающего элемента; 6 – основание стенда; 7 – силиконовая трубка;
8 и 9 – сальники (иллюстрация авторов)

$$f = L\frac{\sqrt{1(\delta + 0{,}252\delta^2 + 0{,}077\delta^3 + 0{,}070\delta^4)}}{\pi(1 + 0{,}5\delta + 0{,}232\delta^2 + 0{,}315\delta^3)}\sqrt{2\delta - 0{,}125\delta^2 - 0{,}015\delta^3 - 0{,}008\delta^4}, \quad (2)$$

где $\delta = (L - L_{on})/L$ – относительное сближение концов стержня;
L – длина образца;
L_{on} – расстояние между опорами продольно изогнутого образца.

Момент сопротивления поперечного сечения образца w, вычисляют по формуле:

$$w = \frac{\pi * d^3}{32}, \quad (3)$$

где d – диаметр образца.

Вышеприведенные формулы справедливы для образцов круглого поперечного сечения из материалов, работающих в линейно упругой области НДС. Для отслеживания релаксационных процессов и появления первых признаков разрушения в напряженном образце, стенд необходимо доукомплектовывать датчиками для замера параметров нагрузки и прогиба – P и f в формуле (1) соответственно. Рекомендуемая длина образца при этом равна 36d. Таким образом, для создания НДС методом продольного изгиба необходимы образцы примерно в 2-3 раза меньше, чем при испытании на растяжение.

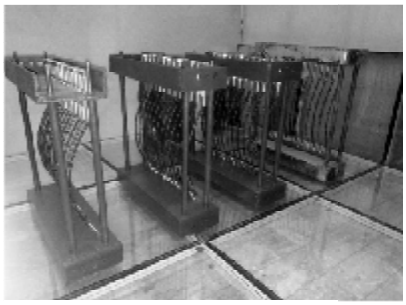
Общий вид установки для длительных статических испытаний методом продольного изгиба изображен на рис. 1 б. Образец ПКА с торцами полусферической формы устанавливается в полусферические лунки в основании стенда, изготовленного из швеллера. При этом радиус лунки должен обеспечивать отсутствие контакта образца с основанием стенда в максимально изогнутом состоянии, поскольку это приводит к изменению НДС. Силонагружающий модуль – винт с полусферической лункой в основании. Предварительно осуществляется тарировка винта и составляется шкала «количество оборотов – перемещение» – это значительно упрощает процесс нагружения образцов, поскольку для задания требуемого уровня напряжений по методу продольного изгиба необходимо обеспечить определенный уровень деформации образца, который определяется сближением его концов, т.е. перемещением силонагружающего элемента.

Моделирования щелочной среды бетона обеспечивалось раствором щелочи с составом, согласно ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия». Для того чтобы емкость со щелочью не оказывала влияние на деформированное состояние образцов, а также позволяла разместить на одном стенде максимальное количество образцов, в качестве емкости были выбраны гибкие силиконовые трубки с диаметром $5d$. Воздействие щелочи обеспечивалось в средней рабочей зоне образца, длина трубки составляла $0{,}5L$.

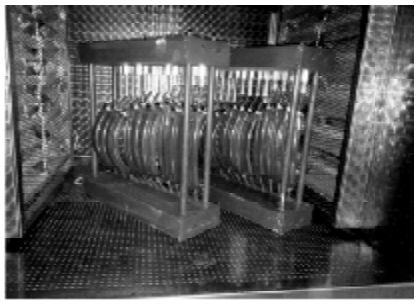
Сальники для фиксации трубки на образце изготавливались из резины, стойкой к воздействию щелочи. Размеры сальников соответствовали внутреннему диаметру силиконовой трубки, дополнительная фиксация сальника обеспечивалась затяжными стальными хомутами. Перед проведением длительных испытаний ПКА производилась оценка щелочестойкости сальников и силиконовых трубок в условиях повышенных температур: выдержка при 80^0С в течение 30 суток. При этих условиях изменения химического состава и влияния на уровень pH раствора выявлено не было, следовательно, применение такой оснастки не будет вносить погрешностей в результаты испытаний ПКА. Плюсом использования упругих материалов для щелочного раствора является то, что это позволяет без воздействия на образец проверять уровень pH раствора на протяжении всего срока испытания. Для этой процедуры можно использовать шприц, при этом до начала отбора проб необходимо обеспечить подток воздуха для свободного забора жидкости, например, установив иглу шприца или узкую стеклянную трубку в сальник.

Стенд для ускоренных испытаний ПКА

По вышеприведенному алгоритму была изготовлена серия стендов, каждый из которых позволяет разместить на себе до 10 образцов. Конфигурация стенда предполагает производить нагружение каждого образца индивидуально, что позволяет на одном стенде испытывать разные образцы, задавать разные уровни деформаций, использовать различные составы агрессивных сред и т.д. Компактность (рис. 2а) и мобильность модульного стенда позволяет помещать установку в климатические камеры с различными искусственными факторами (рис. 2б), перемещать модульный стенд без изменения НДС образцов при проведении циклических испытаний (рис. 2в-г) и для микроскопических исследований и т.д.

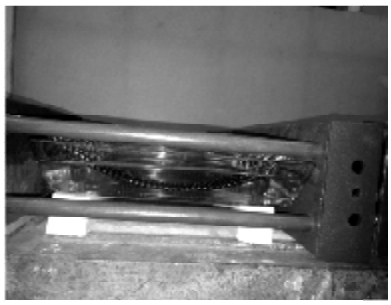


а)



б)

в)



в)

Рис. 2. Фото модульных стендов при различных видах испытаний:
а – компактное расположение стендов;
б – мобильность стендов – помещение в рабочем состоянии в термобарокамеру;
в, г – циклические испытания при нормальной температуре в растворах щелочи
(иллюстрации авторов)

Заключение

1. Показаны существенные недостатки современных стандартов УКИ различных материалов и изделий, заключающиеся в раздельном циклическом воздействии искусственных факторов, что связано с отсутствием на рынке климатических камер, где одновременно воспроизводятся климатические факторы и механические напряжения.

2. Исходя из условий работы ПКА в цементных бетонах, выработаны требования к методам и аппаратурному обеспечению УКИ.

3. Для моделирования НДС образцов ПКА принят метод продольного изгиба, позволяющий существенно упростить модуль силонагружения, а также повысить точность воспроизведения данного эксплуатационного фактора при лабораторных режимах испытания.

4. Разработана методика и модульный испытательный стенд для моделирования старения и разрушения ПКА в цементных бетонах, позволяющий изменять условия испытания путем наращивания функциональных блоков и перемещая в климатические камеры с различными искусственными факторами. Стенд позволяет испытывать ПКА при воздействии механических напряжений, жидких агрессивных сред и температур в широком диапазоне. Испытания можно проводить как при раздельном, так и при совместном воздействии факторов.

Список библиографических ссылок

1. Сулейманов А. М. Актуальные задачи в прогнозировании долговечности полимерных строительных материалов // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 10–13.
2. Helbling C., Karbhari V. M. Durability Assesment of Combined Environmental Eposure and Bending : Proc. of 7th Int. Symp. on Fiber Reinforced Polym. Reinf. For Reinf. Concrete Structures / New Orlean, Loisiana, USA. 2005. Nov., 7010. P. 1397–1418.
3. Roylance D., Roylance M. Weathering of Faber-Reinforced Epoxy Composites // Polym. Eng. and Sci. 1978. V. 18. № 4. P. 249–254.
4. Kim R. H., Broutman L. J. Effect of Moisture and Stress on the Degradation of Graphite Fiber Reinforced Epoxies : Deform. Yield and Fract. Polym., 4th Int. Conf. / Cambridge. London, 1979. P. 231–235.
5. Reynolds T. G. Accelarated Tests of Enviromental Degradation in Composite Materials : M.S. Thesis / University of Bristol. Bristol, UK. 1998. 177 p.
6. Ефимов В. А., Кириллов В. Н., Добрянская О. А., Николаев Е. В., Шведкова А. К., Коренькова Т.Г., Деев И.С. К вопросу о методике проведения натурных климатических испытаний полимерных композиционных материалов : сб. докладов восьмой научной конференции по гидроавиации «Гидроавиасалон-2010» / ВИАМ. Москва, 2010. С. 102–106.
7. Сулейманов А. М. Установка для моделирования воздействия эксплуатационных факторов на материалы мягких оболочек // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2005. Т. 71. № 12. С. 44–46.
8. Уржумцев Ю. С., Максимов Р. Д. Прогностика деформативности полимерных материалов. Рига : Зинатне, 1975. 415 с.
9. Уржумцев Ю. С. Прогнозирование длительного сопротивления полимерных материалов. М. : Наука, 1982. 222 с.
10. Смирнов Д.С., Рахимов Р. З., Габидуллин М. Г., Каюмов Р. А., Стоянов О. В. Испытания и прогнозная оценка долговечности уплотнительной резины герметизирующих стыков блоков обделки метро // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 15. С. 138–144.
11. Блазнов А. Н., Савин В. Ф., Волков Ю. П., Рудольф А. Я., Старцев О. В., Тихонов В. Б. Методы механических испытаний композиционных стержней : монография. Бийск : Алт. гос. техн. ун-т, 2011. 314 с.

12. Блазнов А. Н., Волков Ю. П., Луговой А. Н., Савин В. Ф. Испытания на длительную прочность стержней из композиционных материалов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2006. № 2. С. 44–52.
13. Тарнопольский Ю. М., Кинцис Т. Я. Методы статических испытаний армированных пластиков. М. : Химия, 1981. 271 с.

Suleimanov Alfred Midhatovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: sulejmanov@kgasu.ru
Tuisina Ekaterina Bulatovna
post-graduate student
E-mail: katerina.tuysina@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
BikmahametovRushanRusalevich
workshop foreman
E-mail: rbiktov@mail.ru
OOO «Kazan DSK»
The organization address: 420087, Russia, Kazan, Adelya Kutuya st., 118

Modeling of polymer composite materials in the stress-strain state under the influence of aggressive media. Part 1. Development of methods and test bench

Abstract

Problem statement. The combined effect of operational factors on polymer composite materials (PCM) in the stress-strain state significantly accelerates their rate of aging and destruction.

The aim of the study is to develop a method for modeling the work of polymer composite materials in the stress-strain state under the influence of aggressive media.

Results. The technique is developed and the installation for simulation of aging and destruction of polymer composite reinforcement for cement concrete reinforcement is modernized.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is the development of the methodology for predicting the durability of polymer composite materials in the specified operating conditions.

Keywords: polymer composite reinforcement, simulation of aging and destruction, methods and installation.

References

1. Suleymanov A. M. Actual problems in durability prediction polymeric building materials // Stroitelnie materiali. 2015. № 5. P. 10–13.
2. Helbling C., Karbhari V. M. Durability Assessment of Combined Environmental Exposure and Bending: Proc. of 7th Int. Symp. on Fiber Reinforced Polym. Reinf. For Reinf. Concrete Structures / New Orlean, Loisiana, USA. 2005. Nov., 7010. P. 1397–1418.
3. Roylance D., Roylance M. Weathering of Faber-Reinforced Epoxy Composites // Polym. Eng. and Sci. 1978. V.18, № 4. P. 249–254.
4. Kim R. H., Broutman L. J. Effect of Moisture and Stress on the Degradation of Graphite Fiber Reinforced Epoxies : Deform. Yield and Fract. Polym., 4th Int. Conf. / Cambridge. London, 1979. P. 231–235.
5. Reynolds T. G. Accelarated Tests of Enviromental Degradation in Composite Materials : M.S. Thesis / University of Bristol. Bristol, UK. 1998. 177 p.

6. Efimov V. A., Kirillov V. N., Dobryanskaya O. A., Nikolaev E. V., Shvedkova A. K., Korenkova T. G., Deev I. S. On the issue of the method of conducting full-scale climatic tests of polymer composite materials : a collection of reports of the eighth scientific conference on hydroaviation «Gidroaviasalon-2010» / VIAM. Moscow, 2010. P. 102–106.
7. Suleymanov A. M. Installation for simulating the impact of operational factors on material soft shells // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostica materialov. 2005. V. 71. № 12. P. 44–46.
8. Urzhumtsev Y. S., Maksimov R. D. Prognostics of deformations of polymeric materials. Riga : Zinatne, 1975. 415 p.
9. Urzhumtsev Yu. S. Prediction of long-term resistance of polymeric materials. M. : Nauka, 1982. 222 p.
10. Smirnov D. S., Rakhimov R. Z., Gabidullin M. G., Kayumov R. A., Stoyanov O. V. Testing and predictive assessment of the durability of the sealing rubber sealing the joints between the blocks lining the subwav // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. V. 17. № 15. P. 138–144.
11. Blaznov A.N., Savin V.F., Volkov Yu.P., Rudolf A.Ya., Startsev O.V., Tikhonov V.B. Methods of mechanical testing of composite rods. Biysk : Altay State Tech. University, 2011. 314 p.
12. Blaznov A. N., Volkov Yu. P., Lugovoy A. N., Savin V. F. Tests for long-term strength of rods made of composite materials // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostica materialov. 2006. № 2. P. 44–52.
13. Tarnopolsky Yu. M., Cincis T. Y. Static test methods for reinforced plastics. M. : Chemistry, 1981. 271 p.

УДК 536.33
Таймаров Михаил Александрович
E-mail: taimarovma@yandex.ru
доктор технических наук, профессор
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
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Разработка новых типов алюмосиликатных огнеупоров с повышенной излучательной способностью

Аннотация

Постановка задачи. При производстве строительных керамических материалов обжиговым способом для футеровки внутреннего пространства печей используются обычно шамотные огнеупоры. Теплообмен в топках обжиговых печей происходит за счет излучения обмуровки на обжигаемый материал. Обмуровка разогревается за счет подводимого тепла от факела при сжигании топливного природного газа. Целью исследования является повышение эффективности используемого топливного газа. Задача максимально увеличить исследование интегральной излучательной способности материала обмуровки.

Результаты. Излучательная способность шамота не является высокой и зависит от рецептуры огнеупора. Кроме того, шамот имеет сравнительно невысокий температурный диапазон применения. Огнеупорные материалы с высокой излучательной способностью – хромомагнезитовые огнеупоры – являются очень дорогими. Выявлено, что при определенных соотношениях фаз муллита, кристобалита и добавке углеродсодержащего вещества в состав рецептуры алюмосиликатных кислых и полукислых огнеупоров обеспечиваются повышенная излучательная способность и температурная стойкость.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что при определенных соотношениях фаз муллита и кристобалита и добавке углеродсодержащего вещества в состав рецептуры алюмосиликатных кислых и полукислых огнеупоров обеспечивается повышенная излучательная способность и температурная стойкость. В качестве добавочного углеродсодержащего вещества для получения огнеупора с гарантированным значением высокой излучательной способности применен шунгит Зажогинского месторождения Республики Карелия. Для повышения излучательной способности муллиткорундовых основных огнеупоров наиболее эффективно использование хромита, добываемого карьерным способом в Бураковско-Аганозерском (Республика Карелия), Имандро-Варгузском (Мурманская область), Рай-Изском, Сыумкеуском и Войкаро-Сыньинском (Ямало-Ненецкий АО) месторождениях.

Ключевые слова: огнеупор, алюмосиликатный, шамот, кристобалит, муллит, корунд, углерод, фаза, температурная стойкость, излучательная способность, карбид кремния, хромит.

Введение

Огнеупорные алюмосиликатные материалы технологически представляют собой смесь эвтектик на основе диоксида кремния SiO_2 и окиси алюминия Al_2O_3 с добавками тугоплавких компонентов [1-10]. От того, в каком соотношении присутствуют эти эвтектики в составе огнеупора, зависит излучательная способность и температурная стойкость. Кристобалит, муллит и корунд являются диэлектриками, излучение которых, в отличие от металлов, формируется в объеме. Излучение металлов является поверхностным. Муллит является эвтектическим соединением, условная формула которого записывается как $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ при содержании Al_2O_3 = 72 % (по массе) или $2Al_2O_3 \cdot SiO_2$ при содержании Al_2O_3 = 78 %. Объемное излучение муллита отличается от

излучения чистых SiO_2 и Al_2O_3. Муллит обладает более значительной толщиной излучающего слоя по сравнению с чистыми веществами SiO_2 и Al_2O_3, поэтому его излучательная способность выше по сравнению с чистыми SiO_2 и Al_2O_3.

Методика исследования

В данной статье исследуется интегральная излучательная способность огнеупоров, так как именно она, в отличие от спектральной излучательной способности, применяется в нормативных тепловых расчетах всех высокотемпературных энерготехнологических агрегатов. Экспериментальное исследование интегральной излучательной способности огнеупорных образцов проводилось при нагреве на воздухе при помощи электрической трубчатой печи по методике, изложенной в работах [5, 10]. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

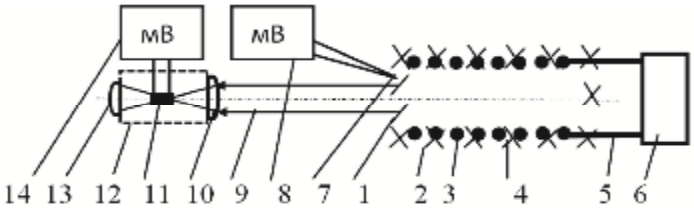


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – образец; 2 – трубчатая печь; 3 – нагревательная электроспираль; 4 – тепловая изоляция; 5 – кабели электропитания; 6 – силовой электротрансформатор; 7 – термопара; 8 – милливольтметр; 9 – излучение нагретого образца; 10 – линза объектива; 11 – термочувствительный элемент; 12 – корпус радиометра; 13 – линза окуляра; 14 – милливольтметр (иллюстрация авторов)

Для проведения экспериментов образцы огнеупоров – 1 толщиной 5 мм закреплялись на выходном отверстии трубчатой печи – 2, полость которой имеет высокую температуру за счет теплоты, выделяющейся при прохождении электрического тока по нагревательной спирали – 3. Регулируемый подвод электрического тока к спирали осуществляется от силового трансформатора – 6. Для измерений температуры излучающей поверхности образцов устанавливались термопары – 7. Рабочий спай термопар располагался заподлицо с излучающей поверхностью образцов. До температуры 1300 °С применялись хромель-алюмелевые термопары с диаметром термоэлектродного провода 0,2 мм. При температурах свыше 1300 °С применялись платино-платинородиевые термопары с градуировкой ПП-1. Значение термо-электродвижущей силы от нагретого рабочего спая регистрируется милливольтметром – 8. Так как измерительный прибор – милливольтметр – включен в холодный спай, термопары и охлаждение этого спая до температуры тающего льда отсутствует, то к полученному по градуировочной таблице значению температуры прибавляется температура окружающего воздуха.

Излучение – 9 с нагретой поверхности образца фокусируется кварцевой линзой объектива – 10 на термочувствительном элементе – 11, в качестве которого использован термостолбик. Получаемая при этом в термостолбике термо-электродвижущая сила регистрируется милливольтметром – 14.

Точность наведения объектива – 10 на излучающую площадку образца – 1 контролируется при помощи линзы окуляра – 13. Объектив – 10, термочувствительный элемент – 11 и окуляр – 13 конструктивно соединены при помощи корпуса – 12.

Излучательная способность нагретого образца огнеупора – 1 определяется по формуле:

$$\varepsilon(T) = E(T)/E_0(T), \quad (1)$$

где $E(T)$, $E_0(T)$ – соответственно, интенсивности излучения нагретого образца огнеупора и эталонного излучателя – абсолютно черного тела, по которому производится градуировка радиометра с термочувствительным элементом – 11 при температуре образца – 1, измеренной в градусах Кельвина.

Интенсивность излучения нагретого эталонного излучателя – абсолютно черного тела определяется по формуле:

$$E_0(T)=5{,}67\cdot 10^{-11}\cdot T^4,\ \text{кВт/м}^2, \quad (2)$$

где T – температура излучающей полости абсолютно черного тела, К.

При определении излучательной способности огнеупоров по формуле (1) температура излучающей полости должна быть равна температуре образца, измеренной с помощью термопары.

Неисключенная систематическая погрешность определения излучательной способности в общем виде записывается как:

$$s_u = 1{,}1(s_{u.n}^2 + s_м^2)^{0,5}, \quad (3)$$

где $s_{и.п}$ – систематическая погрешность определения отношения интегральных потоков излучения образца и абсолютно черного тела, %; $s_м$ – методическая погрешность, %.

Систематическая погрешность определения отношения интегральных потоков излучения образца и абсолютно черного тела выражается как:

$$s_{u.n} = 1{,}1(s_E^2 + s_{E0}^2)^{0,5}, \quad (4)$$

где s_E, s_{E0} – систематические погрешности определения интенсивностей излучения образца огнеупора и абсолютно черного тела (в %), которые рассчитываются по формулам:

$$s_E = 1{,}1(4s_m^2 + s_p^2 + s_o^2)^{0,5}, \quad (5)$$

$$s_{E0} = 1{,}1(4s_{m0}^2 + s_{p0}^2 + s_{o0}^2)^{0,5}, \quad (6)$$

где s_m, s_{m0} – погрешности измерения температуры излучающей поверхности образца и излучающей полости абсолютно черного тела, %; s_p, s_o – соответственно, погрешность регистрации сигнала и погрешность графической обработки результатов при измерении интенсивности излучения образца, %; s_{p0}, s_{o0} – соответственно, погрешность регистрации сигнала и погрешность графической обработки результатов при измерении интенсивности излучения полости абсолютно черного тела, %.

Кроме систематической погрешности, в экспериментах принято оценивать случайную погрешность по следующей методике на основе массива полученных результатов измерений.

При обработке экспериментальных данных за конечный результат измерения принимается среднеарифметический результат измерений $a_{ср.}$

Оценка среднеквадратичного отклонения S этого результата описывается формулой:

$$S = [\Sigma(x_i - a_{cp})^2/n(n-1)]^{0,5}, \quad (7)$$

где n, x_i – число и результат измерений.

Здесь суммирование ведется от 1 до n.

В соответствии со значением коэффициента надежности α=0,95 и числом измерений – n определяется коэффициент Стьюдента – t_α.

При этом формула для расчета случайной погрешности записывается в виде:

$$\Delta a = t_\alpha S. \quad (8)$$

Отсюда, результат измерений с границами случайной погрешности записывается как $a = a_{ср} \pm \Delta a$ и относительная случайная погрешность равна $\varepsilon = (\Delta a/a)100$, %.

Общая погрешность измерений определяется как совокупность случайной и неисключенной систематической погрешностей, %:

$$\delta = 1{,}1(\varepsilon^2 + s^2)^{0,5}. \quad (9)$$

Так как в экспериментах по исследованию излучательной способности огнеупоров получено $s_u/\varepsilon>8$, то случайной погрешностью ε можно пренебречь и границы погрешностей результатов измерений можно оценивать по неисключенной систематической погрешности $\pm s_u$ (%).

Отсюда систематическая погрешность определения излучательной способности огнеупоров при температуре T = 1370 К равна $s_u = \pm 0{,}91$ % (составляющие погрешности: s_m = 0,25 %; s_{m0} = 0,2 %; s_p = 0,05 %; s_o = 0,15 %; s_{p0} = 0,05 %; s_{o0} = 0,15 %; $s_м$ = 0,08 %).

Результаты исследования и их обсуждение

Температурная стойкость алюмосиликатных огнеупоров исследовалась с применением состояния системы Al_2O_3-SiO_2 (рис. 2). Второй эвтектикой, кроме муллита, в диаграмме состояния системы Al_2O_3-SiO_2 является кристобалит. Кристобалит как эвтектика содержит 91 % SiO_2 и 6 % $A1_2O_3$.

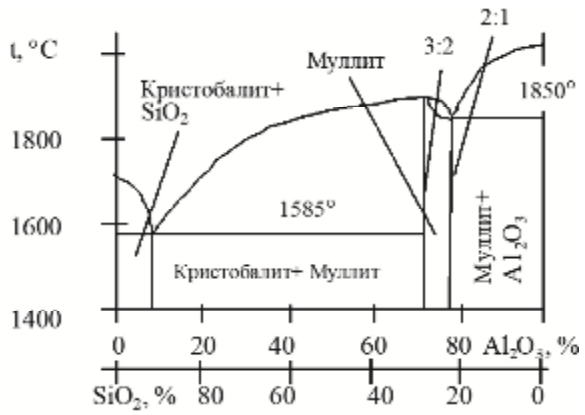


Рис. 2. Диаграмма состояния системы Al_2O_3-SiO_2
(обозначения 3:2 и 2:1 соответствуют формулам муллита $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ и $2Al_2O_3 \cdot SiO_2$)
(иллюстрация авторов)

При содержании в огнеупоре Al_2O_3 более 78 % линия солидус проходит при 1850 °С, а при содержании Al_2O_3 менее 72 % – при 1585 °С. Для огнеупоров с содержанием двух эвтектик: кристобалит+муллит и одной эвтектики – муллит при температурах ниже линии ликвидус, показанной утолщенной линией, но выше линии солидус, показанной горизонтальными тонкими линиями (рис. 2), огнеупор состоит из твердого раствора – муллита и жидкости, то есть он находится в размягченном состоянии. Как видно из рис. 2, муллит представляет собой твердый раствор до температур в области 1850…1910 °С. Доля муллита в рецептуре существующих алюмосиликатных огнеупорах определяет их термическую стойкость [1-3].

На диаграмме (рис. 2) наиболее тугоплавким компонентом рецептуры является корунд, представляющий собой, при Al_2O_3=100 %, кристаллическую структуру a-Al_2O_3. Количество муллита с условной формулой $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ по диаграмме рис. 2 определяется по правилу рычага как для огнеупоров системы кристобалит+муллит, содержащих до 72 % $A1_2O_3$, так и для муллитокорундовых огнеупоров при содержании $A1_2O_3$ свыше 72 % с системой муллит+корунд.

Муллит с формулой $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ находится в виде твердого раствора при содержании Al_2O_3= 72…73 %, при температурах выше 1850 °С, в то время как в системе при содержании Al_2O_3 свыше 78 % появляется жидкость. Линия солидус для муллита в области содержания Al_2O_3 = 72…78 % имеет криволинейный характер (рис. 2).

По диаграмме состояния системы Al_2O_3-SiO_2 для алюмосиликатных огнеупоров (рис. 2) можно выделить три области рецептурного существования эвтектик кристобалита и муллита в зависимости от соотношения содержания Al_2O_3 и SiO_2. Первая – избыток SiO_2 + кристобалит, вторая – кристобалит+муллит, третья – муллит + избыток Al_2O_3.

Первая область наличия одной эвтектики – кристобалита при избытке компонента SiO_2 характерна для кварцита (98 % SiO_2) и динасовых огнеупоров и располагается до соотношения содержания 91 % SiO_2 и 6 % $A1_2O_3$. Температурная стойкость огнеупора, за которую принимается окончание существования твердой фазы, сравнительно невелика и составляет 1700 °С у кварцита и 1590 °С у динаса. По технологическому применению это область кислых огнеупоров.

При увеличении содержания $A1_2O_3$ свыше 6 % до 25…30 % располагается область полукислых огнеупоров с наличием уже двух эвтектик: кристобалита и муллита. Температурная стойкость полукислых огнеупоров повышается по сравнению с

динасовыми огнеупорами и составляет 1750 °С при содержании $A1_2O_3$, равном 30 %, что обусловлено ростом содержания $A1_2O_3$.

При содержании $A1_2O_3$ свыше 30 % до 55…60 % на диаграмме состояния системы Al_2O_3-SiO_2 располагаются нейтральные шамотные огнеупоры с существованием в их составе также двух эвтектик – кристобалита и муллита. Температурная стойкость шамотных огнеупоров заметно повышается до 1750…1850 °С в зависимости от состава исходного сырья.

По технологическому признаку при содержании $A1_2O_3$ свыше 60 % располагаются высокоглиноземистые основные огнеупоры, которые до содержания $A1_2O_3$ = 72 % характеризуются наличием в их составе двух эвтектик – кристобалита и муллита. Температурная стойкость этих огнеупоров составляет 1850…1900 °С в зависимости от содержания $A1_2O_3$.

Муллитокорундовые огнеупоры на диаграмме состояния системы Al_2O_3-SiO_2 содержат свыше 78 % Al_2O_3 и имеют в своем составе эвтектику муллит с избыточным компонентом Al_2O_3. Это область тугоплавких огнеупоров с температурной стойкостью до 2010 °С для корунда с содержанием Al_2O_3, равным 97 %. Недостаток корунда как огнеупора – невысокая излучательная способность.

Как показали эксперименты данной работы, огнеупорность кислых и полукислых алюмосиликатных огнеупоров существенно повышается до температур порядка 2000 °С при введении в них углеродсодержащего вещества в количестве до 20 % вместо SiO_2.

В качестве такого вещества целесообразным является использование ископаемого минерала шунгита Зажогинского месторождения Республики Карелия. В этом шунгите содержание углерода С = 30 % при содержании других соединений в следующих количествах: SiO_2 = 57 %, Al_2O_3 = 4 %, FeO = 2,5 %, MgO = 1,2 %, K_2O = 1,5 %.

В технологии производства огнеупоров на стадии спекания при температуре 2050 °С в рецептуре с применением шунгита углерод взаимодействует с диоксидом кремния SiO_2 по реакции:

$$3C + SiO_2 = SiC + 2CO. \quad (10)$$

Образующийся карбид кремния SiC является тугоплавким веществом с огнеупорностью 2700 °С и с высокой излучательной способностью, равной 0,9 [9].

В зависимости от количества вводимого карбида кремния в рецептуру кислых и полукислых огнеупоров их температурная стойкость может быть повышена до 2400 °С.

Невысокая излучательная способность корундовых и муллитокорундовых огнеупоров, имеющих в своем составе содержание Al_2O_3 более 50 %, может быть повышена за счет введения в исходную рецептуру соединения хромита с условной формулой $FeO \cdot Cr_2O_3$ и температурной стойкостью до 2180°С. Излучательная способность хромита равна 0,8 и практически не изменяется во всем температурном диапазоне работы огнеупоров.

Хромит содержит в своем составе около 68 % Cr_2O_3 и является природным минералом, добываемым карьерным способом в Бураковско-Аганозерском (Республика Карелия), Имандро-Варгузском (Мурманская область), Рай-Изском, Сыумкеуском и Войкаро-Сыньинском (Ямало-Ненецкий АО) месторождениях [4, 5].

По диаграмме состояния системы Al_2O_3-SiO_2 (рис. 2) избыточный компонент Al_2O_3 в количестве до 25 % для муллитокорундовых и корундовых основных огнеупоров может быть заменен на хромит $FeO \cdot Cr_2O_3$ с получением температурной стойкости 2000 °С.

Влияние шунгита и хромита, вводимых в состав соответственно кислых, полукислых и муллитокорундовых огнеупоров, на повышение их излучательной способности можно, для получаемых при этом новых типов огнеупорных рецептур, рассчитать по следующим формулам.

Для кислых и полукислых огнеупоров при содержании Al_2O_3 менее 20 % излучательная способность равна:

$$e_{кпо} = e_{кр}' \, g_{кр} + e_{кк}' \, g_{кк}, \quad (11)$$

где $e_{кр}$, $g_{кр}$ – излучательная способность и весовая доля кристобалита;

$e_{кк}$, $g_{кк}$ – излучательная способность карбида кремния и его весовая доля.

Для шамотных огнеупоров со структурой кристобалит+муллит при содержании Al_2O_3 более 20 %, но менее 55 % при введении шунгита в рецептуру огнеупора излучательная способность равна:

$$e_{шо} = e_{кр}' \, g_{кр} + e_{м}' \, g_{м} + e_{кк}' \, g_{кк}, \quad (12)$$

где $e_м$, $g_м$ – излучательная способность и весовая доля муллита.

Для муллитокорундовых огнеупоров при содержании Al_2O_3 более 55 % при введении хромита $FeO \cdot Cr_2O_3$ в рецептуру огнеупора излучательная способность равна:

$$e_{мко} = e_{х}' \, g_{х} + e_{м}' \, g_{м}, \quad (13)$$

где e_x, g_x – излучательная способность и весовая доля хромита.

В таблице приведены полученные экспериментальные результаты по измерению интегральной излучательной способности исследованных рецептур алюмосиликатных огнеупоров с добавками шунгита и хромита в сопоставлении с расчетными данными по формулам (11)-(13).

Таблица

Излучательная способность e исследованных алюмосиликатных огнеупоров в зависимости от их рецептурного состава

Рецептура огнеупора	Содержание Al_2O_3, %	Содержание SiO_2, %	Огнеупорность, °С	e при 950 °С	
				Эксперимент	Расчет по формулам (11)-(13)
Корунд КЛ-1,3	97	-	2040	0,42	0,42
Муллит МКС-72	72	25	1900	0,49	0,49
Кристобалито-муллит МЛС-62	62	30	1880	0,54	0,53
Шамот	40	55	1820	0,58	0,58
Динас ДС	5	92	1650	0,66	0,66
Кварцит К98	-	98	1710	0,74	0,74
90 % кристобалит + 10 % шунгит	В составе кристобалита		1690	0,69	0,68
80 % кристобалит + 15 % муллит + 5 % шунгит	В составе кристобалита и муллита		1760	0,65	0,65
85 % муллит + 15 % хромит	В составе муллита		1950	0,56	0,54

Как видно из таблицы, в огнеупорах без добавок шунгита и муллита кристобалитовый компонент заметно повышает излучательную способность, но при этом снижается огнеупорность. Преобладание эвтектики – муллит, напротив, снижает излучательную способность, но приводит к росту огнеупорности. Для кислых и полукислых огнеупоров добавка 10 % шунгита в их рецептуру повышает их излучательную способность на 5 % при увеличении огнеупорности на 3 %.

Для муллитокорундовых огнеупоров добавка 15 % хромита в их рецептуру повышает их излучательную способность на 14 % при увеличении огнеупорности в среднем на 3 %.

Расчет по формулам (11)-(13) позволяет определять излучательную способность новых разрабатываемых алюмосиликатных огнеупорных рецептур в широком диапазоне изменения содержания в них SiO_2 и Al_2O_3.

Заключение

Для алюмосиликатных кислых и полукислых огнеупоров их температурная стойкость и излучательная способность могут быть повышены путем введения в их рецептуру углеродсодержащего вещества на основе шунгита.

Для алюмосиликатных основных муллитокорундовых огнеупоров их излучательная способность может быть повышена путем введения хромита в их рецептуру.

Список библиографических ссылок

1. Тюлькин Д. С., Плетнев П. М. Характеристики отечественного сырья для производства термостойких высокотемпературных корундомуллитовых огнеупоров : сб. науч. тр. Ресурсы и ресурсосберегающие технологии в материаловедении – Международной конференции «СТРОЙСИБ-2016» / НГАУ. Новосибирск, 2016. С. 204–209.
2. Тюлькин Д. С., Плетнев П. М. Физико-химические принципы получения огнеупоров для производства технической керамики // Вестник СГУПС. 2016. № 1. С. 21–27.
3. Плетнев П. М., Погребенков В. М., Верещагин В. И., Тюлькин Д. С. Муллитокорундовые материалы на основе муллитовой связки, стойкие к высокотемпературным деформациям // Новые огнеупоры. 2017. № 11. С. 36–44.
4. Гаврик Г. Г. XVI Международная конференция огнеупорщиков и металлургов (19-20 апреля 2018 г.) // Новые огнеупоры. 2018. № 6. С. 61–70.
5. Таймаров М. А. Исследование излучательной способности химических составов огнеупорных рецептур, принадлежащих системам Al_2O_3-SiO_2 и MgO-Cr_2O_3 // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2008. № 11-12. С. 149–154.
6. Fotoyi N. Z., Eric R. H. Interaction of MgO – MgR_2O_4 (R: Al, Cr, Fe) with SO_2-containing gasess : dig. of art. Southern African Pyrometallurgy 2011 – International Conference / SAIMM. Johannesburg, 2011. P. 373–388.
7. Lange M., Garbers-Craig A. M., Cromarty R. Wear of magnesia-chrome refractory bricks as a function of matte temperature // The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2014. V. 114. № 4. P. 341–346.
8. Gregurek D., Spanring A., Breyner S., Ressler A. High Performance Refractory Brands for the Nonferrous Metal Industry // RHI Bulletin. 2012. № 2. P. 50–54.
9. Дигонский С. В. Газофазные процессы синтеза и спекания тугоплавких веществ. М. : ГЕОС, 2013. 462 с.
10. Садыков Р. А., Чайковский В. Г. Измерение температур и падающих потоков в топке котла ТГ-104 Сургутской ГРЭС-1 // Вестник машиностроения. 2016. № 2. С. 36–38.

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 st., 51
Lavirko Yuri Vasilyevich
candidate of technical sciences, associate professor
Email: lav.yu55@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Development of new types of aluminosilicate refractors with improved radiative ability

Abstract

Problem statement. In the production of building ceramic materials by firing method, fireclay refractories are used for lining the internal space of furnaces. The heat exchange in the furnaces of the kilns takes place due to the emission of lining on the material being calcined. Bricking is heated by the input heat from the flare of burning fuel natural gas. The warming up of the lining is used due to electric heating elements. But such heating costs much more. To increase the efficiency of the fuel gas used, it is necessary that the integral emissivity of the lining material be as high as possible.

Results. The emissivity of fireclay is not high and depends on the formulation of the refractory. In addition, fireclay has a relatively low temperature range of application. High emissivity refractory materials – chromo-magnesite refractories are very expensive. This article presents the results of the development of new refractory formulations, which are compiled on a technological basis using the properties of the phases of mullite and cristobalite.

It has been revealed that at certain ratios of the phases of mullite, cristobalite and the addition of a carbon-containing substance to the formulation of aluminosilicate acidic and semi-acid refractories, enhanced emissivity and temperature resistance are provided.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is that at certain ratios of the phases of mullite and cristobalite, and the addition of a carbonaceous substance to the formulation of aluminosilicate acidic and semi-acid refractories, provides increased emissivity and temperature resistance. Shungite of Zazhoginsk Deposit of the Republic of Karelia was used as an additional carbon-containing substance to obtain a refractory with a guaranteed value of high emissivity. To increase the emissivity mullitecorundum basic refractory most effective use of chromite mined pit method in Burakovsk-Aganozersk (Republic of Karelia), Imandro-Varguzsky (Murmansk region), Ray-Izsc, Syumkeusk and Voykar-Synyinsky (Yamalo-Nenetsk Autonomous area) fields.

Keywords: refractory, aluminosilicate, fireclay, cristobalite, mullite, corundum, carbon, phase, temperature resistance, emissivity, silicon carbide, chromite.

References

1. Tyulkin D. S., Pletnev P. M. Characteristics of domestic raw materials for the production of heat-resistant high-temperature corundum-refractory refractories : Resources and resource-saving technologies in materials science – Proceedings of the International Conference «STROYSIB-2016» / NGAU. Novosibirsk, 2016. P. 204–209.
2. Tyulkin D. S., Pletnev P. M. Physical and chemical principles for the production of refractory materials for the production of technical ceramics // Vestnik SGUPS. 2016. № 1. P. 21–27.
3. Pletnev P. M., Pogrebenkov V. M., Vereshchagin V. I., Tyulkin D. S. Mullite corundum materials based on mullite ligaments resistant to high-temperature deformations // Novyye ogneupory. 2017. № 11. P. 36–44.
4. Gavrik G. G. XVI International conference of refractories and metallurgists (April 19-20, 2018) // Novye ogneupory. 2018. № 6. P. 61–70.
5. Taimarov M. A. Investigation of the emissivity of chemical compositions of refractory formulations belonging to the Al_2O_3-SiO_2 and MgO-Cr_2O_3 systems // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy energetiki. 2008. № 11-12. P. 149–154.
6. Fotoyi N. Z., Eric R. H. Interaction of MgO – MgR_2O_4 (R: Al, Cr, Fe) with SO_2-containing gasess : Southern African Pyrometallurgy 2011 International Conference / SAIMM. Johannesburg, 2011. P. 373–388.
7. Lange M., Garbers-Craig A. M., Cromarty R. Wear of magnesia-chrome refractory bricks as a function of matte temperature // The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2014. V. 114. № 4. P. 341–346.
8. Gregurek D., Spanring A., Breyner S., Ressler A. High Performance Refractory Brands for the Nonferrous Metal Industry // RHI Bulletin. 2012. № 2. P. 50–54.
9. Digonsky S. V. Gas phase processes of synthesis and sintering of refractory substances. M. : GEOS, 2013. 462 p.
10. Sadykov R. A., Chaykovskii V. G. The measurement of temperatures and falling flow in the boiler furnace TG-104 Surgutskaya GRES-1 // Vestnik mashinostroyeniya. 2016. № 2. P. 36–38.

УДК 691.175
Туйсина Екатерина Булатовна
аспирант
E-mail: katerina.tuysina@yandex.ru
Сулейманов Альфред Мидхатович
доктор технических наук, профессор
E-mail: sulejmanov@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Моделирование работы полимерных композиционных материалов в напряженно-деформированном состоянии под воздействием агрессивных сред. Часть 2. Метод прогнозирования долговечности полимерной композитной арматуры

Аннотация

Постановка задачи. Для инженерного расчёта конструкций из полимерных композиционных материалов необходима информация о длительном сопротивлении материала с учетом условий эксплуатации. Для оперативного получения этой информации необходимы ускоренные методы испытаний, позволяющие в короткие сроки определять необходимые параметры, входящие в расчетные формулы.

Целью исследования является разработка метода ускоренного определения долговечности полимерной композитной арматуры в цементных бетонах.

Результаты. Разработан экспериментальный метод и математическая формулировка прогнозирования долговечности полимерной композитной арматуры. Предлагаемый метод учитывает одновременное воздействие таких эксплуатационных факторов, как механические нагрузки, температура и химически активная среда.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в развитии методологии прогнозирования долговечности полимерных композиционных материалов в заданных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: полимерная композитная арматура, моделирование условий, старение, разрушение, длительная прочность, долговечность, прогнозирование.

Введение

Применение полимерных композиционных материалов в строительстве связано с решением ряда научно-технических проблем, связанных с обеспечением гарантированного срока службы конструкций, в который предполагается их применение. В случае полимерной композитной арматуры (ПКА) необходимо обеспечить гарантированный уровень основных служебных характеристик в условиях работы в бетоне. Согласно ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия» для определения щелочестойкости арматуры необходимо провести ускоренные испытания и определить остаточную прочность материала. Эти испытания проводятся при температуре 60^0С в ненапряженном состоянии образцов. Поскольку старение ПКМ в условиях эксплуатации является комплексным процессом, в испытаниях также необходимо учитывать не только наличие напряженно-деформированного состояния (НДС), но и синергетическое влияние действующих факторов: агрессивная среда, повышенные температуры, механические нагрузки, циклы «тепло-холод» и др., – по карте эксплуатации конструкции.

Влияние механической нагрузки на длительную прочность ПКМ при воздействии жидких сред

Особенно важно учитывать наличие механической нагрузки при испытании в жидкой агрессивной среде [1, 2]. Для ПКА учет одновременного воздействия НДС и щелочной среды необходимо, поскольку рабочая арматура в бетонных конструкциях воспринимает растягивающие усилия. Влияние растягивающей нагрузки на образцы полимерных композиционных материалов (ПКМ) при экспонировании в жидкой среде

было рассмотрено в одной из работ [3]. При длительном напряжении 25 % от предельной прочности материала, за счет увеличения свободного объема, происходит увеличение коэффициента диффузии и возрастает предельное влагонасыщение. При проникновении влаги в ПКМ происходит ослабление связей на границе волокно-связующее, появляются микротрещины [4-7], что приводит к снижению прочности.

В работе [8] было показано, что важным фактором является и уровень действующей нагрузки. При нагрузке более 80 % от предельной прочности время до разрушения образца зависит исключительно от величины действующей нагрузки. При усилии менее 60 % от предельной прочности, длительная прочность обусловлена замедляющимся во времени процессом накопления повреждений, который дополнительно накладывается на повреждения от внешних агрессивных факторов. Диапазон нагрузок 60-80 % является переходным.

Разработка метода прогнозирования длительной прочности ПКА

В отличие от стандартизированного метода определения щелочестойкости ПКА по ГОСТ 31938-2012, в данной работе испытания проводились при различных уровнях длительной статической нагрузки и без нее. Нагрузка прикладывалась методом продольного изгиба [9-15]. Метод и разработанный стенд для проведения длительных испытаний, подробно описаны в части 1 настоящей статьи. В качестве фактора, закономерно ускоряющего старение материала, также была использована температура. Всего было проведено два типа испытаний:

1 тип: образцы выдерживались в растворе щелочи (состав по ГОСТ 31938-2012) при различных температурах 20^0С, 40^0С, 50^0С, 60^0С, без НДС.

2 тип: образцы выдерживались в растворе щелочи (состав по ГОСТ 31938-2012) при температуре 50^0С, испытания проводились в НДС при трех уровнях деформаций, эквивалентных 0,2, 0,4, 0,6 от прочности ПКА при продольном изгибе (далее R).

Были получены зависимости изменения остаточной прочности на разных стадиях экспонирования образцов в ненапряженном (рис. 1) и напряженном (рис. 2) состояниях.

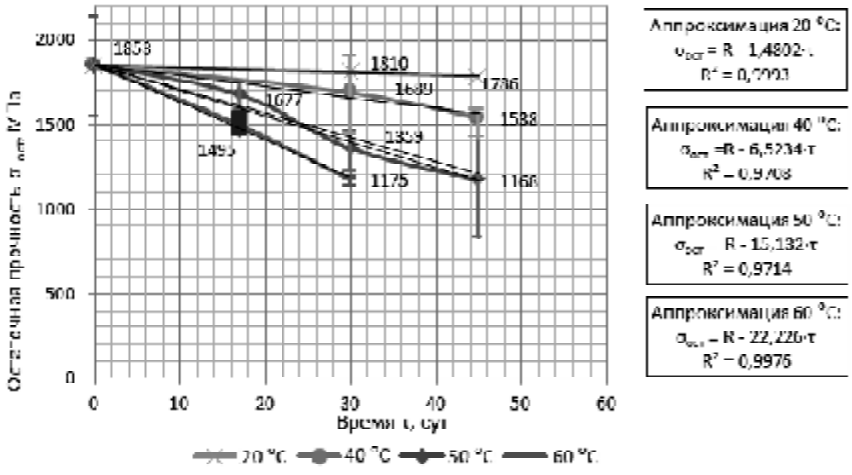


Рис. 1. Результаты эксперимента по 1 типу
(условия: различные уровни температуры и раствор щелочи)
с аппроксимацией линейными функциями (иллюстрация авторов)

Для всех испытаний закономерность изменения прочности с высоким уровнем корреляции описывается линейными функциями. Следовательно, во временном интервале, соответствующем времени проведения ускоренных испытаний, остаточная прочность может определяться функцией вида:

$$\sigma_{ост}=R–K_{дл}\cdot K_T\cdot\tau, \quad (1)$$

где R – исходная прочность материала, МПа;

$K_{дл}=f(m_{дл})$ – некоторая функция от уровня длительной нагрузки $m_{дл}$, определяющая влияние заданного НДС изменение исходной прочности материала;

$m_{дл}$ – уровень длительной нагрузки в долях от исходной прочности;
$K_T=g(T)$ – некоторая функция от температуры экспонирования Т, определяющая влияние температуры на изменение исходной прочности материала;
T – температура экспонирования образцов, °С;
τ – время экспонирования образцов.

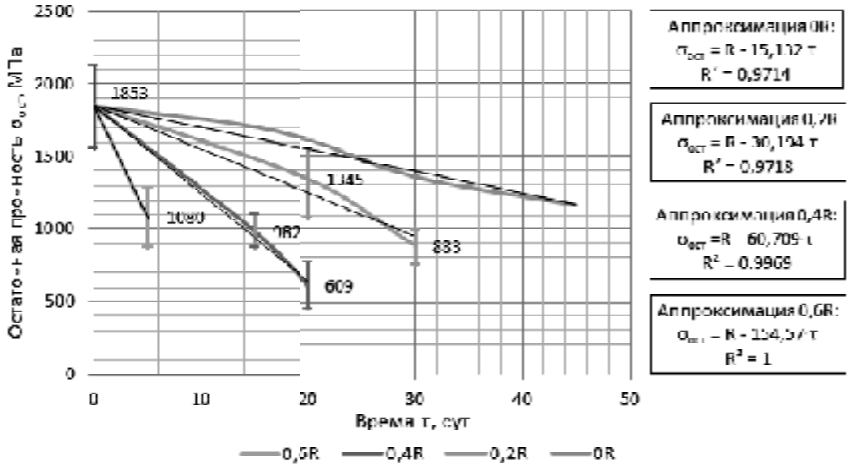
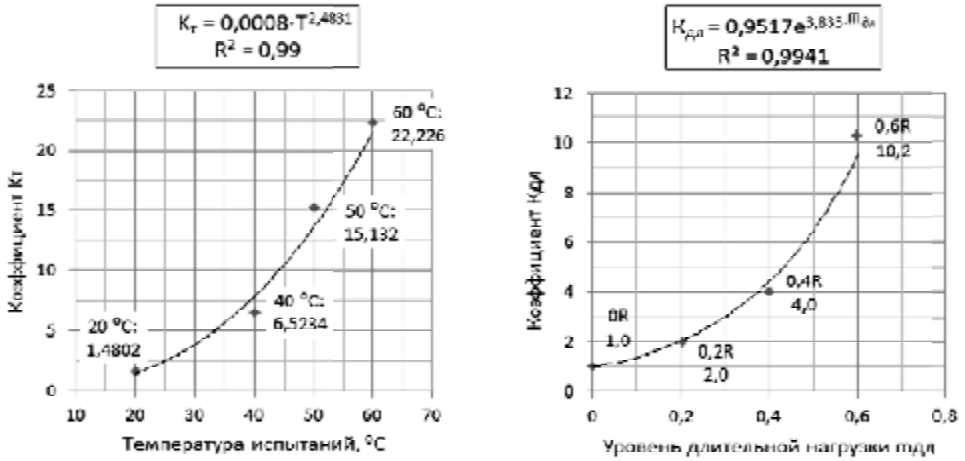


Рис. 2. Результаты эксперимента по 2 типу
(условия: различные уровни механической нагрузки, температура 50^{0}С, раствор щелочи)
с аппроксимацией линейными функциями (иллюстрация авторов)

Таким образом, задача определения закона изменения остаточной прочности сводится к определению функций $K_{дл}$ и K_T. Примем, что при уровне длительной нагрузки $m_{дл}$=0, функция $K_{дл}$=1. Тогда для определения функции K_T рассмотрим ее значения, полученные при испытании по типу 1:

K_T (T=20^{0}С)=1,4802; K_T (T=50^{0}С)=15,132;
K_T (T=40^{0}С)=6,5234; K_T (T=60^{0}С)=22,226.

Аппроксимируя полученные экспериментальные значения K_T определим функцию общего вида для испытываемого материала (рис. 3а) в интервале температур, при которых проводились исследования. Область определения может быть расширена без дополнительных исследований только в случае, если есть соответствующие обоснования.



а) б)

Рис. 3. а) Определение функции K_T; б) Определение функции $K_{дл}$.
Точками обозначены значения коэффициентов,
полученные при аппроксимации экспериментальных значений прочности (иллюстрация авторов)

Для испытания по 1 типу, проводимом при температуре T=50^{0}C, коэффициент K_T=15,132. Тогда по значениям ($K_{дл}$·K_T), полученным при аппроксимации данных испытаний по 2 типу, для различных уровней нагрузки найдем:

$$K_{дл}(m_{дл})=(K_{дл}\cdot K_T)/K_T(T=50^0\text{C});$$

$K_{дл}(m_{дл}=0)=1$; $K_{дл}(m_{дл}=0{,}4)=4{,}01$;

$K_{дл}(m_{дл}=0{,}2)=2$; $K_{дл}(m_{дл}=0{,}6)=10{,}02$.

Используя тот же подход, что и при определении функции для коэффициента K_T, проводится аппроксимация эмпирических значений коэффициента $K_{дл}(m_{дл})$ (рис. 3б).

Таким образом, прогнозирование остаточной прочности образцов ПКА, испытания, которые проводятся в условиях воздействия щелочной среды при температурах от 20^{0}C до 60^{0}C при нагрузках от 0 до 0,6R, можно проводить по формуле (1), где:

$K_T=0{,}0008\cdot T^{2{,}4831}$; $K_{дл}=0{,}9517\cdot e^{3{,}835\cdot m_{дл}}$.

Следует отметить, что для относительно небольшого интервала можно считать коэффициенты K_T и $K_{дл}$ функциями одной переменной: температуры или уровня длительной нагрузки соответственно. Однако возможность применения описанного подхода для временного интервала, в котором закон изменения остаточной прочности для разных типов или условий испытаний происходит по разным законам и отличается от линейного, следует определять индивидуально.

Оценка погрешности значений длительной прочности

Закон изменения остаточной прочности для всех условий в двух сериях испытаний, спрогнозированный по описанному алгоритму, в интервале, соответствующем времени проведения эксперимента, дает результаты с погрешностью не более 10 %, что соизмеримо с разбросом экспериментальных данных. Сравнение кривых прогноза и эксперимента приведено на рис. 4-5 для 1 и 2 типов испытаний, соответственно.

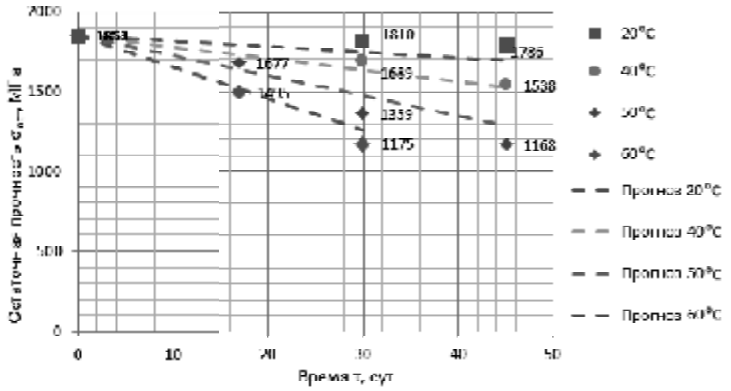


Рис. 4. Кривые прогноза и средние значения данных по испытаниям 1 типа типу (условия: различные уровни температуры и раствор щелочи) (иллюстрация авторов)

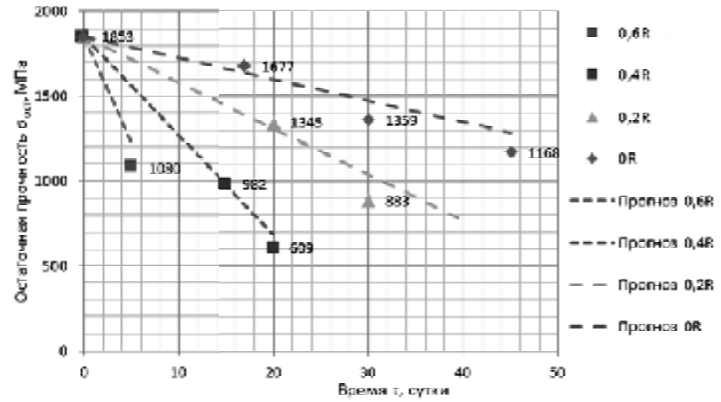


Рис. 5. Кривые прогноза и средние значения данных по испытаниям 2 типа (условия: различные уровни механической нагрузки, температура 50^{0}C, раствор щелочи) (иллюстрация авторов)

Перспективы применения предлагаемого метода оценки долговечности

В случае, когда разрушение образца происходи в процессе экспонирования, действующее напряжение в образце равно его остаточной прочности. Следовательно, образец, экспонируемый при $m_{дл}$ R в момент разрушения будет иметь $\sigma_{ост}$=$m_{дл}$ R. Основываясь на этом из уравнения (1) определим долговечность образца при заданных условиях:

$$\tau^* = \frac{R \cdot (1 - m_{дл})}{K_{дл} \cdot K_T}. \quad (2)$$

По этому соотношению можно определить время до разрушения образца для различного уровня длительных напряжений и разных температур, не вошедших в экспериментальную программу (рис. 6).

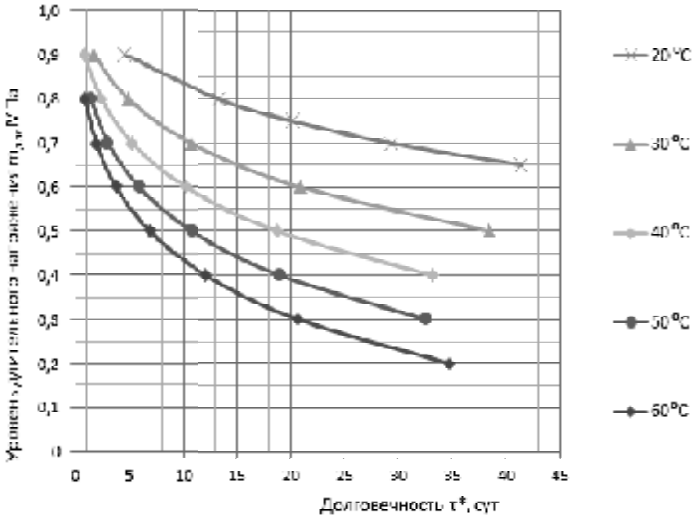


Рис. 6. Прогнозирование результатов эксперимента
(условия: различные уровни механической нагрузки и температуры, раствор щелочи)
(иллюстрация авторов)

Эти данные удобно использовать для планирования испытаний по другим типам: она позволят заранее определить прогнозируемую долговечность, таким образом, исследователь может на основании этого планировать длительность эксперимента и интервал времени для отслеживания кинетики изменения показателей старения.

Данные, найденные по формуле (2) и находящиеся во временном интервале, соответствующем времени проведения испытаний по типу 1 и 2 также могут быть использованы для прогнозирования по методу температурно-временной аналогии и напряженно-временной аналогии. Применительно к материалам, по составу и типу аналогичным ПКА, этот метод достаточно подробно описан Уржумцевым Ю.С. [16]. Результаты длительного контрольного эксперимента для сопоставления с результатами прогноза по методу аналогий по аналитически определенным кривым для различных температур и уровней напряжения находятся в стадии экспериментального освоения и в данной статье не затронуты.

Заключение

Описанный подход проведения ускоренных испытаний и метод обработки экспериментальных данных могут быть применены для оценки влияния НДС на прочностные характеристики ПКА при экспонировании в жидкой агрессивной среде. Преимущество такого подхода в том, что значительно сокращается количество типов испытаний, как следствие уменьшается количество образцов, требуется меньше времени и оборудования для получения необходимых данных о материале. Последующая обработка данных позволит спланировать новые испытания или сделать прогноз при помощи метода аналогий, т.е. позволит определить уровень допустимой длительной нагрузки для заданного срока службы конструкции.

Список библиографических ссылок

1. Helbling C., Karbhari V.M. Durability Assesment of Combined Environmental Eposure and Bending: Proc. of 7th Int. Symp. on Fiber Reinforced Polym. Reinf. For Reinf. Concrete Structures / New Orlean, Loisiana, USA. 2005. Nov., 7010. P. 1397–1418.
2. Roylance D., Roylance M. Weathering of Faber-Reinforced Epoxy Composites // Polym. Eng. and Sci. 1978. v. 18. № 4. P. 249–254.
3. Kim R. H., Broutman L. J. Effect of Moisture and Stress on the Degradation of Graphite Fiber Reinforced Epoxies: Deform. Yield and Fract. Polym., 4th Int. Conf. / Cambridge. London, 1979. P. 231–235.
4. Ефимов В. А., Кириллов В. Н., Добрянская О. А., Николаев Е. В., Шведкова А. К., Коренькова Т. Г., Деев И. С. К вопросу о методике проведения натурных климатических испытаний полимерных композиционных материалов : сб. докладов восьмой научной конференции по гидроавиации «Гидроавиасалон-2010» / ВИАМ. Москва, 2010. С. 102–106.
5. Анискевич К. К., Курземниекс А. Х., Янсон Ю. О. Исследование влияния длительного воздействия температуры и влаги на упругие свойства и структуру органопластика // Механика композиционных материалов. 1985. № 4. С. 620–623.
6. Reynolds T. G. Accelarated Tests of Enviromental Degradation in Composite Materials: M.S. Thesis / University of Bristol. Bristol, UK. 1998. 177 p.
7. Вапиров Ю. М., Кривонос В. В., Старцев О. В. Интерпретация аномального изменении свойств углепластика КМУ-1у при старении в разных климатических зонах // Механика композиционных материалов. 1994. Т. 30. № 2. С. 266–273.
8. Булманис В. Н., Ярцев В. А., Кривонос В. В. Работоспособность конструкций из полимерных композитов при воздействии статических нагрузок и климатических факторов // Механика композиционных материалов. 1987. № 5. С. 915–920.
9. Арнаутов А. К., Тарнопольский Ю. М. Продольный изгиб как метод определения изгибной прочности композитных материалов // Механика композитных материалов. 2004. Т. 40. № 1. С. 25–42.
10. Савин В. Ф., Блазнов А. Н. Метод определения долговременной прочности стеклопластиковой арматуры // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях: Межвузовский сборник. 2001. С. 214–219.
11. Савин В. Ф., Волков Ю. П., Луговой А. Н., Блазнов А. Н., Хе А. И. Продольный изгиб как средство контроля механических характеристик композиционных конструкционных материалов // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях: Межвузовский сборник. 2002. С. 167–172.
12. Киселев Н. М., Савин В. Ф., Блазнов А. Н. Усталостная прочность стержней из композиционных материалов при продольном изгибе и растяжении: доклады VII Всероссийской научно-практической конференции 21-23 мая 2008 г. «Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья» / БТИ АлтГТУ. Бийск, 2008. С. 137–142.
13. Блазнов А. Н., Волков Ю. П., Луговой А. Н., Савин В. Ф., Хе А. И. Исследование деформации стеклопластиковых стержней при продольном изгибе // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях: Межвузовский сборник. 2003. С. 180–185.
14. Петров М. Г. Анализ прочности и долговечности однонаправленного стеклопластика с позиций кинетической концепции разрушения // Механика композиционных материалов и конструкций. 2003. Т. 9. № 3. С. 376–397.
15. Волков Ю. П., Луговой А. Н., Савин В. Ф., Хе А. И., Блазнов А. Н. Метод определения механических характеристик стержней по результатам испытаний на продольный изгиб // Заводская лаборатория. 2004. Т. 70. № 9. С. 266–268.
16. Уржумцев Ю. С. Прогнозирование длительного сопротивления полимерных материалов. М. : Наука, 1982. 222 с.

Tuisina Ekaterina Bulatovna
post-graduate student
E-mail: katerina.tuysina@yandex.ru
Suleimanov Alfred Midhatovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: sulejmanov@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Simulation of polymer composite materials in the stress-strain state under the influence of aggressive media. Part 2. Method for predicting the durability of fiber reinforced polymer

Abstract

Problem statement. For the structural calculations of constructions with fiber reinforced plastic materials (FRP), you need to know the long-term resistance in application conditions of the FRP. For quick information on durability FRP accelerated test methods are needed. These methods give you all needed information about material for the short time.

The aim of the research is to develop a method for the accelerated determination of the durability of FRP bars for reinforcement of concrete.

Results. A test method for the long-term strength and a mathematical formulation of predicting the durability of FRP bars have been developed. The proposed method takes into account the simultaneous effects of operational factors such as mechanical loads, temperature, and a chemically active medium.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in the development of a methodology for predicting the durability of polymer composite materials.

Keywords: polymer composite reinforcement, modeling of conditions, aging, destruction, long-term strength, durability, prediction, corrosion environment.

References

1. Helbling C., Karbhari V. M. Durability Assesment of Combined Environmental Eposure and Bending: Proc. of 7th Int. Symp. on Fiber Reinforced Polym. Reinf. For Reinf. Concrete Structures / New Orlean, Loisiana, USA. 2005. Nov., 7010. P. 1397–1418.
2. Roylance D., Roylance M. Weathering of Faber-Reinforced Epoxy Composites // Polym. Eng. and Sci. 1978. V.18, № 4. P. 249–254.
3. Kim R. H., Broutman L. J. Effect of Moisture and Stress on the Degradation of Graphite Fiber Reinforced Epoxies: Deform. Yield and Fract. Polym., 4th Int. Conf. / Cambridge. London, 1979. P. 231–235.
4. Efimov V. A., Kirillov V. N., Dobryanskaya O. A., Nikolaev E. V., Shvedkova A. K., Korenkova T. G., Deev I. S. On the issue of the method of conducting full-scale climatic tests of polymer composite materials: dig. of art of the eighth scientific conference on hydroaviation «Gidroaviasalon-2010» / VIAM. Moscow, 2010. P. 102–106.
5. Aniskevich K. K., Kurzemnieks A. Kh., Yanson Yu. O. Study of the effect of prolonged exposure to temperature and moisture on the elastic properties and structure of organoplastic // Mechanics of composite materials. 1985. № 4. P. 620–623.
6. Reynolds T. G. Accelarated Tests of Enviromental Degradation in Composite Materials: M.S. Thesis / University of Bristol. Bristol, UK. 1998. 177 p.
7. Vapirov Yu. M., Krivonos V. V., Startsev O. V. Interpretation of the anomalous change in the properties of carbon fiber CMU-1u during aging in different climatic zones // Mekhanika kompozitsionnykh materialov. 1994. t. 30, № 2. P. 266–273.

8. Bulmanis V. N., Yartsev V. A., Krivonos V. V. Efficiency of structures made of polymer composites under the influence of static loads and climatic factors // Mekhanika kompozitsionnykh materialov. 1987. № 5. P. 915–920.
9. Arnautov A. K., Tarnopolsky Yu. M. Longitudinal bending as a method for determining the bending strength of composite materials // Mekhanika kompozitsionnykh materialov. 2004. V. 40. № 1. P. 25–42.
10. Savin V. F., Blaznov A. N. Method for determining the long-term strength of fiberglass reinforcement // Izmereniya, avtomatizatsiya i modelirovaniye v promyshlennosti i nauchnykh issledovaniyakh: Interuniversity collection. 2001. P. 214–219.
11. Savin V. F., Volkov Yu. P., Lugovoy A. N., Blaznov A. N., Heh A. I. Longitudinal bending as a means of controlling the mechanical characteristics of composite structural materials // Izmereniya, avtomatizatsiya i modelirovaniye v promyshlennosti i nauchnykh issledovaniyakh: Interuniversity Collection. 2002. P. 167–172.
12. Kiselev N. M., Savin V. F., Blaznov A. N. Fatigue strength of rods made of composite materials under longitudinal bending and stretching: reports of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference on May 21-23, 2008 «Technique and Technology of Production of Thermal Insulating Materials from Mineral Raw Materials» / BTI AltGTU. Biysk, 2008. P. 137–142.
13. Blaznov A. N., Volkov Yu. P., Lugovoy A. N., Savin V. F., Heh A. I. Investigation of the deformation of fiberglass rods at buckling // Izmereniya, avtomatizatsiya i modelirovaniye v promyshlennosti i nauchnykh issledovaniyakh: Interuniversity collection. 2003. P. 180–185.
14. Petrov M. G. Analysis of strength and durability of unidirectional fiberglass from the standpoint of the kinetic concept of fracture // Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsiy. 2003. Vol. 9. № 3. P. 376–397.
15. Volkov Yu. P., Lugovoy A. N., Savin V. F., Heh A. I., Blaznov A. N. Method for determining the mechanical characteristics of rods according to the results of longitudinal bending tests. // Заводская лаборатория. 2004. Т. 70. № 9. P. 266–268.
16. Urzhumtsev Yu. S. Prediction of long-term resistance of polymeric materials. M. : Nauka, 1982. 222 p.

УДК 72.03
Чутаев Булат Рустэмович
аспирант
E-mail: ch-001@mail.ru
Низамов Рашит Курбангалиевич
доктор техничсеких наук, профессор
E-mail: Nizamov@kgasu.ru
Абдрахманова Ляйля Абдулловна
доктор техничсеких наук, профессор
E-mail: laa@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Модификация поливинилхлоридных композиций органосиликатами

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить эффективные органосиликаты различной химической природы для технологических и эксплуатационных свойств поливинилхлоридных композиций. Специфика поливинилхлорида, характеризующегося высокой вязкостью расплава и низкой термостабильностью, предопределяет трудности его совмещения с органосиликатами, поэтому выбор наиболее эффективных из них является одной из актуальных задач.

Результаты. Рассмотрена эффективность применения в качестве наполнителей поливинилхлоридных композиций основных промышленных выпускаемых органосисликатов Cloisite с использованием производных четвертичных аммониевых солей, различающихся длиной и природой алкильных цепей и других функциональных групп. В ходе исследований удалось установить, что, если в качестве наноразмерной добавки использовать органическуюглину Cloisite 30B в концентрации 0,6 м.ч. для поливинилхлоридных композиций, можно увидеть, что прочность данного материала повышается на 23 %, при этом показатель текучести расплавов увеличивается в 1,5 раза.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что в ходе данной работы выявлено, что наибольшей эффективностью по комплексу положительного влияния на свойства поливинилхлорида оказывает природный монтмориллонит, модифицированный четвертичной солью аммония Cloisite 30B, содержащий, наряду с негидрированными остатками, талловое масло. Предложены возможные механизмы стабилизации и упрочнения, являющиеся результатом химических превращений функциональных групп таллового масла в матрице поливинилхлоридных композиций.

Ключевые слова: поливинилхлорид, органосиликат, полимерный нанокомпозит.

Введение

В сферах экономики получили широкое распространение композиционные материалы (КМ). Очень часто композиты состоят из нескольких фаз, но иногда всего из двух. В разделении фаз, как правило, можно наблюдать чёткое разделение границ. Когда фазы начинают взаимодействовать друг с другом появляется или изменяется часть свойств. Нанокомпозиты (НК) – относительно новый класс в строительстве среди КМ. У полимерных нанокомпозиционных материалов (ПНКМ) есть существенное преимущество, в сравнении с другими материалами. Это – повышение эксплуатационных свойств. Таким образом, ПНКМ обладают более высокими показателями тепло- и термостойкости. Изделия из ПНКМ обладают стабильностью размеров и при использовании они оказываются механически намного прочнее иных материалов. ПНКМ в сравнении с другими полимерами намного устойчивее к всевозможным агрессивным средам. Также, они обладают повышенным модулем упругости и трещиностойкостью. Есть несколько разных вариантов нанокомпозитных разработок. Академик С. Алдошин считал, что работы, которые проводятся в области полимерных наноматериалов – это в основном различные модификации ПНКМ за счёт введения наночастиц [1]. В

формировании полноценного нанокомпозиционного материала в настоящее время существует важная проблема, т.к. интегрировать микроколичество наноразмерных частиц (НРЧ) однородно в обрабатываемый полимер – почти невозможно. Это необходимо сделать ещё на этапе приготовления, что затрудняет дальнейшую работу с материалом.

Термопластичными матрицами в ПНКМ служат различные смеси из полиэтилена, полипропилена, полистирола, поливинилхлорида, а также все эти компоненты отдельно. Чаще всего в мире используют три основных вида полимеров: поливинилхлорид (ПВХ), полипропилен (ПП) и полиэтилен (ПЭ).

В огромном количестве работ упор делается на разработку ПНКМ, где показатели лучше, чем в случае с полиолефинами на основе поливинилхлорида. Существуют две основные проблемы, с которыми можно столкнуться в процессе переработки:

- энергетическое воздействие при переработке ПВХ – процесс нестабильный. Любое термамеханическое воздействие на материал может привести к структурированию, деструкции и дегидрохлорированию;
- внутри матрицы поливинилхлорида высокая связь сплавов может заметно осложнить равномерное эмульгирование НРЧ.

Очень сложно выработать способ, при котором наноразмерные частицы смогут быть интегрированы в полимерную матрицу, поэтому на данный момент таких доступных и простых методов не существует. Агрегаты, в виде которых частицы существуют в полимерной матрице, негативно влияют на свойства, необходимые для использования полимерного материала.

Качественные эксплуатационные свойства материалов – это очень важный фактор, к которому стремятся разработчики строительных ПНКМ, синтезированных на основе ПВХ. Наиболее важны: долговечность, при условии, что она не зависит от природы НРЧ, уменьшение вязкости расплавов, увеличение термостабильности композиции. Также необходимо обеспечить индивидуальный подход в процессе разработки путей введения наночастиц в матрицу ПВХ.

Анализ исследований наполнения полимеров органосиликатами

Слоистые силикаты [2-6] – одни из наиболее широко используемых нанонаполнителей. Это слоистые природные неорганические структуры: монтмориллонит (ММТ) [7], гекторит [8], вермикулит [9], каолин, сапонин [10]. Основой применяемых слоистых силикатов являются пластинки толщиной ~1 нм и длиной 50-1500 нм [11-12].

При введении слоистых силикатов в полимер улучшаются его механические характеристики, стабильность размеров, увеличиваются теплостойкость и огнестойкость. Частицы глины способствуют кристаллизации полимера и увеличивают барьерные свойства, затрудняя диффузию различных газов.

Авторы [13] предлагают деление полимерных композиционных материалов слоистых силикатов на три типа. Опорой для разделения становятся условия синтеза, способ и природное происхождение компонентов.

Первым типом становится традиционный микрокомпозит.

Частицы этого материала остаются в исходном размере, что составляет несколько микрометров. При таком типе полимерных композиционных материалов, полимер не просачивается между слоями силиката.

Вторым типом является интеркалированная структура материала.

Данный вариант возникает, когда полимер просачивается между слоями силиката. В результате укрупняется межслоевое пространство, но сама структура, где слои упорядочены – сохраняется.

Третий тип – это эксфолиированный нанокомпозит.

В случае с ним, на отдельные слои расходится сам силикат. Примерная толщина каждого слоя равна одному нанометру. В полимерной матрице проходит эмульгация слоёв.

Для повышения показателей смешиваемости с полимерной матрицей глины, представляющей собой слоистые силикаты, и улучшения диспергирования проходит предварительная модификация, как и в случае с УНТ [14]. Обработка поверхности позволяет снизить полярность глины и придать органическим соединениям сродство. Для создания данного эффекта необходимо провести замещение неорганических катионов

органическими (ионы алкиламмония). Такая обработка позволяет глине легко расслаиваться на отдельные пластины, т.к. возникают сдвиговые напряжения при смешении в расплаве полимера или при химических реакциях полимеризации исходного мономера.

Получить ПНКМ с использованием слоистых силикатов возможно также с помощью решения задач равномерного распределения в НРЧ-полимерной матрице. Они являются постоянными при работе со структурами такого рода [15-17]:

- процесс синтеза полимера – in-situ метод [15]. Этот метод позволяет интеркалировать мономер в межслоевое пространство слоистого силиката. Получается, что полимер возникает между силикатными слоями. Такие процессы как нагревание, диффузия органического инициатора, излучение вызывают полимеризацию в межслойном промежутке глины катализатором;

- смешение в растворе [16]. Силикат может набухнуть. К этому процессу приводят некоторые растворители, способные воздействовать на полимеры. Интеркалирование полимера из раствора – это процесс, состоящий из двух фаз, где изначально полимер замещает предварительно интеркалированный растворитель;

- смешение в расплаве [17]. Полимерная матрица в расплаве смешивается со слоистым силикатом. Очень важно, чтобы поверхность слоистого силиката в это время была абсолютно совместима с выбранным полимером. В таком случае полимер способен просочиться в межслойное пространство, в котором появляется возможность образовывать нанокомпозит с эксфолиированной или интеркалированной структурой. Данный метод обладает следующими преимуществами:

- экологическая чистота, вследствие отсутствия органического растворителя;

- возможность применения на промышленном оборудовании (экструзия и литье под давлением);

- полимеры, которые было бы невозможно использовать в методах полимеризационного наполнения, метод смешения в расплаве позволяет перерабатывать.

Сейчас среди термопластов одним из самых многотоннажных является поливинилхлорид. ПВХ имеет огромное количество возможностей переработки по сравнению с другими термопластами. Из ПВХ производят широкую номенклатуру различных изделий [18-19]. ПВХ используют в строительстве, медицине, технике и сельском хозяйстве. 46 % используемых в мире полимеров – ПВХ, но ввиду высокой вязкости расплава и низкой термостабильности, он является одним из наиболее проблемных для переработки полимеров. Поэтому, модификация ПВХ, в том числе нанонаполнителями, остается одной из актуальных задач отрасли.

Материалы и методы исследований

Основные компоненты полимерной композиции используемых в экспериментальных исследованиях:

Стабилизаторы ПВХ:

- Двухосновной стеарат свинца (ДОСС) AKSTAB Pb BLS 51 (CAS 56189-09-4);
- теарат кальция (ТУ 6-09-4104-87).

Поливинилхлорид суспензионный марки SG-5.

Пластификатор ПВХ – ди-(2этилгексил)-фталат (ДОФ) (ГОСТ 8728-88).

Модификатор ударной прочности акриловый FM-50.

Таблица 1

Рецептуры жестких ПВХ-композиций

Компонент	Количество, м.ч.	
	Базовые композиции для пленочных образцов	Базовые композиции для экструдированных образцов
ПВХ	100	100
Стеарат кальция	3	-
ДОСС	-	5
FM-50	-	7
ДОФ	-	10
Модификатор	0÷1	0÷1

В табл. 1 указаны рецептуры жестких ПВХ-композиций, служившими базой исследования.

В качестве модификаторов ПВХ-композиций строительного назначения были отобраны наномодифицированные органоглины Cloisite 10, 15, 30.

Модификаторы Cloisite 10, 15, 30 представляют собой порошкообразные материалы на основе природного монтмориллонита, модифицированного четвертичными аммониевыми солями, сводные показатели которых представлены в табл. 2.

Перечень стандартных методов испытаний приведен в табл. 3.

Таблица 2

Сводные показатели модификаторов Cloisite 10, 15, 30

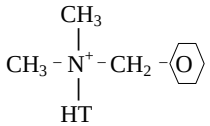
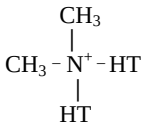
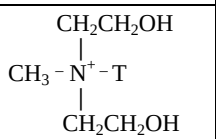
Наименование	Химическая формула	Размер частиц	Плотность/ Насыпная плотность	Концентрация модификатора	Потеря массы при прокаливании, %	W, %	Межслоевое расстояние
Cloisite 10 A		2-13 мкм	1,9 г/см^3 165,4 кг/м^3	125 мэкв /100 г глины	39	<2	1,92 нм
Cloisite 15 A		2-13 мкм	1,66 г/см^3 174,8 кг/м^3	125 мэкв /100 г глины	43	<2	3,15 нм
Cloisite 30 B		2-13 мкм	1,98 г/см^3 230,8 кг/м^3	90 мэкв /100 г глины	30	<2	1,85 нм

Таблица 3

Методы испытаний

ГОСТ	Названия ГОСТ и основные определяемые характеристики
14236-81	Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение.
4650-80	Пластмассы. Методы определения водопоглощения.
11645-73	Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов.
14041-91 (ИСО 182/1-90)	Пластмассы. Определение тенденции к выделению хлористого водорода и других кислотных продуктов при высокой температуре у композиций и продуктов на основе гомополимеров и сополимеров винилхлорида. Метод конго красный.

Модификаторы в необходимом количестве смешивались с ПВХ и другими компонентами в лабораторном смесителе в течение 1-2 минут при 500-700 об/мин, а в количестве до 1 масс.ч. – путем приготовления премикса.

Для приготовления плёночных образцов применялся метод термопластикации на лабораторных вальцах. Температура валков = 160-180°С в течение 5-6 минут. Толщина зазора между валками ~0,010-0,020 см.

Изготовление экструдированных образцов осуществлялось экструзией композиции в двухшнековом экструдере Lab Tech Scientific LTE 16-40.

Обеспечение гомогенного распределения модификатора в полимерной композиции проводилось приготовлением различных премиксов. Премиксы порошкообразных модификаторов (Cloisite 10, 15, 30) готовились путем высокоэнергитеского смешения на планетарной шаровой мельнице. Подробная рецептура приготовления премиксов указана в табл. 4. Были подготовлены премиксы различной концентрации для введения в композиции с итоговым содержанием модификатора от 0,01 до 0,07 м.ч. и от 0,1 до 0,4 м.ч. В случае с композициями, модифицированными порошкообразными добавками, использовались премиксы, приготовленные с помощью планетарной шаровой мельницы. Наименьшая концентрация модификатора в композициях, премикс для которых готовился в ПШМ, составляла 0,1 м.ч. Эмпирически был подобран оптимальный технологический режим смешения премиксов, позволяющий достичь наиболее равномерное распределение модификатора, согласно которому смешивание проводилось при скорости вращения 650 об/мин в течение 3 минут, с интервалом реверса вращения 1,5 минуты. Подготовленный премикс добавлялся в ПВХ-композицию в количестве, обеспечивающем необходимую концентрацию модификатора в итоговом образце.

Таблица 4

Приготовление премиксов на ПШМ

Премикс			Оптимальный режим работы планетарной шаровой мельницы	
Модификатор	ПВХ, м.ч	Модификатор, м.ч.	Характеристика	Значение
Cloisite 10	100	1	Интервал реверса	1,5 мин
Cloisite 15			Время перемешивания	3 мин
Cloisite 30			Скорость вращения	650 об/мин

Обсуждение результатов экспериментальных исследований технологических и эксплуатационных свойств, модифицированных ПВХ-композиций

Установлены оптимальные концентрации для каждого из них, а также были рассмотрены возможные механизмы взаимодействия с ПВХ. Из экспериментальных данных, представленных в виде зависимостей на рис. 1, следует, что введение модификатора, относящегося к разряду органоглин, приводит к некоторому повышению прочности при растяжении, во всем диапазоне концентраций 0÷1 м.ч. Наибольший прирост этого показателя, составивший 25 %, был выявлен при введении 0,6 м.ч. добавки Cloisite 30B, являющейся природным монтмориллонитом, модифицированным четвертичной солью аммония и содержащей гидроксиэтильные группы, наряду с негидрированными остатками таллового масла.

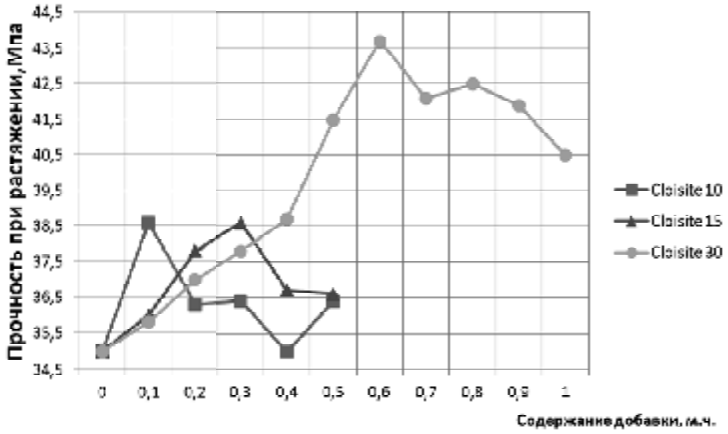


Рис. 1. Зависимость прочности при растяжении от содержания органоглин (иллюстрации авторов)

Получена зависимость ПТР от содержания органосиликатов в ПВХ-композиции, которая отражена на рис. 2. Видно, что модификация ПВХ-модификатором Cloisite 30B

ведет к увеличению ПТР во всем диапазоне исследуемых концентраций и достигает пика при содержании 0,9 м.ч. Cloisite 30B.

Модификаторы Cloisite 10A и 15A приводят к резкому падению показателя текучести уже при концентрациях 0,5 и 0,1 м.ч. соответственно.

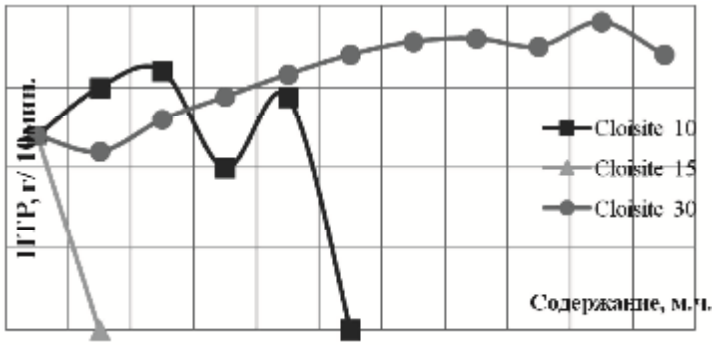


Рис. 2. Зависимость ПТР от содержания органоглин (иллюстрации авторов)

Аммониевые основания снижают термостабильность ПВХ, в случае модификации Cloisite 10A и 15A данный показатель снизился в 3 раза. Однако, термостабильность ПВХ-композиций, модифицированных Cloisite 30B, остается на одном уровне с исходным ПВХ. Можно предположить, что функциональные группы таллового масла, представляющего собой смесь ненасыщенных жирных кислот, могут вступать в химическое взаимодействие в матрице ПВХ.

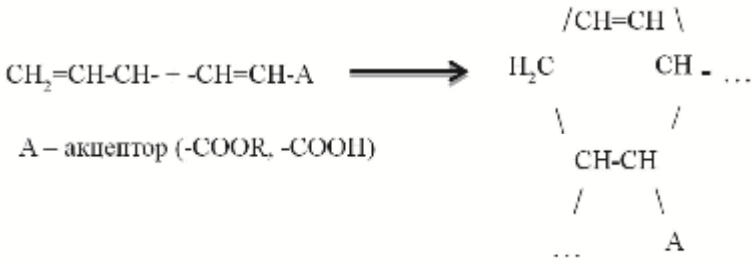
Одним из возможных механизмов реакции является взаимодействие остатков таллового масла с хлористым водородом, выделяющимся при термодеструкции ПВХ:

(1)

Помимо вышеописанной реакции, в системе ПВХ-органоглина возможно взаимодействие гидроксильной группы в гидроксиэтиловом радикале аммониевой соли с хлористым водородом:

(2)

Также возможно протекание реакции Дильса-Альдера:



(3)

Присутствие в Cloisite 30B негидрированных остатков таллового масла, представляющих собой смесь ненасыщенных жирных кислот, компенсирует снижение термостабильности ПВХ.

Заключение

В результате исследований удалось установить, что применение органоглины Cloisite 30B в качестве наноразмерной добавки концентрации 0,6 м.ч. в ПВХ-композициях прочность материала увеличивается на 23 %, текучесть расплавов возросла в полтора раза. Предложены возможные механизмы стабилизации и упрочнения, являющийся результатом химических превращений функциональных групп таллового масла в матрице ПВХ-композиции.

Список библиографических ссылок

1. Алдошин С. М., Бадамшина Э. Р., Каблов Е. Н. Полимерные нанокомпозиты – новое поколение полимерных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками: сб. трудов Международного форума по нанотехнологиям «Rusnanotech-08» / Москва. 2008. Т. 1. С. 385–386.
2. Franchini E., Jocelyne G., François G. J. Sepiolite-based epoxy nanocomposites: Relation between processing, rheology, and morphology // Journal of Colloid and Interface Science. 2009. V. 329. № 1. P. 38–47.
3. Полимерный нанокомпозит и способ его получения : пат. 2414492. Рос. Федерация : заявл. 07.10.2008 ; опубл. 20.03.2011. 9 с.
4. Способ получения эксфлокированного нанокомпозита : пат. 2443728. Рос. Федерация : заявл. 24.05.2010 ; опубл. 27.02.2012. 16 с.
5. Третьяков А. О. Полимерные нанокомпозиты – материалы XXI века // Оборудование и инструмент. 2003. № 2. 18 с.
6. Пул Ч., Оуэне Ф. Нанотехнологии. М. : Техносфера, 2004. 128 с.
7. Henini M. Quantum dot nanostructures. M. : Materials Today, 2002. P. 140–142.
8. Finnigan B., Martin D., Halley P., Truss R., Campbell K. Morphology and properties of thermoplastic polyurethane nanocomposites incorporating hydrophilic layered silicates Polymer. 2004. P. 2249–2260.
9. Cui L., Hunter D. L., Yoon P. J., Paul D. R. Effect of organoclay purity and degradation on nanocomposite performance, Part 2: Morphology and properties of nanocomposites / Polymer. 2008. V. 49. № 17. P. 3762–3769.
10. Powell C. E., Beall G. W. Physical properties of polymer-clay nanocomposites // Current Opinion in Solid State and Materials Science. 2006. V. 10. № 2. P. 73–80.
11. Ramazani A., Tavakolzadeh F. In-situ preparation and characterization of polyethylene/ clay nanocomposites // European polymer congress. 2007. № 16. P. 139–148.
12. Raddy M. M., Rahul K., Gupta S. Structure-property relationship of melt intercalated maleated polyethylene nanocomposites // Rheology and Materials Processing. 2007. № 9. P. 68–76.
13. Микитаев А. К., Каладжян А. А., Леднев О. Б., Микитаев М. А., Давыдов Э. М. Нанокомпозитные полимерные материалы на основе органоглин с повышенной огнестойкостью // Пластические массы. 2005. № 4. С. 26–31.
14. Абдрахманова Л. А., Чутаев Б. Р., Хозин В. Г., Низамов Р. К. Модификация поливнилхлоридных материалов углеродными нанотрубками : мат. 2 Международной научно-практической конференции «Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение». Тамбов, 2017. 15-17 ноября. С. 184–186.
15. Polyolefin nanocomposites : patent 5910523 of the US : application number. 8/980738 ; decl. 12.01.1997 ; publ. 06.08.1999. 39 p.
16. Alexandre M., Dubois P. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials // Materials Science and Engineering. 2000. V. 28. № 1-2. P. 1–63.
17. Герасин В. А., Зубова Т. А., Бахов Ф. Н., Баранников А. А., Мерекалова Н. Д., Королев Ю. М., Антипов Е. М. Структура нанокомпозитов полимер-Na^+ монтмориллонит, полученных смешением в расплаве // Российские нанотехнологии. 2007. Т. 2. № 1-2. С. 90–105.
18. Гроссман Р. Ф. Руководство по разработке композиций на основе ПВХ. СПб. : Rossiyskiye nanotekhnologii, 2009. 608 с.
19. Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниелс Ч. Поливинилхлорид. СПб. : Профессия. 2007. 728 с.

Chutaev Bulat Rustemovich
post-graduate student
E-mail: ch-001@mail.ru
Nizamov Rashit Kurbangalievich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: Nizamov@kgasu.ru
Abdrakhmanova Lyaylya Abdullovna
doctor of technical sciences, professor
E-mail: laa@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Modification of PVC with organosilicates

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to identify the effective organosilicates of various chemical nature on the technological and operational properties of polyvinyl chloride compositions. The specificity of PVC, which is characterized by high melt viscosity and low thermal stability, considers difficulties of combining it with organosilicates, therefore, the choice of the most effective of them is one of crucial tasks.

Results. The effectiveness of the use of PVC-composites of the main industrial manufactured organic silicates Cloisite with the use of quaternary ammonium salts with different length and nature of alkyl chains and other functional groups is considered. It was determined that when using Cloisite 30B organoclay as a nanoscale additive, at a concentration of 0,6 phr. in PVC compositions, an increase in the strength of PVC-compositions by 23 %, a melt flow index by 1,5 times, is observed.

Conclusions. It is shown that natural montmorillonite modified by quaternary ammonium salt Cloisite 30B, along with non-hydrogenated tall oil residues, has the greatest effect on the complex of positive effect on the properties of PVC. Possible mechanisms of stabilization and hardening are proposed, which is the result of chemical transformations of functional groups of tall oil in the PVC-composition matrix.

Keywords: polyvinyl chloride, orgsnosilicate, polymer nanocomposite.

References

1. Aldoshin S. M., Badamshina E. R., Kablov E. N. Polymeric nanocomposites is the new generation of polymer materials with increased operating parameters : dig. of art. International Forum on Nanotechnologies «Rusnanotech 2008». vol. 1. P. 385–386.
2. Franchini E., Jocelyne G., François G. J. Sepiolite-based epoxy nanocomposites: Relation between processing, rheology, and morphology // Journal of Colloid and Interface Science. 2009. V. 329. № 1. P. 38–47.
3. Polymer nanocomposite and method of its production : Patent 2414492. Russian Federation. decl. 07.10.2008 ; publ. 20.03.2011. 9 p.
4. A method of producing a nanocomposite exfoliating: Patent 2443728. Russian Federation. decl. 24.05.2010 ; publ. 27.02.2012. 16 p.
5. Tretyakov A. O. Polymer nanocomposites – materials of the XXI century // Oborudovaniye i instrument. 2003. № 2. 18 p.
6. Poole H., Owen F. Nanotechnology. M. : Technosphera, 2004. 128 p.
7. Henini M. Quantum dot nanostructures. M. : Materials Today, 2002. P. 140–142.
8. Finnigan B., Martin D., Halley P., Truss R., Campbell K. Morphology and properties of thermoplastic polyurethane nanocomposites incorporating hydrophilic layered silicates Polymer. 2004. P. 2249–2260.

9. Cui L., Hunter D. L., Yoon P. J., Paul D. R. Effect of organoclay purity and degradation on nanocomposite performance. Part 2: Morphology and properties of nanocomposites / Polymer. 2008. V. 49. № 17. P. 3762–3769.
10. Powell C. E., Beall G. W. Physical properties of polymer-clay nanocomposites // Current Opinion in Solid State and Materials Science. 2006. V. 10. № 2. P. 73–80.
11. Ramazani A., Tavakolzadeh F. In-situ preparation and characterization of polyethylene/ clay nanocomposites // European polymer congress. 2007. № 16. P. 139–148.
12. Raddy M. M., Rahul K., Gupta S. Structure-property relationship of melt intercalated maleated polyethylene nanocomposites // Rheology and Materials Processing. 2007. № 9. P. 68–76.
13. Mikitaev A. K., Kalaydzhyan A. A., Lednev O. B., Mikitaev M. A., Davydov E. M. Nanocomposite polymer materials based on organoclay with increased fire resistance // Plasticheskiye massy. 2005. № 4. P. 26–31.
14. Abdrahmanova L. A., Chutaev B. R., Khozin V. G., Nizamov R. K. Modification of PVC based materials with carbon nanotubes : Materials of the 2nd International scientific conference «Graphene and related structures: synthesis, processing and use», 2017. P. 184–186.
15. Polyolefin nanocomposites : patent 5910523 of the US : application number. 8/980738 ; decl. 12.01.1997 ; publ. 06.08.1999. 39 p.
16. Alexandre, M. Dubois P. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials // Materials Science and Engineering. 2000. V. 28. № 1-2. P. 1–63.
17. Gerasin V. A., Zubova T. A., Bakhov F. N., Barannikov A. A., Merekalova N. D., Korolev Yu. M., Antipov E. M. The structure of polymer nanocomposites Na^+ montmorillonite obtained by mixing in a melt // Rossiyskiye nanotekhnologii. 2007. Vol. 2. № 1-2. P. 90–105.
18. Grossman R. F. Guide to the development of compositions based on PVC. SPb. : Российские нанотехнологии, 2009. 608 p.
19. Wilkie C., Summers J., Daniels C. Polyvinylchloride. SPb. : Professiya. 2007. 728 p.

УДК 692.92
Нуриев Азат Фаязитович
инженер-проектировщик
E-mail: 79172597910@yandex.ru
ПИ «Союзхимпромпроект» ФГБОУ ВО КНИТУ
Адрес организации: 420033, Россия, г. Казань, ул. Димитрова, д. 11
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

Повышение эффективности строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях применением энергосберегающих технологий

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является выявление основных особенностей и взаимосвязей организации строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях путем моделирования организационно-технологических решений с использованием энергосберегающих технологий.

Результаты. Разработана модель передвижной ветро-, электро-, дизельной станции. Предложены рекомендации по энергосбережению, благодаря которым повысится уровень энергоэффективности во время строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности повышения качества строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях при снижении трудовых, материально-технических и топливно-энергетических ресурсов, а также неблагоприятных воздействий на окружающую среду.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, энергосберегающие технологии, альтернативные источники энергии, экстремальные климатические условия.

Введение

В настоящее время энергосбережение – одна из приоритетных задач. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, с возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами.

Как известно, энергоэффективность для населения – это значительное сокращение коммунальных расходов, а для страны – экономия ресурсов, повышение производительности строительства и конкурентоспособности. Благодаря использованию энергосберегающих технологий в умеренных широтах удастся частично сократить расходы на коммунальные услуги. Кроме того, энергосберегающие технологии должны быть доступны, экологичны, не влиять на привычный уклад жизни и быть безопасными для жизнедеятельности человека [1-4].

В современных требованиях строительства зданий и сооружений предъявляют новые условия энергоэффективности, в частности, обязательное применение энергосберегающих технологий в ходе выполнения работ.

Россия, как и другие страны, пережила время, когда была недостаточно оценена важность энергоэффективности. В настоящее время в строительной сфере настоятельно ведется создание и введение энергоэффективных технологий, и это является одним из основных направлений развития строительной индустрии [5-7].

Развитие современного государства, не зависимо от действующей в нем политической системы, связано с несколькими тенденциями:

1) с ростом потребления энергоресурсов;

2) с привлечением новых плодородных территорий и территорий с полезными ископаемыми.

В XXI веке специфической чертой изучения новых территорий являются:

1) отдаленность от урбанистической цивилизации;

2) малонаселенность и труднодоступность;

3) экстремальные климатические условия;

4) отсутствие тепло- и электроэнергии.

Данные неблагоприятные условия для жизни и работы человека требуют нестандартных решений проблем обеспечения тепло- и электроэнергией строительной площадки, и предопределяют разработку целого арсенала инновационных строительных энергоэффективных технологий [8-10].

Заинтересованность в энергосберегающих технологиях и альтернативной энергии возросла в связи с применением и внедрением эффективного использования ресурсов и снижением материальных затрат. Анализ литературных источников, связанных с вопросом выполнения энергосберегающих технологий во время строительства, показал, что главные цели и задачи решались частично, а вопросы применения энергосберегающих технологий во время строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях не изучались и не разрабатывались вовсе. В связи с этим, цель работы – разработка модели передвижной ветро-, солнечно-, дизельной электростанции [11-16].

Разработка модели передвижной ветро-, солнечно-, дизельной электростанции

На сегодняшний день передвижные дизельные электростанции служат основным источником питания там, где не протянуты линии электропередач. Для отдаленных поселков и строительства зданий и сооружений, это практически единственный источник электричества, поскольку не везде есть центральное электроснабжение. В данной работе разрабатывается модель передвижной ветро-, солнечно-, дизельной электростанции (ВСДЭС) для обеспечения энергией строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях.

При разработке модели ВСДЭС в качестве прототипа была принята дизельная электростанция от производителя «Компания Дизель». Применение в России дизельной электростанции наиболее востребовано в работе аварийных, ремонтных бригад, в вахтовых поселках при геологоразведке, строительстве, обслуживании и ремонте объектов нефтегазовой отрасли. Широкое распространение передвижные дизельные электростанции (ДЭС) получили благодаря своим несомненным преимуществам:

– высокой надежности и безопасности, качественным комплектующим, хорошо проработанному и протестированному конструктиву выпускаемых передвижных дизельных электростанций;

– максимальной мобильности и готовности ДЭС к работе;

– экономии на вводе в эксплуатацию, монтаже, погрузке/разгрузке;

– применению в экстремальных погодных условиях – на крайнем Севере и Юге, в условиях экстремально высоких или низких температур;

– удобству доставки к месту сервисного обслуживания передвижных ДЭС на шасси грузового автомобиля, тракторного прицепа и на салазках.

При разработке модели передвижной ВСДЭС необходимо учитывать потенциальную энергию, которую дают в совокупности солнечные батареи и ветрогенераторы. Давно известно, что от гибридных электростанций, использующих возобновляемые и традиционные источники энергии, получается особый экономический эффект. Наиболее подходящим вариантом является система, которая содержит несколько источников генерации электроэнергии – это солнечная, ветровая энергия, и традиционная (резервная) – дизельная электростанция. Типовая структурная схема ВСДЭС приведена на рис. 1, которая работает по следующему принципу: вся преобразованная солнечными панелями (батареями) – солнечная энергия и ветрогенераторами – ветровая энергия подаются в систему электроснабжения через контроллер, который контролирует процесс заряда, поступающий от ветрогенератора и солнечных панелей на аккумулятор, защищая его от перезаряда и обеспечивая долгий срок службы.

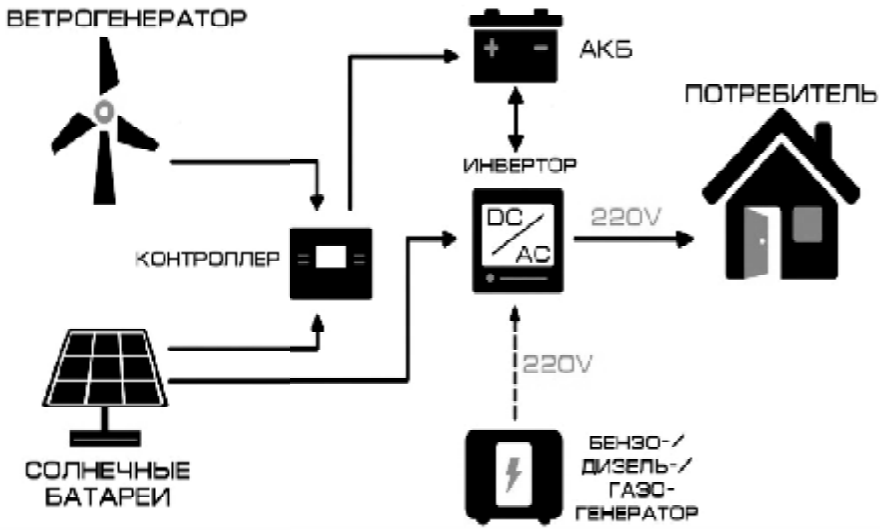


Рис. 1. Структурная схема работы ВСДЭС (иллюстрация авторов)

Инвертор предназначен для преобразования энергии, накопленной в батареях. В случае низкого уровня заряда аккумулятора, инвертор предохраняет батареи от глубокого разряда путем отключения потребителей.

Дополнительно к системе подключен трехфазный дизель-генератор, который будет включаться в систему в форс-мажорных ситуациях.

Кроме того, такая система требует достаточно больших капиталовложений на этапе сооружения, следовательно, это приводит к длительному сроку окупаемости, но при этом, в сравнении с обычным дизель-генератором, вариант ВСДЭС экономически более эффективен.

Передвижная ВСДЭС призвана обеспечить энергоснабжение всем потребителям тока, которые нуждаются в аварийном питании, а также объектам, расположенным в тех районах, куда не подведены линии электропередач.

Модель ВСДЭС огорожена от строительной площадки так, чтобы создать для солнечных модулей необходимое пространство, которое не дает на них тени. Они должны быть обращены в сторону юга и иметь наклон, равный углу широты местности. Для ветрогенераторов необходимо свободное пространство от близлежащих деревьев, зданий и сооружений. 3D-модель ВСДЭС, построенная в программном комплексе Autodesk Revit, показана на рис. 2.

Рис. 2. 3D-модель ВСДЭС (иллюстрация авторов)

Потенциал солнечного излучения

Основная и необходимая характеристика солнечного излучения – это дневная, месячная и годовая сумма солнечной радиации на горизонтальной площадке в условиях реальной облачности. Вся необходимая информация получена из данных метеонаблюдений за длительный период времени.

В соответствии с СП 131.13330.2012 «Строительная климатология», в РФ наиболее высокая инсоляция наблюдается в г. Махачкале. Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации для всех месяцев при оптимальном наклоне площадки для г. Махачкалы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации для г. Махачкалы

Месяц	Янв	Фев	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сент	Окт	Нояб	Дек
Дневн. сумма солнечной радиации кВтч/м^2	1,5	2,75	4,13	5,42	6,45	6,13	6,71	6,32	5,2	4,26	3	2,5
Месячная сумма солнечной радиации кВтч/м^2	48	77	128	168	200	190	208	196	161	132	93	77,2

Для сравнения приведена таблица со значениями среднедневных и среднемесячных сумм солнечной радиации для всех месяцев при оптимальном наклоне площадки для г. Казани приведены в табл. 2.

Таблица 2

Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации для г. Казани

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Дневная сумма солнечной радиации кВтч/м^2	0,82	2,04	3,7	4,5	5,7	5,5	5,7	5	3,7	2,2	1,2	0,8
Месячная сумма солнечной радиации кВтч/м^2	25,4	57	112	139,2	170,5	170	177	153	110	68,2	37	25

Проанализировав табл. 1-2, можно определить существенную разницу между двумя городами, расположенными в разных регионах со своими значениями инсоляции.

Аккумулирующая солнечная энергия может быть израсходована на работу электроинструментов на строительной площадке. Ниже приведены значения энергопотребления электрических инструментов, необходимых при строительстве зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях (табл. 3).

Таблица 3

Энергопотребления электрических инструментов

Наименование потребителя	Потребляемая пощность (Вт)	Количество	Продолжительность работы, ч	Общая мощность (кВт)
Электродрель	800	4	4	3,2
Перфоратор	1400	4	4	5,6
Дисковая пила	1600	4	4	6,4
Электрорубанок	1000	4	2	4
Электролобзик	700	4	2	2,8
Шлифовальная машина	2200	4	5	8,8
Цепная пила	1700	4	2	6,8
Компрессор	2500	4	2	10
Сварочный аппарат	3500	4	5	14
Прочее оборудование	10000	2	3	20
Итого в день				81,6
Итого в месяц				2529,6

Для расчета генерируемой электроэнергии необходимо выбрать типы электростанций. На основе анализа наиболее распространенных солнечных электростанций (СЭС), ветроэлектростанций (ВЭС), дизельных электростанций (ДЭС) по показателям вырабатываемой мощности и стоимости были выбраны СЭС R-SOLAR 017 (в количестве 7 шт.), в качестве ВЭС была выбрана SAV – 15 кВт (в количестве 7 шт.), и наконец, ДЭС – АД-100 (ЯМЗ-236БИ) (в количестве 1 шт.). Характеристики приведены в табл. 4.

Таблица 4

ТЭП для различных электростанций

ЭС	Наименование	Мощность, кВт	Количество	Стоимость, млн. руб.	Расход топлива л/ч	Время работы, в день, ч	Расход топлива, л/день	Цена топлива, руб/л	Цена топлива в год, млн. руб	Итого за 5 лет, млн. руб
ДЭС	АД-100 (ЯМЗ-236БИ)	100	1	1,0	22,3	24	535,2	45	8,79	44,95
СЭС	R-SOLAR 017	15	7	1,7	0	24	0	0	0	11,9
ВЭС	Sokol Air Vertical	15	7	1,0	0	24	0	0	0	7

Потенциал ветровой энергии

На территории России есть районы, где ВЭС могут стать главным источником энергии. В первую очередь, к ним относятся острова Ледовитого океана и обширные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока, куда проводить ЛЭП достаточно дорого.

На рис. 3 приведен сравнительный анализ эффективности различных вариантов:

1 вариант – использование только ДЭС, мощностью 100 кВт. В затраты входят покупка электростанций и снабжение топливом в течение 5 лет (условно цена за 1 л топлива не меняется в течение 5 лет).

2 вариант – использование ДЭС+СЭС. Выбирается ДЭС мощностью 40 кВт, стоимостью 0,52 млн руб. и расходом 9,6 (л/ч). В качестве второго составляющего выбираются СЭС, в количестве 4 шт., с вырабатываемой мощностью 15 кВт и стоимостью 1,7 млн руб.

3 вариант – использование ДЭС+ВЭС. ДЭС остается, как и во 2 варианте, в качестве второй составляющей выбираются ВЭС, в количестве 4 шт., с вырабатываемой мощностью 15 кВт и стоимостью 1,0 млн руб.

4 вариант – использование ДЭС+ВЭС+СЭС. ВЭС и СЭС выбираются по 3 шт., каждая по 15 кВт и дополнительно внедряется ДЭС, мощностью 10 кВт, расходом 3,5 (л/ч).

Результаты энергосистемы показывают, что в оптимальное решение одновременно входят все 3 энергоисточника. Исключение одного из них приведет к удорожанию системы электроснабжения (рис. 3), максимально – в 2,5 раза (варианты 1 и 4).

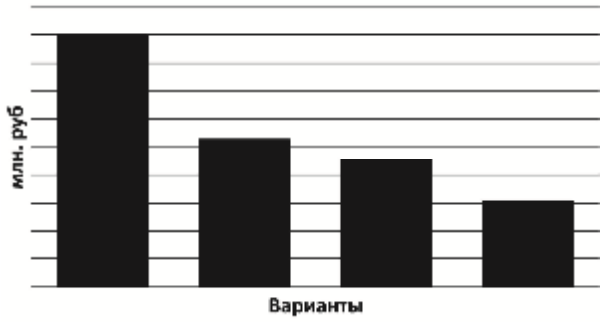


Рис. 3. Затраты (иллюстрация авторов)

Заключение

1. Предложена модель ВСДЭС для строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях, которая включает в себя ДЭС, ВЭС и СЭС.

2. Показана эффективность системы электроснабжения, которая включает солнечные, ветровые, дизельные электростанции.

3. Приведены технико-экономические показатели использования различных вариантов использования мобильных электростанций.

Список библиографических ссылок

1. Елистратов В. В. Мониторинг развития возобновляемой энергетики в мире и России // Академия энергетики. 2008. № 2 (22). С. 22–44.
2. Ilyichev V., Emelyanov S., Kolchunov V., Bakayeva N., Kobeleva S. Estimation of indicators of ecological safety in civil engineering // Procedia Engineering. 2015. P. 126–131.
3. Бендиков М. А. Некоторые направления повышения эффективности российских высоких технологий // Менеджмент в России и за рубежом. 2000. № 8. С. 48–52.
4. Mkrtchyan T., Lokhova E. Ecological effectiveness as an essential quality requirement of innovational construction : dig. of art. MATEC Web of Conferences «International Science Conference SPb WOSCE-2016 «SMART City»» / Paper. N-Y. 2017. P. 8–22.
5. Ermakov A., Mukhamedzhanova O., Tumenev Y. To the matter of the educated development of the construction industry of recreational territories : dig. of art. MATEC Web of Conferences Сер. «International Science Conference SPbWOSCE-2016 «SMART City»» / Arkhitecton, M., 2017. P. 22–42.
6. Булгаков С. Н. Энергоэффективные строительные системы и технологии. М. : АВОК-ПРЕСС, 2018. 232 с.
7. Баринов В. А. Энергетика России: взгляд в будущее: обосновывающие материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 года. М. : Энергетика, 2016. 609 с.
8. Рахимова Ю. И., Пилипчук А. А. Алгоритм действий по оптимизации внедрения энергосберегающих технологий при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов энергетического назначения : сб. ст. энергетика и энергосбережение: теория и практика : материалы III Всероссийской научно-практической конференции / МЦНО. М., 2017. С. 160.
9. Кабанова М. С. Энергосбережение и энергоэффективность – новая реальность. Новосибирск : Центр развития научного сотрудничества, 2017. С. 28.
10. Alves T., Machado L., de Souza R. G., de Wilde P. Assessing the energy saving potential of an existing high-rise office building stock // Energy and Buildings. 2018. № 173. P. 547–561.
11. Береговой А. М., Кондрашова К. Э., Кондрашина И. А. Факторы влияния на энергоэффективность зданий, использующих возобновляемые источники энергии // Моделирование и механика конструкций. 2017. № 5. С. 14.
12. Trukhina N., Okolelova E. Modeling optimal solutions with the use of heat technologies based on graph theory : dig. of art. International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018. «MATEC Web of Conferences» / Paper. N-Y. 2018. P. 30–38.
13. Манохин П. Е., Шкляев С. В., Степанов В. П., Галеев А. В. Модель оценки эффективности инвестиций в энергосберегающие технологии в строительстве // Фотинские чтения. 2018. № 1 (9). С. 116–120.
14. Potienko N. D., Kuznetsova A. A., Solyakova D. N., Klyueva Y. E. The global experience of deployment of energy-efficient technologies in high-rise construction : dig. of art. E3S Web of Conferences D. Safarik, Y. Tabunschikov and V. Murgul. / Arkhitecton. M., 2017. P. 22–42.
15. Lukmanova I., Golov R. Modern energy efficient technologies of high-rise construction : dig. of art. E3S Web of Conferences. «High-Rise Construction 2017, HRC 2017» / Arkhitecton. M., 2018. P. 44–47.
16. 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.

Nuriev Azat Fayazitovich
design engineer
E-mail: 79172597910@yandex.ru
PI « Soyuzkhimpromproekt» FSBEI HE KNRTU
The organization address: 420033, Russia, Kazan, Dimitrova st., 11
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

Improving the efficiency of construction of buildings and structures in extreme climatic conditions through the use of energy-saving technologies

Abstract

Problem statement. The aim of the study is to identify the main features and relationships of the organization of construction of buildings and structures in extreme climatic conditions by modeling organizational and technological solutions using energy-saving technologies.

Results. A model of a mobile wind, electric, diesel station was developed. The recommendations for energy saving, which will increase the level of energy efficiency during the construction of buildings and structures in extreme climatic conditions.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is the possibility of improving the quality of construction of buildings and structures in extreme climatic conditions while reducing labor, material, technical and fuel and energy resources and adverse environmental impacts.

Keywords: energy saving, energy efficiency, energy saving technologies, alternative energy sources, extreme climatic conditions.

References

1. Elistratrov V. V. Monitoring of renewable energy development in the world and Russia // Akademiya energetiki. 2008. № 2 (22). P. 22–44.
2. Ilyichev V., Emelyanov S., Kolchunov V., Bakayeva N., Kobeleva S. Estimation of indicators of ecological safety in civil engineering // Procedia Engineering. 2015. P. 126–131.
3. Bendikov M. A. Some areas of improving the efficiency of Russian high technologies // Menedzhment v Rossii i za rubezhom. 2000. № 8. P. 48–52.
4. Mkrtchyan T., Lokhova E. Ecological effectiveness as an essential quality requirement of innovational construction : dig. of art. MATEC Web of Conferences «International Science Conference SPb WOSCE-2016 «SMART City»» / Paper. N-Y. 2017. P. 8–22.
5. Ermakov A., Mukhamedzhanova O., Tumenev Y. To the matter of the educated development of the construction industry of recreational territories : dig. of art. MATEC Web of Conferences «International Science Conference SPb. WOSCE-2016 «SMART City»» / Arkhitecton, Kazan, 2017. P. 160.
6. Bulgakov S. N. Energy-efficient building systems and technologies. M. : AVOK-PRESS, 2018. 232 p.
7. Barinov V.A. Russia's energy industry: a look into the future: substantiating materials for the Energy Strategy of Russia for the period up to 2030. M. : Energetika, 2016. 609 p.
8. Рахимова Ю. И., Пилипчук А. А. Algorithm of actions to optimize the introduction of energy-saving technologies in the design, construction and operation of energy facilities : dig. of art. Energy and energy saving: theory and practice : materials of the III All-Russian Scientific Practical Conference / MTSNO. M., 2017. P. 160.
9. Kabanova M. S. Energy saving and energy efficiency – a new reality. Novosibirsk : Tsentr razvitiya nauchnogo sotrudnichestva, 2017. P. 28.

10. Alves T., Machado L., de Souza R. G., de Wilde P. Assessing the energy saving potential of an existing high-rise office building stock // Energy and Buildings. 2018. № 173. P. 547–561.
11. Beregovoy A. M., Kondrashova K. E., Kondrashina I. A. Factors of influence on energy efficiency of buildings, using renewable sources of energy // Modelirovaniye i mekhanika konstruktsiy. 2017. № 5. P. 14.
12. Trukhina N., Okolelova E. Modeling optimal solutions with the use of heat technologies based on graph theory : dig. of art. International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018 Cep. «MATEC Web of Conferences» / Paper. N-Y. 2018. P. 30–38.
13. Manohin P. E., Shklyaev S. V., Stepanov V. P., Galeev A. V. Model for evaluating the effectiveness of investment in energy-saving technologies in construction // Fotinskie chteniya. 2018. № 1 (9). P. 116–120.
14. Potienko N. D., Kuznetsova A. A., Solyakova D. N., Klyueva Y. E. The global experience of deployment of energy-efficient technologies in high-rise construction : dig. of art. E3S Web of Conferences D. Safarik, Y. Tabunschikov and V. Murgul. / Arkhitecton. M., 2017. P. 22–42.
15. Lukmanova I., Golov R. Modern energy efficient technologies of high-rise construction : dig. of art. E3S Web of Conferences. «High-Rise Construction 2017, HRC 2017» / Arkhitecton. M., 2018. P. 44–47.
16. Koklyugina L. A., Koklyugin A. V. Determining the duration of the construction of oil refining facilities taking into account the interests of the participants in the investment construction project // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. V. 17. № 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
Фазлеев Ильшат Айдарович
начальник центральной лаборатории
E-mail: Ilschat.Fazleev@tatavtodor
АО «Татавтодор»
Адрес организации: 420012, Россия, г. Казань, ул. Достоевского, д. 18/75

Оптимизация процесса уплотнения щебеночно-мастичного асфальтобетона в покрытиях дорожных одежд

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – повышение качества уплотнения верхнего слоя дорожного покрытия за счет оптимизации применения асфальтовых катков, снижение амортизационных расходов на применение уплотнительной техники и финансовых затрат на выполнение дорожно-строительных работ.

Результаты. Основные результаты исследования заключаются в определении оптимального числа проходов асфальтовых катков при уплотнении верхнего слоя дорожного покрытия в зависимости от типа и состояния уплотняемого материала применительно к конкретному типу катка.

Предлагаемая оптимизация направлена на сокращение числа проходов асфальтовых катков при уплотнении верхнего слоя дорожного покрытия в зависимости от применяемых видов уплотнения, толщины уплотняемого слоя и типа материала дорожного покрытия.

Выводы. Значимость полученных результатов для дорожно-строительной отрасли состоит в повышении эффективности применения асфальтовых катков и производительности их работы, в рациональной минимизации общего времени уплотнения без снижения качества выполняемых работ.

Ключевые слова: уплотнение, дорожное покрытие, материал дорожного покрытия, щебеночно-мастичный асфальт, дорожный каток, количество проходов, качество, эффективность, экономичность.

Введение

В дорожном строительстве, наряду с подготовкой основания и подбором состава асфальтобетонной смеси для покрытия, очень важную роль играет процесс ее уплотнения. Если изменения и модернизация первых этапов происходят за счет внедрения новых технологий и разработок, таких как использование 3D-моделирования и планировки, лазерного нивелирования, GPS-ГЛОНАСС навигации и т.д., то завершающий процесс устройства дорожной одежды – процесс уплотнения дорожного покрытия остается недостаточно изученным, требует оптимизации и совершенствования. В настоящее время в этом направлении наблюдается лишь некоторая модернизация и расширение модельного ряда парка асфальтовых катков.

Уплотнение является одним из ключевых факторов создания высококачественного дорожного покрытия. Технологическая точность исполнения данной операции влияет на качество дороги, ее безопасность и увеличение сроков безремонтной эксплуатации. Надо отметить, что качество уплотнения земляного полотна закладывает ресурс твердого дорожного покрытия. Определяются сроки запланированных ремонтных работ, которые требуют привлечения большого количества персонала, дорожно-строительных и ремонтных машин, и, как следствие, повышается конечная стоимость строительства, обслуживания и содержания автомобильных дорог.

Уплотнение и укатка применяются, как при возведении земляного полотна, так и при устройстве слоев дорожной одежды. Отличительной чертой этих процессов в том и ином случае является лишь применение различных модификаций уплотняющей техники – катков, а сам процесс – укатка поверхности, за счет многократного перемещения вперед-назад, остается неизменным. Если при уплотнении дорожного основания преимущественно применяют кулачковые, решетчатые и комбинированные катки, то при уплотнении твердого покрытия применение этих же катков невозможно ввиду их глубинного уплотнения за счет наличия кулачков и решетчатой формы уплотняющей поверхности, что приводит к необходимости увеличения не только самого автопарка, но и модельного ряда соответствующей техники. Следовательно, возникает необходимость в гладковальцовых и пневмоколесных катках статического и вибрационного действий. Кроме того, одна единица уплотняющей техники не способна выполнить весь объем работ самостоятельно за необходимый срок. В то же время увеличение парка уплотняющих машин влечет повышение финансовых затрат.

Несмотря на наличие огромного количества предложений уплотняющей техники от производителей, готовая продукция – уплотнение твердых дорожных покрытий, не всегда получается надлежащего качества, даже при полном соблюдении всех норм и технологических рекомендаций.

Одной из причин подобного явления может быть недоуплотненность укладываемого материала ввиду различий в нормативах и методиках испытаний в разных странах, исходя из которых, применяемая техника не всегда может гарантировать максимальную результативность в ходе ее эксплуатации в отдельной конкретно взятой стране.

Последствия недостаточного уплотнения земляного полотна и слоев дорожной одежды

Требования к прочности твердых дорожных покрытий и их ровности имеют тенденцию постоянного роста. Одновременно с этим повышаются требования и к уплотнению земляного полотна. За прошедшие два десятилетия стоимость возведения земляного полотна увеличилась с 10-15 % до 18-29 % от суммарной стоимости построенной дороги. Деформации земляного полотна, вызванные ее недостаточной стабильностью и недоуплотнением, протекают длительное время и в дальнейшем являются одной из причин деформаций твердого покрытия, приводящих к его разрушению [1].

Основной причиной разрушения асфальтобетонного дорожного покрытия также является его недостаточное уплотнение. Анализ причин повреждений дорожных покрытий автомобильных дорог в РФ и в некоторых странах Европы выявил, что основной причиной (более 50 %) всех разрушений явилось именно недостаточное уплотнение земляного полотна и дорожного покрытия [9].

Наиболее характерным видом деформаций твердого покрытия проезжей части дорог, при недостаточно уплотненном земляном полотне, является потеря его ровности, т.е., появление колейности, вспучивания и поперечных трещин.

Колейность – вид дефекта дорожного покрытия прочностного характера, в виде некоторого изменения поперечного профиля дорожного полотна. Колейность может иметь относительно значительную (иногда до нескольких десятков километров) протяжённость.

Одна из главных причин колейности – это недостаточное уплотнение нижних конструктивных слоев земляного полотна, которое способствует деформации слоев и ведет к просадке покрытия дороги [2] (рис. 1).

Рис. 1. Колейность дорог [3]

Вспучивание – частичное поднятие полотна дороги, образующееся вследствие попадания грунтовых и сточных вод в грунтовое основание и их промерзания в межсезонье [2] (рис. 2).

Рис. 2. Вспучивание дорог [4]

Трещина – разрыв полотна дороги вследствие нестабильности основания дорожной одежды [2] (рис. 3).

Рис. 3. Поперечные трещины на поверхности асфальтобетонного покрытия [5]

Выявлена прямая зависимость между ровностью покрытия и плотностью его уплотнения [6].

Таким образом, недоуплотнение основания дорожной одежды, как правило, является одной из причин разрушения твердого покрытия дороги. Но не стоит забывать, что наряду с уплотнением дорожного основания, важную роль играет качество уплотнения самого твердого покрытия. Так, при недостаточном уплотнении асфальтобетонной смеси, возникают некоторые виды разрушений: колейность, выкрашивание, трещины, выбоины, потеря шероховатости.

Выбоина – углубление на поверхности, возникающее в результате удара (ударов), частой езды [2] (рис. 4).

Рис. 4. Выбоины [7]

Выкрашивание – поверхностное разрушение дорожного полотна, сопровождающееся выпадением его частиц [2] (рис. 5).

Рис. 5. Выкрашивание [8]

Потеря шероховатости – выкрашивание твердого заполнителя из асфальтобетонного покрытия, которое является результатом интенсивной езды и недостаточного уплотнения дорожного покрытия [2].

Уменьшить появление различных видов дефектов возможно следующими способами:

- более детальным учетом климатических условий и условий местности при проектировании;
- подробной топографической съемкой местности;
- использованием новейших технологий при планировке;
- привлечением высококвалифицированных специалистов непосредственно на рабочие объекты;
- качественным и рациональным подбором состава материала дорожного основания;
- определением оптимальной толщины и состава твердого покрытия.

Одним из наиболее эффективных способов минимизации разрушений верхнего слоя дорожного покрытия, исходя из опыта дорожного строительства в Российской Федерации и, в частности, в Республике Татарстан, является применение щебеночно-мастичного асфальтобетона. Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) был разработан специально для устранения поверхностных деформаций и усиленного износа верхнего слоя дорожного покрытия.

Состав ЩМА отличается от традиционной асфальтобетонной смеси высоким содержанием щебня (70…80 %) и битума (5,5…8,0 %). В состав ЩМА входят также стабилизаторы типа Габбро, Виатоп, ПБВ-6 и др. Используется щебень улучшенной формы – гранулированный, кубической формы. Применение такого щебня, при условии правильного подбора зернового состава, неукоснительном соблюдении технологии укладки и уплотнения, может обеспечить ЩМА более 10 лет срока эксплуатации при очень высоких транспортных нагрузках.

Дорожно-строительные компании РТ в последние годы выбрали ЩМА в качестве основного материала для покрытия верхнего слоя дорожной одежды, как на федеральных дорогах (федеральная трасса М7 Москва-Челябинск, татарстанский участок Казань-Набережные Челны протяженностью 220 км), так и на центральных улицах г. Казани с наиболее интенсивным транспортным потоком. На федеральной дороге в основном применялись ЩМА-20 и ЩМА-15, на городских дорогах – ЩМА-15 и ЩМА-10.

Мониторинг состояния этих дорог показал высокие эксплуатационные характеристики применяемых составов ЩМА против возникновения разрушений верхнего слоя дорожных покрытий и практически полное исключение появления колейности. К дополнительным достоинствам покрытий из ЩМА можно отнести повышенный коэффициент сцепления, пониженное бликообразование и низкий уровень шума, которые напрямую влияют на безопасность дорожного движения и комфортность управления транспортным средством.

Однако массовое применение ЩМА в качестве материала покрытий дорожной одежды вызвало необходимость исследования процесса его уплотнения как ключевого фактора обеспечения высоких эксплуатационных характеристик дорожного покрытия.

Следовательно, требуется оптимизировать работу дорожной техники при уплотнении ЩМА.

Суть, содержание и основные результаты проведенного эксперимента

В вышеизложенных целях на базе испытательного полигона Пригородного филиала дорожной компании АО «Татавтодор», занимающейся строительством, ремонтом и содержанием автомобильных дорог, был организован и проведен следующий эксперимент.

Суть эксперимента и исследования заключалась в определении влияния различных методов уплотнения на плотность ЩМА-20, ЩМА-15 и ЩМА-10.

Эксперимент проводился выбранным катком на участке дороги шириной 4 м и длиной 30 м. Уплотнялся уложенный дорожный материал толщиной 5 см тремя режимами укатки в отдельности с фиксацией основных показаний.

Для **проведения исследования был выбран** средний гладковальцовый дорожный тандемный **каток** немецкого производителя HAMM HD75. (рис. 6).

Данный каток является наиболее распространенным в Российской Федерации и, в том числе, многие дорожно-строительные организации Республики Татарстан, имеют в своем автопарке данную модель и его некоторые модификации.

HAMM HD75 конструктивно оснащен двумя вибрационными вальцами, один из которых работает по принципу осцилляции, что позволяет увеличивать диапазон работ катка до 3-х режимов: статический – без включения вибраторов, вибрационный – при включенных вибраторах, осцилляционный режим – с подключением осцилляционного вибратора. Кроме того, возможность раздельного включения вибровозбудителя на каждом из вальцов, позволяет использовать схемы типа «статика-вибрация» и «статика-осцилляция».

Рис. 6. Средний тандемный каток HAMM HD75 [10]

В среднем, при уплотнении дорожного покрытия из асфальтобетонных смесей количество проходов среднего катка, согласно нормам, определяется в интервале 4-8 проходов. В экспериментальном случае количество проходов по участку уплотнения составило 8. Замеры степени уплотнения производились после 2, 4, 6 и 8 проходов с помощью плотномера асфальтобетона (ПАБ-1) (рис. 7).

Рис. 7. Плотномер асфальтобетона ПАБ-1 [11]

Полученные в процессе испытаний результаты систематизированы и занесены в табл. 1-3.

Сравнивая значения, полученные в ходе проведения эксперимента, можно сделать вывод, что для всех трех экспериментных составов ЩМА оптимальным способом уплотнения является вибрационное уплотнение.

Таблица 1

Результаты замеров коэффициента уплотнения K_y для щебенистого асфальтобетона марки ЩМА-20

Число проходов катка	Коэффициент уплотнения асфальтобетонного покрытия			
	Статическое уплотнение	Вибрационное уплотнение	Осцилляционное уплотнение	Нормативные требования
После укладчика	0,91	0,92	0,91	0,92
2 прохода	0,93	0,94	0,935	0,94
4 прохода	0,95	0,96	0,955	0,96
6 проходов	0,965	0,99	0,98	0,98
8 проходов	0,98	1,01	0,99	0,99

Таблица 2

Результаты замеров коэффициента уплотнения K_y для щебенистого асфальтобетона марки ЩМА-15

Число проходов катка	Коэффициент уплотнения асфальтобетонного покрытия			
	Статическое уплотнение	Вибрационное уплотнение	Осцилляционное уплотнение	Нормативные требования
После укладчика	0,91	0,91	0,915	0,92
2 прохода	0,925	0,94	0,93	0,94
4 прохода	0,95	0,96	0,955	0,96
6 проходов	0,97	0,985	0,975	0,98
8 проходов	0,98	1,01	0,99	0,99

Таблица 3

Результаты замеров коэффициента уплотнения K_y для щебенистого асфальтобетона марки ЩМА-10

Число проходов катка	Коэффициент уплотнения асфальтобетонного покрытия			
	Статическое уплотнение	Вибрационное уплотнение	Осцилляционное уплотнение	Нормативные требования
После укладчика	0,91	0,91	0,91	0,92
2 прохода	0,925	0,94	0,93	0,94
4 прохода	0,95	0,97	0,955	0,96
6 проходов	0,97	1,0	0,975	0,98
8 проходов	0,985	1,02	0,99	0,99

Проанализировав результаты экспериментального уплотнения выбранным катком тремя режимами уплотнения, можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее эффективным способом для уплотнения всех выбранных трех марок ЩМА явилось вибрационное уплотнение. Это является результатом двойного нагружения «статика + динамическое сжатие».

2. Достаточным числом проходов катка для обеспечения нормативных значений K_y в режиме вибрационного уплотнения во всех трех случаях стало шесть проходов.

3. Было замечено, что дальнейшее увеличение числа проходов приводит к разрушению в составе ЩМА щебня из-за чрезмерного уплотнения.

4. Статическое уплотнение средним катком щебенистого асфальтобетона в смеси имел значения K_y ниже требуемых. Это объясняется большим процентным содержанием щебня, который делает каркасную структуру уплотняемого материала более жестким.

5. Соответственно, для достижения нормативных значений K_y статическим способом уплотнения требуется увеличение числа проходов катка, которые повышают амортизационные и эксплуатационные расходы применения катков, увеличивается время процесса уплотнения, что является экономически и технологически не целесообразным.

6. Результаты замеров коэффициента уплотнения щебенистого асфальтобетона осцилляционным методом оказались промежуточными в сравнении результатов уплотнения статическим и вибрационным методами.

Заключение

Практическое внедрение в дорожно-строительную отрасль, предложенных в статье подходов к уплотнению, направлено на повышение качества уплотнения верхних слов дорожного покрытия из ЩМА и оптимизацию количества проходов уплотняющей техники в зависимости от применяемых видов уплотнения. При этом за счет применения наиболее рационального способа уплотнения увеличивается эффективность работы катков в целом. Сокращение числа проходов до шести раз сокращает время технологического процесса уплотнения. Тем самым достигается экономия амортизационных расходов при эксплуатации катков.

Список библиографических ссылок

1. Костельов М. П., Перевалов В. П. Новая усовершенствованная технология устойчиво обеспечивает высокое качество уплотнения асфальтобетона // Дорожная техника и технологии (ДТТ). 2015. С. 120–132.
2. Костельов М. П., Пахаренко Д. В. Вероятностно-статистические помощники в оценке и повышении качества автомобильных дорог // Дорожная техника и технологии (ДТТ). 2008. С. 82–88.
3. Ремонт колейности на автомобильных дорогах // RoadMasters.ru : интернет журнал о строительстве дорог: http://roadmasters.ru/remont-dorogi/tekushchij/metody-remonta-kolejnosti.html (дата обращения 18.04.2019).
4. Парфеньевский Вестник // общ. полит. газета. URL: http://parfenevo.smi44.ru/ (дата обращения 18.04.2019).
5. Дорожные трещины покрытия. URL: https://roadtm.com/dorozhnye-treshhiny-asfaltobetonnogo-pokrytiya/ (дата обращения 18.04.2019).
6. Серазутдинов М. Н., Островская Э. Н., Петухов Н. П., Сидорин С. Г., Костельов М. П. Функциональные достоинства и недостатки виброкатков для уплотнения асфальтобетона // Дорожная техника и технологии (ДТТ). 2009. С. 42–52.
7. Выбоины. СМИ ФАРпресс. URL: https://www.autocentre.ua/avtopravo/dorogi/na-ukrainskih-dorogah-mogut-poyavitsya-znaki-vybo iny-345905.html (дата обращения 16.04.2019).
8. Технологии : автодороги. URL: http://road29.ru/technology/ (дата обращения 18.04.2019).
9. Габдуллин Т. Р. Новые технологии строительства дорог в России. // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений : сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф. Т.1. / БГТУ. Белгород, 2013. С. 109–113.
10. Hamm в Казани – спецтехника // FarPost.ru. URL: https://www.farpost.ru/kazan/auto/spectech/+/Hamm/?query=Hamm%2C+%D0%E0%E1%EE%F2%EE%E9&spectech State%5B%5D=used (дата обращения 18.04.2019).
11. Интерприбор // https://www.interpribor.ru/measuring-the-density-of-asphalt-concrete-pab-1 (дата обращения 18.04.2019).
12. Шарапов Р. Р., Харламов Е. В., Агарков А. М. К вопросу о разрушении материалов // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 5–8.
13. Габдуллин Т. Р., Загретдинов Р. В., Сахапов Р. Л. Моделирование систем управления дорожно-строительной техникой // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. т. 16. № 1 (2). С. 394–396.
14. Костельов М. П., Пахаренко Д. В. Чем и как уплотнять асфальтобетон в покрытиях при смене его типа, состояния и толщины слоя // Дорожная техника и технологии (ДТТ). 2007. С. 70–85.
15. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Modeling the dynamics of the chassis of construction machines // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Т. 738. № 1. С. 012119.
16. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark J. Thompson «Validation of Intelligent Technology», Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
17. 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

Fazleev Ilschat Ajdarovich
head of the central laboratory
E-mail: Ilschat.Fazleev@tatavtodor
Joint-stock company «Tatavtodor»
The organization address: 420107, Russia, Kazan, Dostoevsky st., 18/75

Optimization of compaction process of macadam-mastic asphalt in pavement covers

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to improve the quality of compaction of the top layer of pavement by optimizing the use of asphalt rollers, reducing depreciation costs for the use of compaction equipment and the financial costs of road construction.

Results. The main results of the study are to determine the optimal number of asphalt rollers passes when compacting the top pavement layer, depending on the type and condition of the material being compacted for a specific type of roller.

The proposed optimization is aimed at reducing the number of passes of asphalt rollers during the compaction of the top pavement layer, depending on the types of compaction used, the thickness of the compacted layer and the type of paving material.

Conclusions. The significance of the results obtained for the road-building industry consists in increasing the efficiency of using asphalt rollers and the productivity of their work, in rationally minimizing the total compaction time without compromising the quality of work performed.

Keywords: compaction, pavement, paving material, crushed stone mastic asphalt, road roller, number of passes, quality, efficiency, efficiency.

References

1. Kostelov M. P., Perevalov V. P. A new improved technology steadily ensures high quality compaction of asphalt concrete // Dorozhnaya tekhnika i tekhnologii (DTT). 2015. P. 120–132.
2. Kostelov M. P., Pakharenko D. V. Probabilistic-statistical assistants in assessing and improving the quality of roads // Dorozhnaya tekhnika i tekhnologii (DTT). 2008. P. 82–88.
3. Repair of ruts on highways // RoadMasters.ru: an online magazine about road construction. URL: http://roadmasters.ru/remont-dorogi/tekushchij/metody-remonta-kolejnosti.html (reference date: 18.04.2019).
4. Parfen'evsky Herald // Soc. polit. newspaper. URL: http://parfenevo.smi44.ru/ (reference date: 18.04.2019).
5. Road crack coating. URL: https://roadtm.com/dorozhnye-treshhiny-asfaltobetonnogo-pokrytiya/ (reference date: 18.04.2019).
6. Serazutdinov M. N., Ostrovskaya E. N., Petukhov N. P., Sidorin S. G., Kostelov M. P. Functional advantages and disadvantages of vibratory rollers for compacting asphalt concrete // Dorozhnaya tekhnika i tekhnologii (DTT). 2009. P. 42–52.
7. Potholes. Media Farpress. URL: https://www.autocentre.ua/avtopravo/dorogi/na-ukrainskih-dorogah-mogut-poyavitsya-znaki-vyboiny-345905.html (reference date: 18.04.2019).
8. Technologies : highways. URL: http://road29.ru/technology/ (reference date: 18.04.2019).
9. Gabdullin T. R. New road construction technologies in Russia. // Innovative materials, technologies and equipment for the construction of modern transport facilities. Collection of reports of the Intern. scientific-practical conf. Vol. 1. / BGTU, 2013. P. 109–113.
10. Hamm in Kazan – special equipment FarPost.ru. URL: https://www.farpost.ru/kazan/auto/spectech/+/Hamm/?query=Hamm%2C+%D0%E0%E1%EE%F2%EE%E9& spectechState%5B%5D=used (reference date: 18.04.2019).
11. Interpribor. URL: https://www.interpribor.ru/measuring-the-density-of-asphalt-concrete-pab-1 (reference date: 18.04.2019).

12. Sharapov R. R., Kharlamov E. V., Agarkov A. M. On the issue of the destruction of materials // Mekhanizatsiya stroitel'stva. 2017. T. 78. № 11. P. 5–8.
13. Gabdullin T. R., Zagretdinov R. V., Sakhapov R. L. Modeling of road construction equipment control systems // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2014. T. 16, №. 1 (2). P. 394–396.
14. Kostelov M. P., Pakharenko D. V. How and how to compact asphalt concrete in coatings when changing its type, condition and layer thickness // Dorozhnaya tekhnika i tekhnologii. 2007. P. 70–85.
15. 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.
16. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark J. Thompson «Validation of Intelligent Technology», Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
17. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom : ICE Publishing, 2014. 588 p.

УДК 69:338.26
Петропавловских Ольга Константиновна
старший преподаватель
E-mail: olga_konst@mail.ru
Логинова Ольга Анатольевна
кандидат технических наук, доцент
E-mail: loginova@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Апакова Диана Радиковна
инженер-сметчик
E-mail: apakova.diana@mail.ru
ООО «Техно-Р»
Адрес организации: 420054, Россия, г. Казань, ул. Техническая, д. 52
Алиуллина Гульназ Ильдусовна
инженер 3 категории
E-mail: gulnazaliullina@mail.ru
ООО «ИК «Спектр»
Адрес организации: 420061, Россия, г. Казань, ул. Космонавтов, д. 44
Ибрагимова Ания Айратовна
инженер
E-mail: anyia13@mail.ru
ООО «Автодороги и сооружения»
Адрес организации: 420087, Россия, г. Казань, ул. Карбышева, д. 15

Управление проектами при строительстве искусственных сооружений

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – определить особенности управления строительством искусственных сооружений с применением современных программных продуктов.

Определены следующие задачи:

1) рассмотреть Spider Project, его основные достоинства и недостатки, и принципы работы программного комплекса;

2) рассмотреть Primavera, его основные достоинства и недостатки, и принципы работы программного комплекса;

3) рассмотреть Microsoft Project, его основные достоинства и недостатки, и принципы работы программного комплекса;

4) Изучить примеры работ в программном комплексе Spider Project.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в рассмотрении три программных комплексов для управления проектами и построения календарных планов. Представлены их основные положительные и отрицательные опции. Выявлены оптимальные области применения программных комплексов.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что при использовании современных методов управления проектами, можно установить оптимальные сроки строительства искусственных сооружений, эффективно разработать проект производства работ по монтажу мостовых конструкций, подобрать высокотехнологичные комплекты машин и механизмов, а так же грамотно скоординировать процесс управления строительством в целом в соответствии с плановыми показателями.

Ключевые слова: управление проектами, мост, мостовые сооружения, программный комплекс, календарный план, планирование, Spider Project, Primavera, Microsoft Project.

Введение

При строительстве мостовых сооружений важной особенностью является то, каким образом происходит, управление строительством. Ведь именно от того, как будет вестись управление проектом, зависит время строительства того или иного объекта, затраты материалов и механизмов, а также затраты рабочей силы. При правильном управлении и построении календарных планов можно значительно сократить затраты по времени, исключить перерасход материалов.

Управление проектами – это область деятельности, где определяются и достигаются четкие цели посредством балансирования между объемами работ, ресурсами (деньги, трудовые ресурсы, материалы, пространство, энергия и др.), качеством, временем и рисками.

История развития проектного управления

Первые «шаги» в области управления проектами были сделаны еще египтянами при строительстве пирамид в 2540-х годах до н.э. Однако, как самостоятельная дисциплина, она возникла лишь в 30-е годы XIX века. Специалисты из Соединенных Штатов Америки разработали проекты для управления в области авиации (US Air Corporation) и нефтегазовой области (фирма Exxon). Именно они положили основу современным методам.

В 1956 г. М. Уолкер (фирма «Дюпон») и Д. Келли (фирма «Ремингтон Рэнд») совместными усилиями создали простой, но в то же время рациональный, метод с использованием ЭВМ. Сначала он так и назывался – «метод Уолкера-Келли». Однако с течением времени он был переименован и стал именоваться как «Метод Критического Пути (CMP – Critical Parth Method) [1].

Большой скачок в области управления проектами был сделан после создания метода анализа и оценки программ PERT (Program Evaluation and Review Tehnique) корпорацией «Локхид» и консалтинговой фирмой «Буз, Аллен энд Гамилтон». Метод разработан специально для проекта ракетной системы «Поларис» (начат в 1957 году). Ввиду ограниченности сроков, большого количества задач (60 тысяч) и наличия около 3800 подрядчиков программа PERT сделала точное и подробное планирование с описанием каждого момента времени и видами работ, которые необходимо выполнить. Благодаря созданию такой программы удалось выполнить все работы раньше срока, чем она и зарекомендовала себя в разных областях (в том числе для вооруженных сил).

В 1966-х годах разрабатывается система GERT (Graphical Evaluation and Review Technique), которая основана на использовании новой генерации сетевых моделей.

В 70-х годах система CRM (Customer Relationship Management System) получила законодательную поддержку и начала преподаваться в учебных заведениях Соединенных Штатов Америки. В этот же период разрабатываются методы управления конфликтами, так же организационные структуры управления проектами (1977-е годы).

Сравнительная характеристика программных комплексов

Рядом ученых КГАСУ (научный журнал «Известия КГАСУ» № 2 (24), С. 301–307), был сделан вывод о том, что для проектов в области строительства искусственных сооружений (в том числе линейно протяженных искусственных сооружений) наиболее удобными и приспособленными являются такие программы как Spider Project, Microsoft Project и Primavera Project Management.

Программа Spider Project (разработчик В.И. Либерсон, Россия) вышла в свет в 1992 году, применялась компанией ПАО «Газпром» и рядом мелких строительных компаний. Спрос на программу был небольшой, так как стоимость была достаточно высокой ввиду новизны. Однако подрядчики крупномасштабных объектов (например, строительство олимпийской деревни на ул. Вернадского, Москва) вынуждены были применить программу Spider Project, так как большое количество ресурсов и ограниченность во времени не позволяли выполнить проект в срок [2].

Данная программа оказалась очень удобной и на сегодняшний день применяется в 32-х странах мира, в том числе и по всей России. Spider Project применяется не только

при строительстве крупных объектов промышленного и гражданского строительства, но и при строительстве малых, средних и больших мостов и мостовых переходов в целом.

Spider Project может решить задачи, которые не под силу другим аналогичным программам (например, составление расписания с учетом ограничений по поставкам и финансированию). Так же стоит отметить, что программа имеет сильный математический аппарат, который может работать в условиях многозадачности.

Система Spider Project изначально была разработана независимой от других программ (не учитывая операционную систему Windows). При разработке проекта она использует свою собственную базу данных и систему хранения информации, что является неоспоримым достоинством.

При необходимости информацию из Spider Project можно как экспортировать в другие программы (например, в Microsoft Project или в Primavera Project Management), так и импортировать из них. Однако при экспортировании в эти программы в проект могут вноситься изменения из-за их ограниченного функционала.

На сегодняшний день большим преимуществом Spider Project является ее совместимость со сметными программами (например, Гранд-Смета). Она создает справочники расценок на единицу объема работ (продукции), тем самым позволяя установить цену на весь требуемый объем работ. Помимо сметных программ, программисты произвели увязку Spider Project с восьмой версией 1С. В Гонконге удачно применяют Spider Project совместно с Автокадом для составления моделей строительства высотных зданий.

Программа Spider Project имеет широкий спектр возможностей, например:

- управление бюджетом, заложенным в проект – мультивалютность, дисконтирование, анализ экономической эффективности, рентабельности и др.;
- составление оптимального расписания, при котором достигается уменьшение сроков реализации проекта на 15-20 %;
- управление сроками, стоимостью и рисками проектов;
- планирование поставок материальных ресурсов на объект строительства;
- организация документооборота по проекту, ведение архивов и др.

Microsoft Project (MSP) – программа, предназначенная для управления проектами (разработки планов, распределения ресурсов, анализа объемов работ и др.). Разработана компанией Microsoft. Идею создания такой программы предложил Рон Бредхофт в начале 1980-х годов. Первая версия программы была выпущена в 1984 году для DOS. Версия же для Microsoft была разработана лишь в 1990 году.

При помощи этой программы можно решить следующие задачи:

- разработка проекта с применением интеллектуальных подсказок, которые делают работу в программе удобной как для новичка, так и для опытного пользователя;
- создание сетевых диаграмм с возможностью выравнивания ресурсов;
- создание задач, указание сроков выполнения работ, в результате чего получается модель, максимально приближенная к реальным условиям;
- расчет критического пути (критический путь – самый длинный путь реализации задачи, заданной проектом, в модели ее реализации);
- выделение проблемной задачи;
- возможность изменения данных в процессе работы над проектом;
- создание шаблонов проектов.

Primavera – программное обеспечение для управления проектами. Оно было разработано в 1983 г. в США компанией Primavera Systems, Inc.

Изначально Primavera была создана для управления крупными строительными объектами (например, атомные электростанции, высотные здания и пр.) и называлась как Primavera Project Planner. Однако с течением времени на основе нее было разработано большое количество других программ (в том числе и для управления проектами ремонта и технического обслуживания объектов – зданий, сооружений и транспорта) под разными названиями. Но в 2005 г. разработчики объявили об унификации всех названий, и на сегодняшний день программное обеспечение по управлению проектами называется «Primavera».

Возможности программы Primavera:

- реализация проектов разной сложности;

- проектный менеджмент;
- оценка рисков, анализ трендов;
- работа в условиях многозадачности;
- накопление, хранение и анализ информации.

Неоспоримым преимуществом Primavera является то, что пользователь программы может получить доступ к информации, имеющейся в программе, согласно своему статусу. Пользователем может быть любой человек, участвующий в проекте или косвенно задействованный. Так же стоит отметить, что все внесенные изменения вносятся в базу данных и отражаются в реальном времени. Также необходимо отметить, что в рамках данной темы существует понятие треугольник проекта: просмотр проектов с точки зрения времени, стоимости и объема.

Таким образом, можно визуализировать работу проекта разными способами. Эта тема имеет много вариаций, но основная концепция заключается в том, что каждый проект имеет некоторый элемент ограничения по времени, имеет некоторый тип бюджета и требует некоторого количества работы для завершения. Другими словами, он имеет определенный объем [3].

В одной из статей [4] рассматривается три ограничения по отдельности. Ограниченное время является по-настоящему единственным ограничением. Если люди работают над проектом, они могут не знать о стоимости и объемах всех работ, но все знают о времени работ. О стоимости можно думать просто в денежном выражении, но стоимость проекта имеет более широкое значение: затраты включают в себя все ресурсы, необходимые для реализации проекта. Затраты включают людей и оборудование, которое выполняет работу, материалы, которые они используют, и все другие события и проблемы, требующие денег или чьего-то внимания в проекте. Можно рассмотреть два аспекта сферы действия объема: объем продукта и объем проекта. Каждый успешный проект производит уникальный продукт: материальный предмет или услугу. Объем описывает предполагаемое качество и функции продукта. Документы, которые описывают эту информацию, иногда называют спецификациями продукта. Объем проекта, с другой стороны, описывает работу, необходимую для доставки продукта или услуги.

Построение календарного графика в программе Spider Project

Рассмотрим построение календарных графиков в программе Spider Project на примере строительства автодорожного моста через р. Селенга в Республике Бурятия и надземного пешеходного перехода в г. Ялта.

Мостовой переход через р. Селенга расположен вблизи г. Улан-Удэ. Рассмотрим продольный профиль данного мостового перехода, представленного на рис. 1.

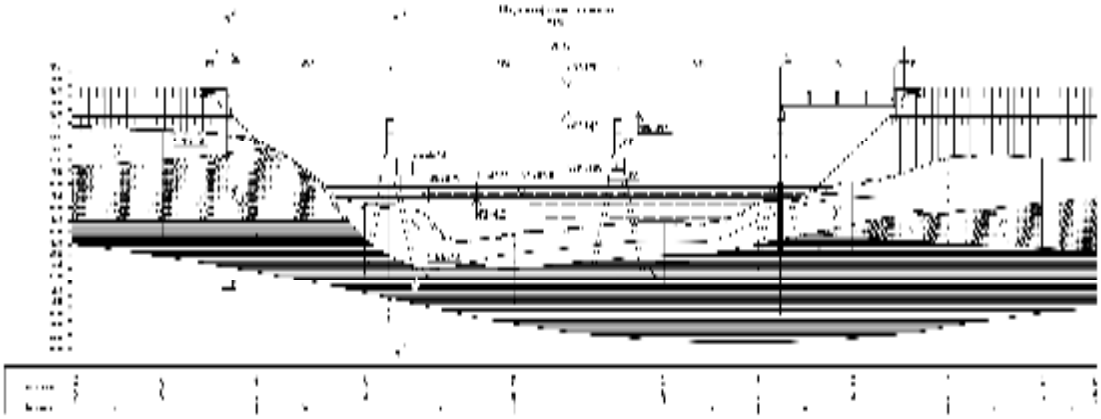


Рис. 1. Продольный профиль мостового перехода через р. Селенга (иллюстрация авторов)

Состоит из неразрезных (60+84+60 м) и одного разрезного (42 м) пролетов. Основной пролет длиной 84 м перекрывает судоходную часть реки Селенга. Пролеты 60 м состоят из 6×10 м монтажных блоков, 84 м – 8×10,5 м, 42 м – 4×10,5 м. Соединение блоков во всех пролетах – болтовое (так как монтажная сварка запрещена в Северных

условиях). Для болтовых соединений применены болты 40Х «Селект» в исполнении ХЛ (холодный климат). Фундаменты промежуточных опор выполнены из буронабивных свай в количестве 30 штук на одну промежуточную опору; диаметр свай – 1400 мм, толщина стенки – 7 мм. Опора моста состоит из двух частей: нижняя – высотой 4,38 м – монолитная, из бетона марки М350, верхняя площадка выполнена с уклоном для стока воды; верхняя – 9,42 м – сборно-монолитная из несъемной опалубки заводского изготовления [5].

Так же на подходах к мосту предусмотрены насыпи подходов под автомобильную дорогу IБ категории. Ввиду больших объемов земляных работ проектом предусмотрено возведение подходов с применением гидромеханизации, а именно земснарядом марки Гидромех 1400 Dm.

Для того чтобы построить диаграмму Ганта работ в программе Spider Project, необходимо составить ведомость объемов работ и наименование машин и механизмов, применяемых при строительстве объекта. График производства работ в программе Spider Project можно сделать как по производительности, так и по длительности. В нашем случае производительность большинства ресурсов была не известна, и рассчитать их предоставляло некоторые трудности. Ввиду этого было принято решение составить график по длительности.

Исходя из имеющихся объемов работ, в программу были внесены данные по машинам, механизмам и рабочим (например, для армирования конструкций необходимы арматурщики разных разрядов). Зачастую большинство операций в строительстве повторяются, например, армирование фундамента, армирование ростверка, армирование тела опоры и т.д. В связи с этим для каждой подобной операции необходимо было бы набирать каждого вида рабочего по отдельности.

В Spider Project имеется функция «Мультиресурс», которая позволяет создать группы рабочих, выполняющих определенные виды работ. В случае если численность рабочих не достаточна, программа с учетом объемов работ и сроков, высчитывает необходимое количество трудовых ресурсов и предлагает повысить (либо понизить) количество рабочих. Тем самым, позволяя прийти к оптимальности в строительном производстве.

Важным элементом программы являются связи. Они производят увязку между рабочими операциями и позволяют определить последовательность работ. Так же связи позволяют учитывать работы, которые выполняются параллельно (например, при бетонировании всех опор мостовых переходов одновременно) [6].

Из элемента графика, изображенного на рис. 2, можно увидеть, что программа четко устанавливает дату и время начала и окончания работ, а так же длительность в днях и часах. Объемы работ и единицы измерения вводятся авторами самостоятельно [7].

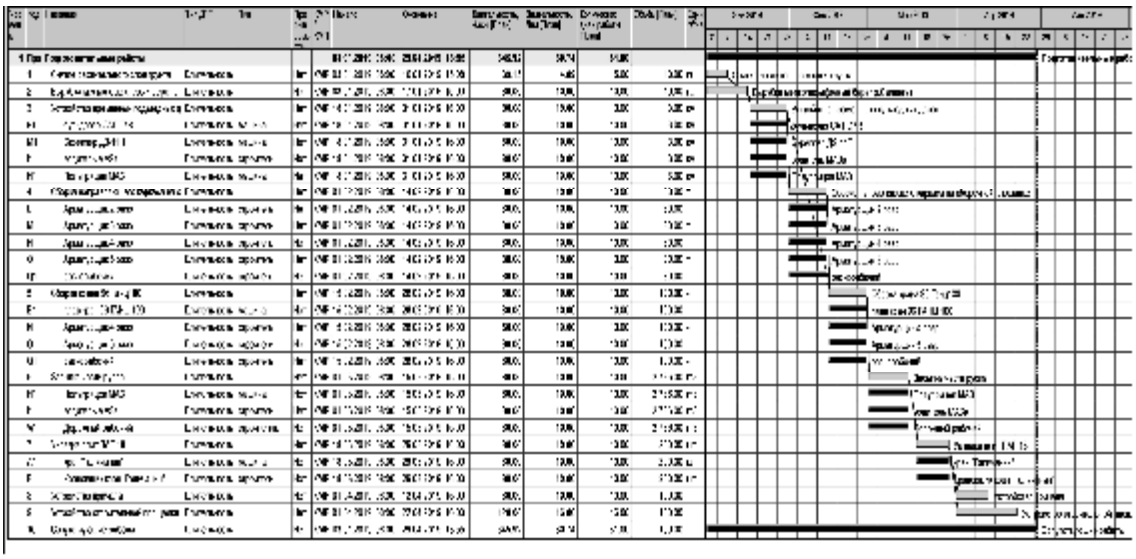


Рис. 2. Элемент календарного графика (Spider Project) строительства мостового перехода через р. Селенгу в республике Бурятии (иллюстрация авторов)

Рассмотрим проект организации строительства надземного пешеходного перехода в г. Ялте и сравним варианты монтажа пролетного строения, составив календарные графики в программном комплексе Spider Project (рис. 3).

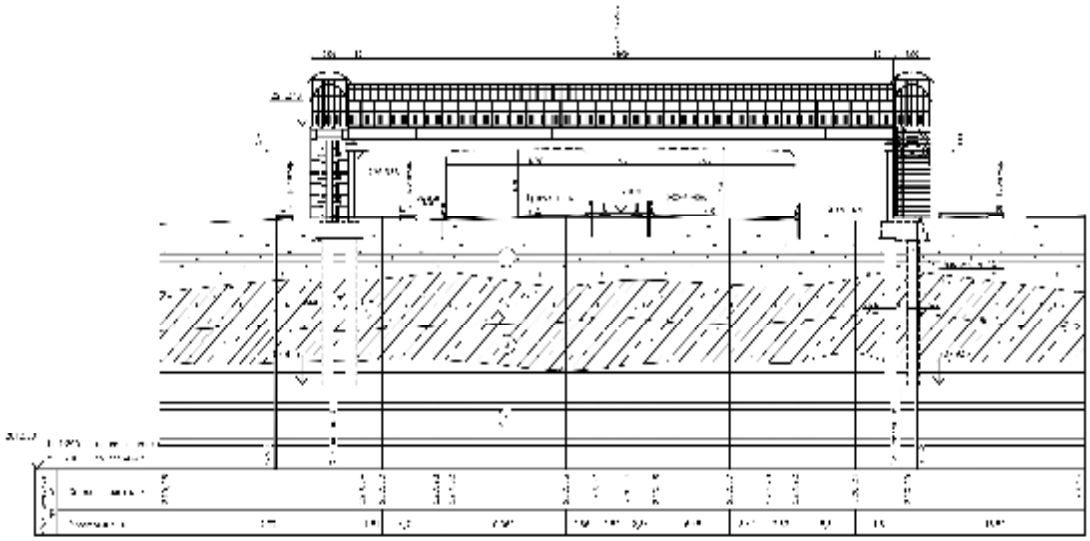


Рис. 3. Продольный профиль надземного пешеходного перехода в г. Ялте (иллюстрация авторов)

Пролётное строение надземного пешеходного перехода выполнено по неразрезной схеме диной 48 м и предназначено для установки на пешеходных мостах [8]. Полная длина пролетного строения с плитами лестничных сходов 54500 мм. Пролётные строения рассчитаны на постоянную и временную нагрузку от толпы 400 кг/м^2. Движение пешеходов осуществляется по железобетонной плите, покрытой литым асфальтобетоном. Класс бетона В25 по ГОСТ 26633-2015, марка бетона по водонепроницаемости не ниже W6 по ГОСТ 26633-2015, по морозостойкости не ниже F300 по ГОСТ 26633-2015. Сборные блоки железобетонной плиты укладываются на верхние пояса металлических пролетных строений балочной конструкции. Материал несущих элементов – сталь марки 15ХСНД-2 по ГОСТ 6713-91 [9]. Главные балки разбиты на 5 монтажных блоков полной заводской сборки. Балки состоят из 2 крайних блоков по 6 м, 3 промежуточных блоков по 12 м. Блоки объединены монтажными стыками на высокопрочных болтах М22-6дЧ70.110 по ГОСТ Р 52644-2006. Блоки-плиты опираются через клеецементный раствор (на основе эпоксидной смолы) на верхние горизонтальные листы главных балок пролётных строений и прикрепляются к ним с помощью высокопрочных болтов М22, натягиваемых усилием 220 кН. Зазор под плитой над металлическим горизонтальным листом заполняется цементно-песчаным раствором в теплое время года через отверстия в плите, предусмотренные для его нагнетания. Асфальтобетонное покрытие запроектировано 20 мм. Высота стенки h в поперечном сечении 1000 мм. Строительная высота от верха проезжей части до низа конструкции в пролете H=1258 мм.

Первый вариант предусматривает объединение двух монтажных блоков 6 и 12 метров с обеих сторон от проезжей части, таким образом, в проектное положение устанавливается 3 монтажных блока 18, 12 и 18 метров. Монтажный блок 12 метров монтируется с колес. Для данного способа монтажа необходимы две временные опоры и один автокран Liebherr.

Во втором варианте предусмотрено объединение трех монтажных блоков с одной стороны и двух – с другой, таким образом, получаются два монтажных блока по 30 и 18 метров. Для обеспечения проектной надежности необходима одна временная опора, но возникает ряд трудностей, заключающихся в монтаже. Монтаж 30 метрового блока осуществляется двумя кранами, для которых требуется устройство накаточных путей для поворота монтажного блока, а так же увеличение стапеля, что проблематично в условиях плотной городской застройки [10].

Было проведено технико-экономическое сравнение двух вариантов монтажа пролетного строения, составлены календарные планы, представленные на рис. 4.

В результате получено, что первый вариант дороже, но выигрывает в скорости монтажа на 2 дня, поэтому именно он принят как основной.

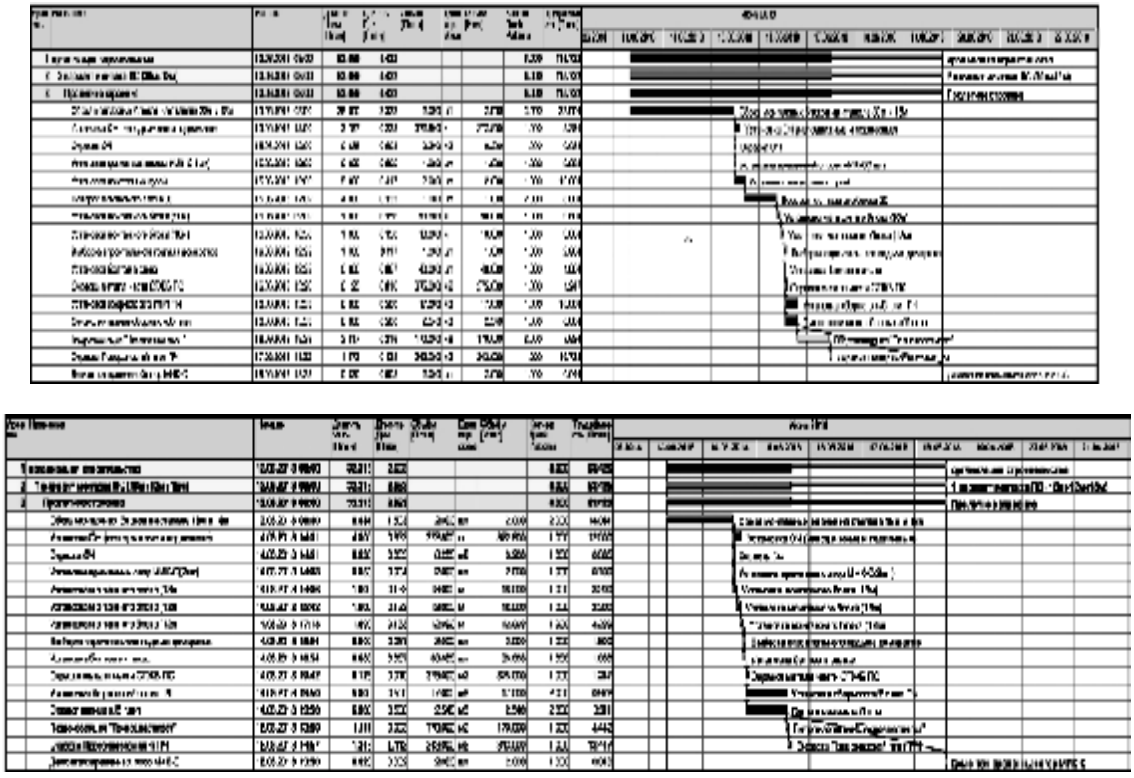


Рис. 4. Календарные планы 1 и 2 вариантов монтажа пролетного строения (Spider Project) строительства надземного пешеходного перехода в г. Ялте (иллюстрация авторов)

Spider Project позволяет рассчитать сроки строительства при каждом варианте монтажа, а так же рассчитать количество ресурсов, таких как потребление материалов в определенный период, количество машин и механизмов, рабочей силы.

Заключение

Значимость управления проектами в строительстве искусственных сооружений рассматривалась на примере строительства автодорожного моста через реку Селенгу в Республике Бурятии и надземного пешеходного перехода в городе Ялте.

Строительство мостового перехода через р. Селенгу велось с учетом местных строительных материалов, горно-геологических, гидрологических и климатических условий. Используя технологии возведения подхода с применением гидромеханизации и сокращения дальности перевозки основных конструкций металлического моста, удалось добиться значительного уменьшения сметной стоимости и сокращения сроков строительства.

В проекте производства работ по возведению надземного пешеходного перехода в г. Ялте при помощи программы Spider Project было составлено календарное планирование с учетом технологии производства работ и предусмотрено оптимальное расписание, при котором достигается уменьшение сроков реализации проекта на 15-20 %. В результате сравнения календарных планов по монтажу пролетного строения, можно сделать вывод о том, что в управлении строительством искусственных сооружений большое влияние оказывает технология производства работ. Эффективное применение методов и средств управления проектами (УП) в транспортном строительстве позволяет успешно реализовывать любой проект в соответствии с высокими стандартами качества, добившись в срок поставленных целей, сэкономив время и уменьшив риск.

Список библиографических ссылок

1. Мироненко Н. В., Леонова О. В. Эволюция развития проектного управления в России и за рубежом // Управленческое консультирование. 2017. № 6. С. 65–72.
2. Мозгалев К. М., Головнев С. Г., Мозгалева Д. А. Эффективность применения самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных зданий в зимних условиях // Вестник ЮУрГУ. 2014. № 1. С. 33–37.
3. Горбушин Б. П. Стандартному строительству стандартный метод организации работ // Строитель. 1932. № 14. С. 48–58.
4. Краткий курс управления проектами // AMAZON.CA : ежедн. интернет-изд. 2008. URL: https://www.amazon.com/Microsoft-Project-2016-Step/dp/0735698740 (дата обращения: 01.03.2019).
5. Петропавловских О. К., Алиуллина Г. И., Апакова Д. Р. Способы монтажа пролетных строений мостов через водные преграды и в условиях городской застройки // Техника и технологии транспорта. 2018. № 4 (9). С. 13–19.
6. Каримова Д. М., Голубев Н. В., Петропавловских О. К. Проект организации строительства моста в стесненных условиях // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки. 2013. № 1. С. 5–11.
7. Bellman R. Applied Dynamic Programming // Princeton University Press. № 32 1962. P. 2–3.
8. Майстренко И. Ю., Юсупов И. И., Зиннуров Т. А. Анализ проектной надежности ответственных узлов арочного пролетного строения пешеходного путепровода на основе численных и имитационных методов // Надежность. 2014. № 4. С. 21–30.
9. Pitagorsky G. How to manage projects // CMA – The Management Accounting Magazine. 1996. № 70 (10). P. 15–18.
10. Parviz F. R. From the Editor // Project Management Journal. 2000. № 31 (4). P. 20–25.

Petropavlovskih Olga Konstantinovna
senior lecturer
E-mail: olga_konst@mail.ru
Loginova Olga Anatolyevna
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: loginova@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Apakova Diana Radikovna
engineer estimator
E-mail: apakova.diana@mail.ru
LLC «Tehno-R»
The organization address: 420054, Russia, Kazan, Tehnicheskaya st., 52
Aliullina Gulnaz Ildusovna
3rd category engineer
E-mail: gulnazaliullina@mail.ru
LLC «IK «Spektr»
The organization address: 420061, Russia, Kazan, Kosmonavtov st., 44
Ibrsgimova Aniia Airatovna
engineer
E-mail: anyia13@mail.ru
LLC « Avtodorogi i sooruzheniya »
The organization address: 420087, Russia, Kazan, Karbyshev st., 15

Project management in the construction of artificial structures

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to determine the specifics of managing the construction of artificial structures using modern software products. The following tasks are defined:

1) to consider the Spider Project, the main advantages and disadvantages and principles of the software package;

2) to consider Primavera, the main advantages and disadvantages and principles of the software package;

3) to consider the Microsoft Project, the main advantages and disadvantages and principles of the software;

4) Study the examples of work in the software package Spider Project.

Results. Main results of the research: three software packages for project management and calendar planning were considered. Presents their main positive and negative options. Identified optimal areas of application software systems.

Conclusions. The significance of the results for transport construction is that with the use of modern project management methods, it is possible to establish optimal construction time of artificial structures, effectively develop a project for the installation of bridge structures, select high-tech sets of machines and mechanisms, and also competently coordinate the management process construction as a whole in accordance with the planned indicators.

Keywords: project management, bridge, bridges, software, schedule, planning, Spider Project, Primavera, Microsoft Project.

References

1. Mironenko N. V., Leonova O. V. Evolution of project management development in Russia and abroad // Upravlencheskoye konsultirovaniye. 2017. № 6. P. 65–72.
2. Mozgalev K. M., Golovnev S. G., Mozgaleva D. A. The effectiveness of the use of self-compacting concrete in the construction of monolithic buildings in winter conditions // Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. № 1. P. 33–37.
3. Gorbushin B. P. Standard construction standard method of work organization // Stroitel. 1932. № 14. P. 48–58.
4. A short course in project management // AMAZON.CA : daily. Internet-edit. 2008. URL: https://www.amazon.com/Microsoft-Project-2016-Step/dp/0735698740 (reference date: 01.03.2019).
5. Petropavlovskikh O. K., Galiullina G. I., Apakova D. R., Methods of installation spans of the bridges over water obstacles and in conditions of urban development // Tekhnika i tekhnologii transporta. 2018. № 4 (9). P. 13–19.
6. Karimova D. M., Golubev N. V., Petropavlovskikh O. K. The project of the organization of construction of the bridge in the constrained conditions // Nauchnoye soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Tekhnicheskiye nauki. 2013. № 1. P. 5–11.
7. Bellman R. Applied Dynamic Programming // Princeton University Press. № 32. 1962. P. 2–3.
8. Maistrenko I. Y., Yusupov I. I., Zinnurov T. A. Analysis of the design reliability of critical nodes of the arch span of the pedestrian overpass on the basis of numerical and simulation methods // Nadezhnost. 2014. № 4. P. 21–30.
9. Pitagorsky G. How to manage projects // CMA – the Management Accounting Magazine. 1996. № 70 (10). P. 15–18.
10. Parviz F. R. From the Editor // Project Management Journal. 2000. № 31 (4). P. 20–25.

УДК 631.352
Мудров Александр Григорьевич
доктор технических наук, профессор
E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Мудрова Анна Александровна
соискатель
E-mail: annamudrova@mail.ru
Федеральная служба по аккредитации (Росаккредитация)
Адрес организации: 117312, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 7

Силовой анализ скоростного режущего аппарата

Аннотация

Постановка задачи. Для создания мощной корневой системы и крепкой дернины, откосы автодорог засеваются травами или они зарастают естественно различным травостоем и кустарником, что требует определенного ухода за их содержанием, в том числе, подкашиванием.

Известные режущие аппараты отечественного производства не всегда подходят для скашивания неоднородной растительности. Они имеют ограниченные скорости резания стеблей, большие инерционные моменты, большие затраты энергии, плохо срезают кустарниковые заросли и т.д.

Цель исследования – разработать универсальный скоростной режущий аппарат для скашивания трав и кустарниковых насаждений откосов, лишенный недостатков известных аппаратов, провести силовой анализ и оптимизацию силовых воздействий.

Результаты. В результате исследования предложена новая конструкция скоростного режущего аппарата на базе плоского параллелограммного механизма, шатун которого выполняет роль носителя ножевой полосы с сегментами, обеспечивая высокие скорости резания без трения с противорежущими пластинами, определены давления подвижных звеньев на раму и метод устранения динамических колебаний.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в создании нового эффективного скоростного режущего аппарата для скашивания травостоя и кустарника откосов автодорог.

Ключевые слова: откосы дорожного полотна, режущий аппарат, механизм плоский и пространственный, выравнивание динамических колебаний.

Введение

Для скашивания сельскохозяйственных культур в России широко используются отечественные аппараты косилочного типа, ротационные и дисковые косилки. Однако эти типы режущих аппаратов практически исчерпали свои эксплуатационные возможности и имеют существенные недостатки.

Так, аппараты косилочного типа имеют низкую производительность, так как скорость резания стеблей ограничена, при работе возникают большие знакопеременные инерционные усилия, вибрация рамы, шум. Кроме того, имеется повышенный расход энергии из-за трения между режущими и противорежущими сегментами, недолговечность режущих кромок ножей, обрезка кустарников и толстостебельных культур на откосах дорог неудовлетворительная [1, 2].

Режущие аппараты ротационного типа, обеспечивают резание тонкостебельных злаковых и трав при весьма больших скоростях рабочего органа (50-100 м/с), что накладывает ограничения на увеличение производительности аппаратов, приводит к увеличению расхода энергии и отрицательно сказывается на их эксплуатационной надежности [3, 4].

Публикации иностранных ученых [5-8] в основном касались режущих аппаратов косилочного и ротационного типов, недостатки которых остаются те же, что и в аппаратах отечественных машин.

По этой причине назрела необходимость в дальнейшем развитии теории и разработки принципиально новых конструкций режущих аппаратов и их рабочих органов, чему и посвящена данная статья, где предлагается новая конструкция скоростного режущего аппарата с круговым движением ножевой полосы, защищенная патентом РФ [9]. Режущий аппарат лишен основных недостатков известных аппаратов.

Анализ и обсуждение исследования

Скоростной режущий аппарат использует в качестве ножевой полосы с режущими сегментами шатун плоского четырехзвенного механизма (рис. 1), конструкция его практически не исследована, в том числе и по силовым показателям. Здесь исследуется силовой анализ его механизма, состоящего из звена 1 – ведущего кривошипа, звеньев 2 и 3 – ведомых кривошипов, источника привода – 4 и ножевой полосы – 5 с режущими сегментами.

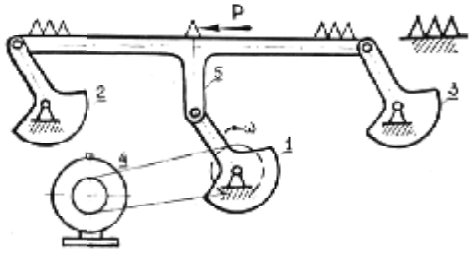


Рис. 1. Схема скоростного режущего аппарата (иллюстр. авторов)

Известно, что $P=f(\varphi)$ – усилие резания стеблей, J_1 – момент инерции ведущего звена с учетом момента инерции отнесенной к этому звену массы ножа; J_2 и J_3 – моменты инерции ведомых кривошипов с учетом моментов инерции отнесенной к ним частей масс ножевой полосы; n – частота вращения кривошипов.

Закон изменения усилия резанию стеблей принят синусоидальным [10].

За один оборот кривошипов резание стеблей осуществляется на углу поворота от 0 до π (рис. 2 а). Тогда усилие резания определится формулой $P=-P'sin\varphi$ (где P' – максимальное усилие резания, φ – угол поворота кривошипа.

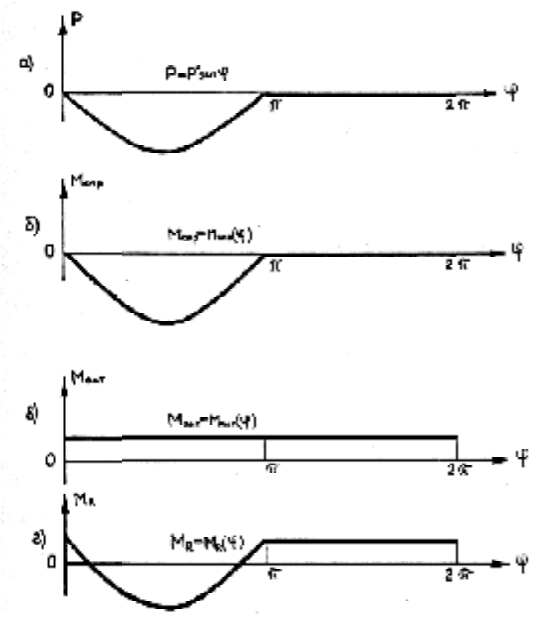


Рис. 2. Графики сил и моментов (иллюстрация авторов)

При установившемся движении, силы на резание равны силам сопротивления резанию, а секундная мощность сил резания равна произведению момента сопротивления резанию на угловую скорость, т.е. $P \cdot v = M_c \cdot \omega$, отсюда момент сопротивления (рис. 2б) равен:

$$M_c = -\frac{P \cdot v}{w} = -\frac{P \cdot v \cdot w}{w} = -P' \cdot r \cdot \sin\varphi \quad . \tag{1}$$

Известно, что при установившемся движении приращение кинетической энергии вращающегося тела равно нулю, т.е.:

$$-\int_0^{p} M_c(\varphi) + M_a \cdot 2p = 0, \tag{2}$$

где M_a – постоянный момент, приложенный к ведущему кривошипу.

Из выражения (2) определяется постоянный момент (рис. 2в):

$$M_a = \frac{\int_0^{p} M_c(\varphi)}{2p} = \frac{\int_0^{p} P' r \cdot \sin\varphi \cdot d\varphi}{2p} = \frac{2P' r}{2p} = \frac{P' \cdot r}{p}. \tag{3}$$

Поскольку резание стеблей происходит на первой половине оборота кривошипов, а вторая половина происходит без резания (холостой ход), кривошипы вращаются с неравномерной угловой скоростью, следовательно, и с переменным ускорением в пределах одного оборота. Неравномерность характеризуется степенью неравномерности, которая определяется из уравнения движения в форме живых сил и приводится в окончательном виде без промежуточных преобразований, по выражению:

$$\delta = \frac{\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M_p(\varphi)}{A w_c^2} = \frac{\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} P' \cdot r \cdot \sin\varphi \cdot d\varphi}{J w_c^2} = \frac{P' \cdot r \left| -\cos\varphi \right|_{\varphi_1}^{\varphi_2}}{J w_c^2}, \tag{4}$$

где J – общий момент инерции вращающихся звеньев;

φ_1 и φ_2 – углы поворота кривошипов, при которых M_p=0 (их значение $\varphi_1 = arc \cdot sin 1/\pi$, $\varphi_2 = 180^0 - \varphi_1$);

ω_c – среднее значение угловой скорости.

Так как кривошипы с ножевой полосой вращаются с переменным угловым ускорением, возникает инерционный момент, отрицательно действующий на работу режущего аппарата и долговечность его деталей. Необходимо определить величину этого момента и предложить способ уменьшения влияния его на колебание рамы.

Для определения момента представим схему сил, приложенных к отдельным звеньям режущего аппарата (рис. 3), их равнодействующие R_1, R_2, R_3, R_4 и Q_5 – общее давление подвижных звеньев на раму (станину) [11, 12].

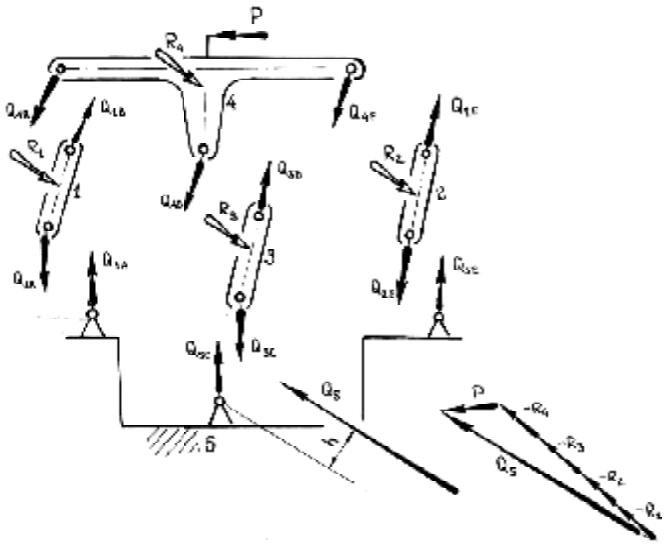


Рис. 3. Схема сил, приложенных к звеньям режущего аппарата (иллюстрация авторов)

На основании свойств равнодействующей имеем:

$R_1=Q_{1B}+Q_{1A}$; $R_2=Q_{2F}+Q_{2E}$; $R_3=Q_{3C}+Q_{3D}$; $R_4=Q_{4F}+Q_{4B}+Q_{4D}+P$; $Q_5=Q_{5E}+Q_{5A}+Q_{5C}$.

Приняв во внимание, что $Q_{4B}+Q_{1B}=0$; $Q_{4D}+Q_{3D}=0$; $Q_{4F}+Q_{2F}=0$; $Q_{1A}+Q_{5A}=0$; $Q_{3C}+Q_{5C}=0$; $Q_{2E}+Q_{5E}=0$, после сложения получаем $P=R_1+R_2+R_3+R_4+Q_5$. Откуда общее давление подвижных звеньев на станину определится $Q_5=P-R_1-R_2-R_3-R_4$.

Также на основании свойств равнодействующей будем иметь $MR_1=M_{1B}+M_{1A}$; $MR_2=M_{2F}+M_{2E}$; $MR_3=M_{3C}+M_{3D}$; $MR_4=M_{4F}+M_{4B}+M_{4D}+M_P$; $M_5=M_{5E}+M_{5A}$.

Так как: $M_{4B}+M_{1B}=0$; $M_{4D}+M_{3D}=0$; $M_{4F}+M_{2F}=0$; $M_{1A}+M_{5A}=0$; $M_{3C}+M_{5C}=0$; $M_{2E}+M_{5E}=0$.

После сложения моментов получаем, $M_P+M_1=MR_1+MR_2+MR_3+MR_4+M_5$. Отсюда определяется момент M_5 на станине:

$$M_5=M_P+M_1-MR_1-MR_2-MR_3-MR_4.$$

Если равнодействующую силу заменить главным вектором и главным моментом, то уравнение примет вид:

$$M_5=Q\cdot h=M_P+M_1-MR_1-MR_2-MR_3-MR_4-\varepsilon_1J_1-\varepsilon_1J_2-\varepsilon_1J_3.$$

При практическом уравновешивании механизма режущего аппарата $R_1=R_2=R_3=R_4=0$ и $MR_1=MR_2=MR_3=MR_4=0$, тогда $M_5=Q\cdot h=M_P+M_1-\varepsilon_1(J_1+J_2+J_3)$, учитывая, что $M_p=-P'\cdot r\cdot\sin\varphi$ и $M_1=P'r/\pi$, давление на станину (раму) запишется:

$$M_5=P'\cdot r/\pi-P'\cdot r\cdot\sin\varphi-\varepsilon_1\cdot J_n. \quad (5)$$

Здесь первый член уравнения есть активный момент, величина которого постоянна, $P'\cdot r\cdot\sin\varphi$ – момент от силы резания стеблей, $\varepsilon_1\cdot J_n$ – момент от неравномерного вращения кривошипов, от которого, в основном, и происходят колебания рамы, величину которого необходимо уменьшить.

Нами предложен способ уменьшения неравномерности вращения кривошипов режущего аппарата (рис. 4а), следовательно, уменьшения инерционного момента, действующего на раму точно таким же моментом от механизма (рис. 4б), но с противоположным знаком, в этом случае суммарное значение колебаний приближается к нулевому значению (рис. 4в).

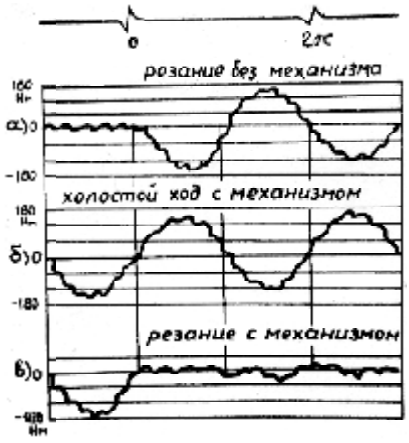


Рис. 4. Графики колебаний рамы от режущего аппарата, механизма и суммарное значение (иллюстрация авторов)

Как было отмечено ранее, угловая скорость ведомых кривошипов режущего аппарата является величиной переменной (рис. 4а), изменяющейся по определенному закону с некоторой степенью неравномерности, определяемую выражением (4).

$$\delta=\frac{P'r\left|-\cos\varphi\right|_{\varphi_1}^{\varphi_2}}{Jw_c^2}.$$

Таким образом, необходим механизм, который был бы сконструирован таким образом, чтобы его выходное звено имело такое же переменное значение вращения и степени неравномерности на одном обороте (рис. 4б), что и степень неравномерности режущего аппарата (рис. 4а).

Из многообразия механизмов нами выбран пространственный четырехзвенный механизм с вращательными шарнирами, геометрические оси которых скрещиваются под

углами α_1 и α_2 и расположены на кратчайших расстояниях ℓ_1 и ℓ_2 друг от друга и связаны соотношением [13, 14]:

$$\frac{\mathbf{l}_1}{\mathbf{l}_2} = \frac{\sin a_1}{\sin a_2}. \quad (6)$$

У механизма ведомый кривошип вращается с переменной угловой скоростью в пределах одного оборота, при этом степень неравномерности его вращения определяется через соотношение углов скрещивания – α_1 и α_2, выражением:

$$d = 2\frac{\sin a_1 \cdot \sin a_2}{\cos a_2 - \cos a_1}. \quad (7)$$

Поэтому, для осуществления предложенного способа уменьшения инерционного момента, необходимо сначала определить по выражению (4) степень неравномерности вращения кривошипов режущего аппарата – δ, а затем по найденному значению δ спроектировать пространственный механизм, у которого должна быть степень неравномерности такая же, как степень неравномерности режущего аппарата – δ. Делается это следующим образом.

В выражении (6) указаны соотношения параметров пространственного механизма, два из которых принимаются предварительно исходя из конструктивных соображений. Примем, например, значения угла скрещивания – α_2 и кратчайшее расстояние – ℓ_2, необходимо определить другие параметры механизма – α_1 и ℓ_1 в зависимости от δ – степени неравномерности вращения кривошипов режущего аппарата и α_2 и ℓ_2 пространственного механизма.

Для определения угла скрещивания осей шарниров механизма – α_1 возведем в квадрат левую и правую части равенства (7), получим:

$$d^2 = 4\frac{\sin^2 a_1 \cdot \sin^2 a_2}{(\cos a_2 - \cos a_1)^2},$$

или же после преобразования имеем:

$$(d^2 + 4\sin^2 a_1)\cos^2 a_1 - 2d^2 \cos a_2 \cdot \cos a_1 + d^2 \cos^2 a_2 - 4\sin^2 a_2 = 0.$$

Отсюда определяется значение угла α_1:

$$a_1 = \arccos\frac{d^2 \cos a_2 \pm 2\sin^2 a_2\sqrt{4+d^2}}{d^2 + 4\sin^2 a_2}. \quad (8)$$

Для определения кратчайшего расстояния ℓ_1 используют выражение (6):

$$\mathbf{l}_1 = \mathbf{l}_2\frac{\sin a_1}{\sin a_2}. \quad (9)$$

Таким образом, выражения (8)-(9) определяют параметры кривошипов пространственного механизма с требуемыми свойствами для уменьшения инерционного момента, суммарное колебание при этом значительно уменьшается (рис. 4в).

После этого, чтобы уменьшить колебания рамы, возникающей от неравномерного вращения кривошипов режущего аппарата, необходимо правильно закрепить ведущий кривошип режущего аппарата с ведомым кривошипом двухкривошипного механизма так, чтобы геометрические оси их длин располагались под углом β сдвига фаз, равному 220-225^0 (рис. 5).

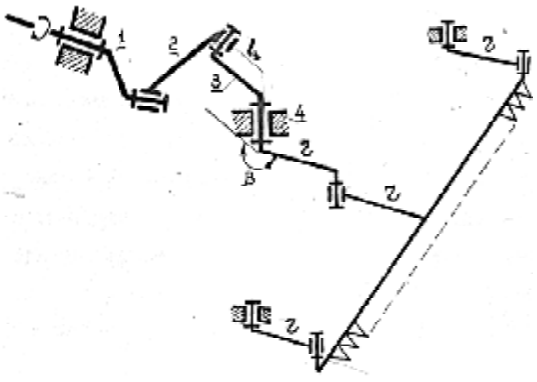


Рис. 5. Схема соединения механизма с режущим аппаратом (иллюстрация авторов)

Этот способ удобен еще и тем, что, в зависимости от вида срезаемой культуры, двухкривошипный механизм легко перестраивается, что важно при резании культур с различными физико-механическими свойствами.

Кроме того, механизм выполняет и функцию привода режущего аппарата. В данном случае потребовался бы механизм, который может передавать вращение из одной плоскости в другую, таким механизмом мог быть редуктор с коническими колесами.

Таким образом, предлагаемый способ выравнивания момента позволяет одновременно улучшить и передачу на режущий аппарат.

Ведомый кривошип пространственного механизма может быть присоединен к любому из кривошипов режущего аппарата, исходя из конструктивных соображений привода.

Таким образом, предлагаемый способ и устройство выравнивания момента является наиболее эффективным для данного режущего аппарата, так как момент, возникающий от неравномерного вращения кривошипов, устраняется точно таким же моментом, создаваемым двухкривошипным пространственным механизмом.

Заключение

1. Предложена конструкция нового скоростного режущего аппарата с круговым движением ножевой полосы, являющейся шатуном плоского параллелограммного механизма. Шарнирные соединения аппарата выполнены на стандартных подшипниках качения, имеющих высокий КПД и гарантированную защиту от абразивной среды, при этом в аппарате отсутствует трение между ножевой полосой и противорежущим брусом. Он обеспечивает высокую скорость резания и чистоту среза, как толстостебельных, так и кустарниковых культур.

2. Так как конструкция режущего аппарата обладает существенной новизной, он пока мало исследован, в том числе, по силовым показателям.

3. Проведен силовой анализ режущего аппарата, в результате которого реализован способ устранения момента, действующего на раму от неравномерного вращения кривошипов. В способе применен принцип «подобное устраняется подобным» – определена степень неравномерности вращения ножевой полосы при резании стеблей и по этой степени проектируется двухкривошипный пространственный механизм с такой же степенью неравномерности вращения ведомого кривошипа, соединенного в противофазе с ведущим кривошипом режущего аппарата, выравнивая тем самым угловую скорость и устраняя динамический момент.

4. Предложенный способ устранения динамического момента может быть использован и в других механических устройствах, имеющих неравномерное вращение выходного звена.

Список библиографических ссылок

1. Халанский В. М., Горбачев И. В. Сельскохозяйственные машины: М. : Колос, 2004. 624 с.
2. Техническое описание. Косилки навесные КС-Ф-2,1Б и КСГ-Ф2,1Б. М. : Упрполиграфиздат, 1997. 35 с.
3. Кленин Н. И., Егоров В. Г. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М. : Колос, 2004. 464 с.
4. Карпенко А. Н., Халанский В. М. Сельскохозяйственные машины. М. : Агропромиздат, 1999. 527 с.
5. Prince R. P. Elmpact cutting of alfalfa. University of Connecticut, Starrs, Ag-ric. exp. Stn. Res. Rep. 2011. № 3. P. 21–28.
6. Reviewing industrial mowers // Implement tractor. 2013. № 11. P. 36–38.
7. De Zanche Cesare. Ze falciatrici rotative // Machine motori agricoli. 2011. № 9. P. 56–58.
8. Johnson P. C., Clementson C. L., Mathanker S. K., Grift T. E., Hansen A. C. Cutting energy characteristics of Miscanthus x giganteus stems with varying oblique angle and cutting speed // Biosystems Engineering. 2012. № 112 (1). P. 42–48.

9. Режущий аппарат жатвенных машин : пат. 2606095 Рос. Федерация. № 2015125180 ; заявл. 26.10.2015 ; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1. 5 с.
10. Мудров А. Г. Динамика скоростного режущего аппарата // Вестник казанского аграрного университета. 2017. № 1 (43). С. 76–81.
11. Степин П. А. Сопротивление материалов. М. : Лань, 2010. 320 с.
12. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В., Сабирзянов Д. Д. Прочность и деформации глинистых грунтов при трехосном режимном чередующемся статическом и циклическом нагружении // Геотехника Беларуси: Наука и практика. 2013. С. 297–304.
13. Bennett G. T. A new mechanism // Engineering. 1903. v. 76. P. 777–778.
14. Мудров А. Г. Пространственные механизмы с особой структурой. Казань : РИЦ «Школа», 2003. 300 с.

Mudrov Alexander Grigorjevich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Mudrova Anna Alexandrovna
researcher
E-mail: annamudrova@mail.ru
Federal service for accreditation (RusAccreditation)
The organization address: 117312, Russia, Moscow, Vavilova st., 7

Power analysis of high-speed cutting machine

Abstract

Problem statement. To create a powerful root system and strong turf, road slopes are sown with grass or they grow naturally with various grass and shrubs, which requires a certain care for their maintenance, including mow.

Famous domestic cutting machines are not always suitable for mowing non-uniform vegetation. They have limited cutting speeds of stems, large inertial moments, high energy costs, poor shrubs, etc.

The purpose of the study is to develop a universal high-speed cutting apparatus for mowing grasses and shrub plantings of slopes, devoid of the drawbacks of known apparatuses, to conduct force analysis and optimization of force effects.

Results. As a result of the study, a new design of a high-speed cutting apparatus based on a flat parallelogram mechanism, a connecting rod of which acts as a carrier of a knife strip with segments, providing high cutting speeds without friction with opposing plates, determined the pressure of moving links on the frame and the method of eliminating dynamic oscillations.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to create a new effective high-speed cutting apparatus for mowing grass and bushes of road slopes.

Keywords: slopes of the roadway, the cutter bar mechanism planar and spatial alignment of the dynamic fluctuations.

References

1. Khalanskiy V. M., Gorbachev I. Century Agricultural machinery. M. : Kolos, 2004. 624 p.
2. Technical specification. Mounted mower KS-f-2,1B and KSG-f-2,1B. M. : Uprpoligrafizdat, 1997. 35 p.
3. Klenin N. I., Egorov V. G. Agricultural and reclamation machines. M. : Kolos, 2004. 464 p.
4. Karpenko A. N., Khalansky V. M. Agricultural machines. M. : Agropromizdat, 1999. 527 p.

5. Prince R. P. Elmpact cutting of alfalfa. University of Connecticut, Starrs, Ag-ric. exp. Stn. Res. Rep. 2011. № 3. P. 21–28.
6. Reviewing industrial mowers // Implementation tractor. 2013. № 11. P. 36–38.
7. Cesare De Zanche. Ze falciatrici rotational // Machine motori agricoli. 2011. № 9. P. 56–58.
8. Johnson P. C., Clementson C. L., Mathanker S. K., Grift T. E., Hansen A. C. Cutting energy characteristics of Miscanthus x giganteus stems with varying oblique angle and cutting speed // Biosystems Engineering. 2012. № 112 (1). P. 42–48.
9. The cutting apparatus of the cutterbar machines : patent 2606095 of the Rus. Federation ; № 2015126180 ; decl. 26.10. 2015 ; publ. 10.01.2017. Bull. № 1. 5 p.
10. Mudrov A. G. Dynamics of high-speed cutting machine // Vestnik kazanskogo agrarnogo universiteta. 2017. № 1 (43). P. 76–81.
11. Stepin P. A. Resistance of materials. M. : LAN, 2010. 320 p.
12. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V., Sabirzyanov D. Strength and deformation clay soils under triaxial regime alternating static and cyclic loading // Geotekhnika Belarusi: Nauka i praktika. 2013. P. 297–304.
13. Bennett G. T. A new mechanism // Engineering. 1903. v. 76. P. 777–778.
14. Mudrov A. G. Spatial mechanisms with special structure. Kazan : RIC «Shkola», 2003. 300 p.

УДК 628.4
Барышева Ольга Борисовна
кандидат технических наук, доцент
E-mail: obbars@mail.ru
Садыков Ренат Ахатович
доктор технических наук, профессор
E-mail: sadykov_r_a@mail.ru
Хабибуллин Юрий Хакимович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: a0an@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
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

Высокотемпературная переработка твердых бытовых отходов

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявление достоинств и недостатков в современных методах переработки и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) с перспективой разработки и создания устройства для утилизации ТБО с учетом современных подходов к энергосбережению и защите окружающей среды.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в создании простого, надежного и технически обоснованного способа уничтожения ТБО с получением дополнительного количества энергии.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в создании устройства по ликвидации ТБО с получением твердых продуктов сгорания и дальнейшим использованием в качестве строительных составов и изделий различного назначения. В результате технологического процесса переработки ТБО появляется возможность возвращения для повторного использования образующегося дополнительного количества энергии.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, энергосбережение, охрана окружающей среды, получение строительных материалов, установка для утилизации ТБО.

Введение

В настоящее время переработка и утилизация твердых бытовых отходов (ТБО) стала более актуальной как в нашей стране, так и в мире в целом.

В основном эта проблема касается крупных городов и мегаполисов, где ежегодно образуются миллионы тонн всевозможных фракций бытовых отходов.

Сейчас в России накоплено от 25 до 98 млрд. тонн ТБО при ежегодном приросте ~65 млн. тонн. Причем эти цифры касаются только санкционированных полигонов ТБО.

Утилизация или переработка ТБО – это проблема экологическая, но она связана с решением сложных технических, энергетических и экономических задач.

Методы переработки и утилизации ТБО

Перспективным методом переработки ТБО является разделение и переработка всех компонентов отходов и последующее их использование в народном хозяйстве. Для реализации этого плана имеется два подхода [1, 2].

Первый подход – строительство мусороперерабатывающего завода. На входе этого комплекса должна быть предусмотрена площадка для неразобранной массы твердых бытовых отходов. На выходе – отсортированные материалы, которые могут быть

вторично использованы. Но такой подход считается идеальным и в современных условиях нереализуем [3].

Конечно, можно разделить поток отходов с помощью робототехники, но такой процесс окажется не окупаемым, а значит и неприемлемым.

Второй подход – это способ раздельной утилизации ТБО в источниках возникновения. Этот подход наиболее часто применяется в развитых странах. Здесь в селитебных зонах устанавливаются баки со специальной отметкой различных цветов: для пластика, бумаги, стекла, металла, органики и т.д. В идеале отходы должны разделяться самим населением или сотрудниками учреждений, производящих отходы.

Среднестатистический состав ТБО [4, 5] представлен в табл. 1.

Таблица 1

Среднестатистический состав ТБО

Наименование	Состав, %
Полимеры: ПВХ, полиэтилен, полипропилен	50
Пищевые отходы	25
Бумага, древесина,	10
Резина, металл, текстиль	15-20

Среди методов ликвидации отходов в настоящее время первое место принадлежит полигонам ТБО, на которые вывозят основную часть отходов. Однако отходы по своему токсикологическому действию относятся к высокоопасным и чрезвычайно опасным. Поэтому площадки, где они складируются, наносят колоссальный вред окружающей среде, а именно, результатом является сильное загрязнение, как поверхности земли, так и грунтов глубиной до 20 метров, а также подземных вод [6].

В европейских странах некоторые полигоны используют для преобразования биогаз, который образуется в процессе гниения отходов в возобновляемые источники энергии.

Стадии преобразования ТБО в биогаз представлены в табл. 2.

Таблица 2

Стадии преобразования ТБО в биогаз

Наименование	Продолжительность	Результат
I – аэробная стадия	от нескольких недель до нескольких месяцев	активизируется деятельность бактерий, которые потребляют кислород.
II – анаэробная стадия	до нескольких месяцев	начинает проявляться деятельность микроорганизмов, существующих в среде с минимальным количеством кислорода, происходит изменение физико-химического состава ТБО и образование органических кислот.
III – анаэробная нестабильная метановая стадия	до одного года	активизируется деятельность бактерий, образующих метан CH_4.
IV – анаэробная стабильная метановая стадия	до нескольких десятилетий	в процесс вступают микроорганизмы, разлагающие органическую составляющую ТБО без доступа воздуха до таких составляющих как, метан – CH_4, двуокись углерода – CO_2, вода – H_2O.

Теплота сгорания биогаза дает возможность применения его в энергетическом комплексе. При разложении одной тонны ТБО выделяется ~260 $м^3$ биогаза.

В результате разложения отходов образуется горючая газовая смесь, состоящая примерно из 60 % метана CH_4, 35 % двуокиси углерода CO_2 и 5 % азота N_2.

Особенно опасными с экологической точки зрения становятся неорганизованные свалки, т.к. в них горючая газовая смесь поступает в атмосферу, вытесняя из почвы кислород O_2, и препятствует росту растений. Неорганизованная свалка является пожароопасной.

Для осуществления второго способа переработки ТБО необходимо на выбранной площадке выкопать котлован. Далее, этот котлован надо изолировать от почвы и проложить трубопроводы для выхода биогаза из мусорного массива для его дальнейшего использования в теплоэнергетике (отопление, выработка электроэнергии).

Третьим подходом является переработка ТБО в органическое удобрение (компост). Данный процесс обезвреживания и переработки происходит за счет саморазогрева ТБО, в результате развития в аэробных условиях теплолюбивых микроорганизмов при достаточном количестве кислорода O_2.

В ходе химико-биологических реакций ТБО саморазогревается до температуры 60-70 ^{o}C. Эта температура губительна для болезнетворных бактерий, таким образом, обеспечивается обезвреживание отходов. При перемешивании материала получается наилучший контакт между органическим веществом и микроорганизмами. Сложные органические соединения разлагаются с образованием форм, которые легко усваиваются растениями (компост). Далее ферментная масса биоразлагаемого материала уменьшается вдвое и получается твердый стабилизированный продукт. Однако прямое компостирование ТБО нецелесообразно, т.к. получаемое удобрение загрязнено тяжелыми металлами и стеклом (электронный мусор – компьютеры, телевизоры, мобильные телефоны и т.д., осветительные лампы, отработанные гальванические элементы). Для этого требуется тщательная сортировка отходов, что экономически не всегда целесообразна.

Четвертый подход – это сжигание ТБО. В большинстве случаев – это наиболее целесообразный метод утилизации ТБО.

Отходы состоят из разнохарактерных по теплоте сгорания и разновеликих частиц, средняя теплота сгорания которых зависит от внешних параметров: температуры, давления, влажности. Средняя теплота сгорания ТБО составляет ~8000 кДж/кг [7]. При сжигании ТБО расходуется большое количество кислорода O_2, которое значительно увеличивается при увеличении содержания в отходах материалов из пластмассы. Преимущества и недостатки сжигания ТБО приведены в табл. 3.

Таблица 3

Термоутилизация ТБО

Преимущества сжигания ТБО	Недостатки сжигания ТБО
Сокращение объемов ТБО более чем на порядок.	Опасность загрязнения почвы вредными выбросами.
Надежное обезвреживание.	Опасность загрязнения атмосферы вредными выбросами.
Снижение риска загрязнения окружающей среды.	Значительная (15-25 %) доля образовавшихся шлаков.
Возможность получения дополнительной энергии.	Уничтожение ценных компонентов ТБО.

Канцерогены

Следует отметить, что при сжигании ТБО в атмосферу выделяется хлористый и фтористый водород, сернистый газ, оксиды азота, а также металлы и их соединения, в основном виде аэрозолей [8, 9]. При сжигании отходов, содержащих синтетические полимерные материалы, образуются диоксины (рис. 1) и фураны (рис. 2). Диоксины – так называют группу веществ, основу молекул которых составляют шестигранные углеродные кольца. Если в них нет атомов хлора, то эти вещества токсичны не более, чем бензин, однако при замещении в кольцах атомов водорода на атомы хлора образуются опасные диоксины – всего примерно двадцать соединений разной степени токсичности [10].

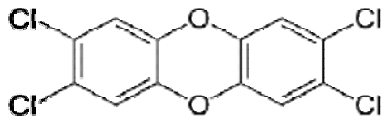


Рис. 1. Структурная формула 2,3,7,8-тетрахлордибензо-пара-диоксина (иллюстрация авторов)

На рис. 1 показана молекула 2,3,7,8-тетрахлордибензо-пара-диоксина – одного из более токсичных хлорпроизводных дибензо[b,e]-1,4-диоксина.

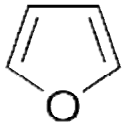


Рис. 2. Структурная формула фурана (иллюстрация авторов)

Группа фуранов менее токсична, чем диоксиновая группа, но и те, и другие являются канцерогенами.

Существует масса неконтролируемых источников выбросов диоксинов и фуранов – это горящие свалки и костры, в которых сжигаются, в том числе, и полимерные материалы. Температура их горения невелика – до 600 °С. При таком режиме образуется в десятки раз больше диоксинов и фуранов, чем на мусоросжигательных заводах, где используется высокотемпературный процесс (свыше 1000 °С).

Диоксины – токсичные и канцерогенные вещества, синтезированные человеком, поэтому предварительная сортировка отходов перед их сжиганием является необходимой. Одной из разновидностей процесса сжигания является пиролиз – это термическое разложение ТБО без доступа воздуха. В результате этого процесса получают горючий газ, жидкие продукты и твердый углеродистый остаток.

В зависимости от температуры различают следующие виды пиролиза: низкотемпературный пиролиз (до 500 °С), при котором выход жидких продуктов и твердого остатка максимален, а выход горючего газа минимален; среднетемпературный пиролиз (500-1000 °С). При таком пиролизе выход горячего газа увеличивается, а выход жидких продуктов и твердого остатка уменьшается; высокотемпературный пиролиз (более 1000 °С), при котором выход жидких продуктов и твердого остатка минимален, а выход горючего газа – максимален.

Пиролиз дает возможность не только утилизировать бытовые отходы, но и получать ценные углеводороды нефтяного ряда. Вследствие этого сокращаются расходы на переработку ТБО.

К недостаткам пиролиза можно отнести: сложность конструкции и высокую стоимость печей; большой обслуживающий персонал; неполный распад диоксинов по окончанию процесса; тяжелые металлы не плавятся, а выпадают в осадок вместе со шламом.

В настоящее время делается ставка на технологии не только по сжиганию ТБО, но и превращению выделяемого при этом тепла в энергию.

Считается [11, 12], что уже в ближайшее время сжигание с выработкой электрической и тепловой энергии будет основным способом переработки отходов. В будущем мусоросжигательные энергетические установки войдут в интегрированную систему управления отходами вместе с предприятиями по утилизации и вторичному использованию некоторых материалов (металла, стекла, пластика, бумаги и т.д.).

Наряду с этим требуется совершенствование методов очистки образующихся отходящих газов.

Известны различные схемы сжигания ТБО [13, 14]. Основным недостатком всех этих устройств является низкая степень очистки образующихся вредных выбросов, а также невысокая экономическая эффективность процесса.

Описание установки с усовершенствованной системой очистки вредных выбросов

Разработана установка с усовершенствованной системой очистки вредных выбросов с целью повышения экономической эффективности процесса [15]. Установка для высокотемпературной переработки ТБО показана на рис. 3.

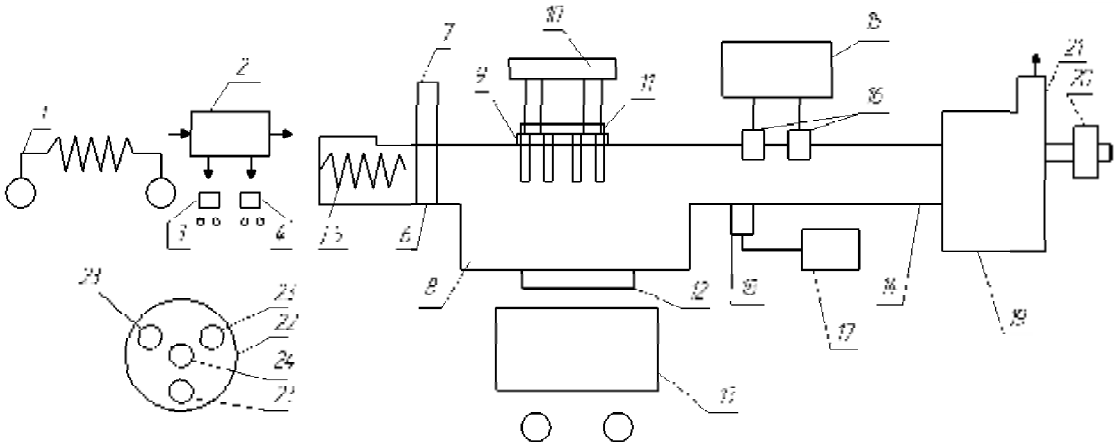


Рис. 3. Схема установки для высокотемпературной переработки твердых бытовых отходов:
1 – транспортер; 2 – сепаратор-металлоотделитель; 3, 4 – контейнеры; 5 – шнек; 6 – люк загрузки;
7– заслонка; 8 – топочная камера; 9 – блок электродов; 10 – трехфазный источник питания;
11 – активатор дуги; 12 – люк; 13 – контейнер для твердых продуктов переработки;
14 – дожигатель; 15 – высоковольтный блок питания; 16 – свечи зажигания; 17 – озонатор;
18 – сопло для подачи озона; 19 – котел-утилизатор; 20 – турбогенератор; 21 – вытяжная труба;
22 – корпус блока электродов; 23 – электроды; 24 – центральный электрод (иллюстрация авторов)

Установка для высокотемпературной переработки ТБО работает следующим образом.

По транспортеру 1 отходы проходят через сепаратор-металлоотделитель 2. В нем черный металл отделяется и попадает в контейнеры 3 и 4. Отходы, отделенные от металла шнеком 5, через люк загрузки 6 перекрываются заслонкой 7. В топочной камере 8 размещен блок электродов 9, на который подается электропитание от трехфазного источника питания 10. Сам блок электродов 9 включает в себя цилиндрический корпус 22, электроды 23 и центральный электрод 24.

Каждый из электродов 23, расположенный по периферии корпуса 22 блока электродов цилиндрической формы, подключен к одной фазе источника питания 10, а центральный электрод 24, подключенный к нулевому проводу, имеет длину на один диаметр больше остальных электродов, за счет чего увеличивается зона горения электрических дуг. Все электроды имеют одинаковый диаметр.

При использовании трехфазного электрического тока наблюдается переменное воздействие давления электрических дуг на сгораемые отходы при температурах 1500-1800 °С, что вызывает энергичное вращение и перемешивание расплавляемых минеральных составляющих, более полное протекание реакций и освобождение минерального остатка от газов. Использование трехфазной дуги вместо однофазной дает экономию электроэнергии до 35-40 %. Возбуждение электрических дуг производится от активатора 11.

Выгрузка твердых продуктов сгорания производится через люк 12 в контейнер 13. Твердые продукты сгорания могут быть успешно переработаны по различным направлениям. Остекловывание золы с использованием плазменных технологий позволяет получать искусственный песок для наполнения дорожных покрытий. Зола также может быть использована для получения керамических и бетонных изделий строительного назначения.

Выходящие из топочной камеры 8 газообразные продукты поступают в дожигатель 14, где происходит их воспламенение и нейтрализация от свечей зажигания 16, питаемых высоковольтным блоком 15.

Для интенсификации процесса нейтрализации газов в дожигатель 14 от озонатора 17 через сопло 18 подается озон. Нейтрализованные газообразные продукты сгорания поступают в котел-утилизатор 19. Полученный в нем пар направляется в турбогенератор 20 для производства электроэнергии. Нейтрализованные и охлажденные газообразные продукты поступают в атмосферу через вытяжную трубу 21.

Заключение

Твердые отходы, полученные при сжигании ТБО, могут быть полностью утилизированы, в частности, предложены для внесения в качестве добавок в дорожные покрытия и в керамические, и бетонные изделия. Также возможно получение дополнительной прибыли за счет превращения образующегося тепла в электроэнергию.

На разработанное устройство получен патент на изобретение [15].

Список библиографических ссылок

1. Гонопольский Л. М. Управление потоками отходов. М. : ВЕСИ, 2015. 463 с.
2. Соколов В. И. Сбор и переработка твердых коммунальных отходов. М. : Инфра-Инженерия, 2017. 176 с.
3. Мамин Р. Г., Ветрова Т. П., Шилова Л. А. Инновационные механизмы управления отходами. М. : МГСУ, 2018. 138 с.
4. Коробко В. И., Бычкова В. А. ТБО. Экономика, экология, предпринимательство. М. : Юнита-Дана, 2014. 132 с.
5. Balcan E. The dirty truth about China’s incinerators // The Gurdian. 2012.
6. Humes E. Garbology: Our Dirty Love Affair with Trash. M. : OZON, 2012. 356 p.
7. Венгерский А. Д., Бугаев В. В. Технология сжигания ТБО : сб. ст. III Международной научной конференции – Технические науки: традиции и инновации / Казань, 2018. С. 103–106.
8. Осипова Л. Э, Дьяконов Г. С., Теляков Э. Ш. Химически стойкие стеклопластики как средство повышения безопасности и эффективности оборудования сернокислотных производств // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 23. С. 305–311.
9. Осипов Э. В., Нурман А. Снижение потерь легких углеводородов в резервуарных парках // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 9. С. 157–159.
10. Chapman J. L. Ecology. Cambridge : Cambridge University Press, 2009. 336 p.
11. Картамышева Е. С., Иванченко Д. С. Новые технологии переработки отходов в современном мире // Молодой ученый. 2017. № 1. С. 115–118.
12. Bendix D. Development of thermal spraed layers for high temperature arears in waste incineration plants // Materials and Corrosion. Vol. 59. 2008. P. 389–392.
13. Сагдеева Г. С., Петракова Г. Р. Переработка отходов производства и потребления с использованием их ресурсного потенциала // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 6. С. 194–198.
14. Salvador L. Camacho. Plasma pyrolysis of hydrocarbon wastes / IENCE Technical Conference at Wadham College. Oxford, 1990.
15. Установка для высокотемпературной переработки твердых бытовых отходов : пат. 2669316 Рос. Федерация. № 2017134227 ; заявл. 02.10.2017 ; опубл. 10.10.2018.

Barysheva Olga Borisovna
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: obbars@mail.ru
Sadykov Renat Akhatovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: sadykov_r_a@mail.ru
Khabibullin Yuri Khakimovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: a0an@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
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 st., 51

High-temperature processing of municipal solid waste

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to identify the advantages and disadvantages of modern methods of processing and disposal of solid waste (SW) with the prospect of developing and creating a device for recycling SW taking into account modern approaches to energy saving and environmental protection.

Results. The main results of the study are to create a simple, reliable and technically sound method of SW destruction to obtain additional energy.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to create a device for the disposal of solid waste with the production of solid combustion products and further use as building materials and products for various purposes. As a result of the technological process of processing MSW, it becomes possible to return for the reuse of the resulting additional amount of energy.

Keywords: solid domestic waste, energy saving, environmental protection, production of building materials, installation for solid waste disposal.

References

1. Gonopol’sky L. M. Waste management. M. : VESI, 2015. 463 p.
2. Sokolov V. I. Collection and processing of municipal solid waste. M. : Infra-Engineriya, 2017. 176 p.
3. Mamin R. G., Vetrova T. P., Shilova L. A. Innovative mechanisms of waste management. M. : MGSU, 2018. 138 p.
4. Korobko V. I., Bychkova V. A., SW. Economics, ecology, entrepreneurship. M. : Unita-Dana, 2014. 132 p.
5. Balcan E. The dirty truth about China’s incinerators // The Gurdian. 2012.
6. Humes E. Garbology: Our Dirty Love Affair with Trash. M. : OZON, 2012. 356 p.
7. Vengersky A. D., Bugaev V. V. Solid waste incineration technology : dig. of art. III International scientific conference – Technical Sciences: traditions and innovations / Kazan, 2018. P. 103–106.
8. Osipova L. E., Dyakonov G. S., Telyakov E. Sh. Chemically resistant fiberglass as a means of improving the safety and efficiency of equipment for sulfuric acid production // Vestnik Kazanskogo Technologicheskogo Universiteta. 2015. № 23. P. 305–311.
9. Osipov E. V., Nurman A. Reduction of losses of light hydrocarbons in the reservoirs // Vestnik Kazanskogo Technologicheskogo Universiteta. 2015. № 9. P. 157–159.
10. Chapman J. L. Ecology. Cambridge : Cambridge University Press, 2009. 336 p.
11. Kartamysheva E. S., Ivanchenko D. S. New technologies of waste processing in the modern world // Molodoy ucheny. 2017. № 1. P. 115–118.
12. Bendix D. Development of thermal spraed layers for high temperature arears in waste incineration plants // Materials and Corrosion. Vol. 59. 2008. P. 389–392.
13. Sagdeeva, G. S., Petrakova G. R. Recycling of waste production and consumption with the use of their resource potential // Vestnik Kazanskogo technologicheskogo universiteta. 2014. № 6. P. 194–198.
14. Salvador L. Camacho. Plasma pyrolysis of hydrocarbon wastes / IENCE Technical Conference at Wadham College. Oxford, 1990.
15. Installation for high-temperature processing of municipal solid waste : patent 2669316 of the Rus. Federation. № 2017134227 ; decl. 02.10.2017 ; publ. 10.10.2018.

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 20116Х06860

Указать назначение платежа: Код дохода: 00000000000000000130 реализация изд. деят-ти.

Известия КГАСУ
2019 г., № 2 (48)

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 19.06.2019 Формат 60×84/8
Заказ 120 Бумага тип. № 1
Усл.-печ. л. 39,6 Уч.-изд. л. 40,1
Тираж 500 экз.
I завод-100

Отпечатано в Издательстве КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1