

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

Известия КГАСУ 2018 г., № 3 (45)

ББК 38
И 33
УДК 69

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

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

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

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

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION

KAZAN STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND ENGINEERING

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

MINISTRY OF TRANSPORT AND ROADS
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

News of the KSUAE 2018, № 3 (45)

BBC 38
I 33
UDC 69

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

EDITORIAL BOARD:

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

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

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

THE FOUNDER AND THE PUBLISHER:

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

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

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

EDITORIAL ADDRESS:

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



ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Агишева И.Н., Покка Е.В. Творчество архитектора Александра Веснина	7
Агишева С.Т. Особенности архитектурного формирования буферных зон объектов всемирного культурного наследия, под влиянием обуславливающих и определяющих факторов	16
Басыров И.И., Айдарова-Волкова Г.Н. К вопросу устойчивого развития архитектуры сельских поселений	26
Зейферт М.Г. Особенности формирования и развития алтарной части христианских церквей	35
Назарова И.В. Возведение Лаишевского града в XVI-XVII столетиях	45
Покка Е.В. Творчество архитектора Николая Ладовского	54
Хабибулина А.Г. К выбору конструкций фасадных систем с учетом теплозащитных характеристик при реконструкции объектов культурного наследия	62
Чайникова О.О. Эволюция сохранения памятников традиционного деревянного зодчества	72
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Брундукова В.А., Денисенко Е.В. Принципы формирования образовательных центров	81
Федан А.Н. Открытые общественные пространства в структуре архитектурных объектов	88
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Абдуллина А.М., Краснобаев И.В. Архитектурно-градостроительные аспекты развития биоразнообразия в городах на примере Казани	97
Залетова Е.А. Вопросы структурно-планировочной реорганизации сложившихся городских территорий	105
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Добросмыслов С.С., Пылаева М.М., Огорельцева Н.В., Перькова М.А. Изменение теплофизических характеристик наружных ограждающих конструкций в условиях реального температурно-влажностного режима	114
Замалиев Ф.С., Исмагилов Б.Т. К расчету сопряжения плиты с балкой в сталежелезобетонных конструкциях	121
Каюмов Р.А., Мухамедова И.З., Хазиева Г.Ф. Потеря устойчивости листовых косоугольных консолей	129
Лукашенко В.И., Шмелев Г.Н., Абдуллин Ф.Ф., Хайдаров Л.И., Зиятдинов Э.К. Вероятностный расчет ресурса стоек мобильных стержневых сооружений из строительных лесов Layher	136
Мирсаяпов И.Т., Никитин Г.П., Симаков В.Д. Применение высокопрочного бетона класса В80 для несущей системы 18-ти этажного жилого дома в комплексе «Салават Купере»	145
Страхов Д.Е., Гимранов Л. Р., Сахапова А.И. Применение объемных конечных элементов, на примере пожарной каланчи находящейся в г. Сарапул, являющейся памятником архитектуры федерального значения	153
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Тазмиева И.Н. Исследования процесса подготовки технической воды для заводнения нефтеносных горизонтов с использованием напорных гидроциклонов	162
Захватов Г.И. Очистка устойчивых эмульсий типа «масло-вода» методом циклической электрообработки	171
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Аюпов Д.А., Потапова Л.И., Казакулов Р.И., Хакимуллин Ю.Н. Исследование составов дорожных поверхностно-активных веществ	178
Исламов А.М., Закирова Г.В., Фахрутдинова В.Х., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Исследование градиентных материалов на основе ПВХ и диглицидилового эфира 1,4-бутандиола	189
Строганов В.Ф., Амельченко М.О. Влияние наполнителей силикатной природы на свойства стирол-акриловых сополимеров	196
Халиуллин М.И., Файзрахманов И.И. Влияние молотого известняка на свойства композиционного гипсового вяжущего с применением термоактивированной глины в качестве пуццоланового компонента	203
Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Структура и свойства гипсоцементно-пуццолановой матрицы армированной целлюлозными волокнами	210
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Мудров А.Г. Расчет транспортирующих машин	220
Мухаметрахимов Р.Х., Хузин А.Ф., Хамидуллина Д.Д. Особенности технологии устройства и контроля качества монолитных сталефибробетонных перекрытий с использованием пустообразователей	228

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Габдуллин Т.Р. Совершенствование состава горячего термопластика	236
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Гумеров А.В., Жерехов В.В. Определение сил, действующих на движущуюся под углом атаки пластину методом дискретных вихрей	243
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	250



CONTENTS

ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Agisheva I.N., Pokka E.V. Works of the architect Alexander Vesnin	7
Agisheva S.T. Features of World Cultural Heritage Buffer zones' architectural organization under the influence of conditioning and determining factors	16
Basyrov I.I., Aidarova-Volkova G.N. To the question of sustainable development of the architecture of rural settlements	26
Zeyfert M.G. Features of formation and development of the Christian churches' altar part	35
Nazarova I.V. Construction of the Laishevsky city of the XVI-XVIIth centuries	45
Pokka E.V. Works of the architect Nikolay Ladovsky	54
Khabibulina A.G. To the choice of designs of front systems taking into account heat-shielding characteristics at reconstruction of objects of cultural heritage	62
Chainikova O.O. The evolution of preservation of monuments of traditional wooden architecture	72
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Brundukova V.A., Denisenko E.V. Principles of the formation of educational centers	81
Fedan A.N. Open public spaces in the structure of architectural objects	88
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Abdullina A.M., Krasnobaev I.V. Architectural and urban planning aspects of biodiversity development in the cities on the example of Kazan	97
Zalyotova E.A. Questions of structural regeneration of the developed urban areas	105
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Dobrosmyslov S.S., Pylaeva M.M., Ogoreltseva N.V., Perkova M.A. Changes of thermophysical characteristics of external fencing constructions under conditions of real temperature-humidity regime	114
Zamaliyev F.S., Ismagilov B.T. Numerical and full-scale studies of anchor links of steel reinforced structures	121
Kayumov R.A., Muhamedova I.Z., Hazieva G.F. Loss of stability of sheet oblique consoles	129
Lukashenko V.I., Shmelev G.N., Haidarov L.I., Abdullin F.F., Ziyatdinov I.K. Probabilistic life calculation stands mobile core structures made of scaffolding Layher	136
Mirsayapov I.T., Nikitin G.P., Simakov V.D. The use of high-strength concrete B80 for the frame of an 18-storey residential building in the «Salavat Coopere» complex	145
Strakhov D.E., Gimranov L.R., Sahapova A.I. Application of volume finite elements, on the example of fire maypole in Sarapul city – the monument of architecture of federal value	153
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Busarev A.V., Sheshegova I.G., Taznieva I.N. Research of the process of preparation of technical water for flooding oil-bearing horizons using pressure hydrocyclones	162
Zakhvatov G.I. The cleaning of stability «oil-water» emulsions by cyclic electroneutralization method	171
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Ayupov D.A., Potapova L.I., Kazakulov R.I., Khakimullin Y.N. Road surfactants composition investigation	178
Islamov A.M., Zakirova G.V., Fakhrutdinova V.Kh., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K. Investigation of gradient materials based on PVC and of diglycidyl ether 1,4-butanediol	189
Stroganov V.F., Amelchenko M.O. Effect of silicate fillers on the properties of styrene-acrylic coatings	196
Khaliullin M.I., Faizrakhmanov I.I. The effect of ground limestone on the properties of a composite gypsum binder using thermally activated clay as a pozzolan component	203
Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R., Lukmanova L.V. Structure and properties of gypsum cement-pozzolan matrix reinforced with cellulosic fibers	210
CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION	
Mudrov A.G. Calculation of transporting machines	220
Mukhametrakhimov R.Kh., Khuzin A.F., Khamidullina D.D. Technology of device and quality control of monolithic steel-fiber concrete slabs using emptiness-formers	228
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Gabdullin T.R. Improving the composition of hot thermoplastic	236

CONSTRUCTION MECHANICS	
Gumerov A.V., Zherekhov V.V. Determination of the forces acting on the plate moving at an angle of attack by the method of discrete vortices	243
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	250



УДК 72.036

Агишева Инга Назимовна

кандидат архитектуры, профессор

Покка Екатерина Владимировна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: ekaterina-p-83@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Творчество архитектора Александра Веснина

Аннотация

Постановка задачи. Александр Веснин является великим авангардистом нашей страны, основателем направления архитектурного функционализма, основоположником школы конструктивистов. В литературе представлены его работы и работы его учеников. Многие проекты конструктивистов выстроены. Целью статьи является анализ и обобщение этапов творческого пути Александра Веснина, и, как следствие, этапов формирования конструктивизма.

Результаты. Проанализирован этап сценического конструктивизма в творчестве А. Веснина, его влияние на этап архитектурного конструктивизма в творчестве А. Веснина. Проведен сравнительный анализ и выявлены отличительные особенности в подходах к проектированию конструктивистов и рационалистов.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в проведении аналогии развития творческого пути Александра Веснина и этапов становления конструктивизма. Архитектура конструктивизма требует от архитектора не только знаний в области техники, но также владения навыками формирования архитектурной композиции, поскольку требуется поиск выразительной формы. От понимания функционального процесса проектантом (как отправной точкой в начале проектирования) зависит конечный результат качества архитектуры.

Ключевые слова: авангард, творческие группировки, функциональный метод проектирования, конструктивизм.

Введение

Александр Веснин (1883-1959 гг.) родился в интеллигентной семье, где детям (Александр Веснину и двум его старшим братьям) с детства прививали любовь к чтению, музыке и рисованию. С 1901 по 1912 гг. с перерывом учился в Институте гражданских инженеров в Петербурге. С 1904 года он и его брат Виктор Веснин работают помощниками архитекторов, участвуют в архитектурных конкурсах и занимаются в частных художественных студиях. Так, например, Александр Веснин работал в студии К. Юона – пейзажиста и театрального художника, И. Дудина – живописца и педагога, а с 1912 по 1914 гг. в студии у В. Татлина – живописца, графика, дизайнера и театрального художника, родоначальника конструктивизма.

Ранняя творческая деятельность Александра Веснина разнообразна: совместно с соратником Любовью Поповой одновременно он работал сценографом в театре (1919-1925 гг.), преподавал на младших курсах на факультете живописи ВХУТЕМАСа (с 1920 г.). Оба они являлись на тот момент членами группы, входящей в «Институт художественной культуры». На дискуссионных собраниях этой группы ее члены активно обсуждали вопросы, связанные с цветом: анализа цвета, его вещественности и пространственности. Таким образом, формировалась пропедевтическая дисциплина «Цвет» [1, 2].

Творческая деятельность А. Веснина духовно созвучна творчеству художников, работающих в сфере предметного дизайна. Эти художники, называя себя конструктивистами, активно пропагандируют выражение в художественной форме изготавливаемого ими предмета его конструктивной основы. Его сценографический опыт востребован в пространственном оформлении массовых действий, где А. Веснин вырабатывает свой конструктивистский архитектурный метод. Участием в

архитектурных конкурсах, он заявляет о себе как об основоположнике этого метода в советской архитектуре [2-4].

Сценический конструктивизм – раннее творчество А. Веснина

С 1919 по 1925 гг. А. Веснин работает в трех театрах: в Камерном театре Таирова (основан в 1914 году), Малом театре (один из старейших театров России), и Театре для детей (основан в 1921 году).

В проекте сценических установок А. Веснин создавал обобщенный образ современного города – художественное воплощение идеи урбанизма. Каркасные конструкции сценических установок включали в себя фермы, консоли, лифты, траволаторы, вращающиеся элементы и т.д. Эстетика обнаженной конструкции была доведена до уровня новой художественно-композиционной системы. Сценическая конструкция спектакля могла быстро видоизменяться в соответствии с режиссерской постановкой спектакля. В сценографии появляется понятие «сценический конструктивизм» (рис. 1).

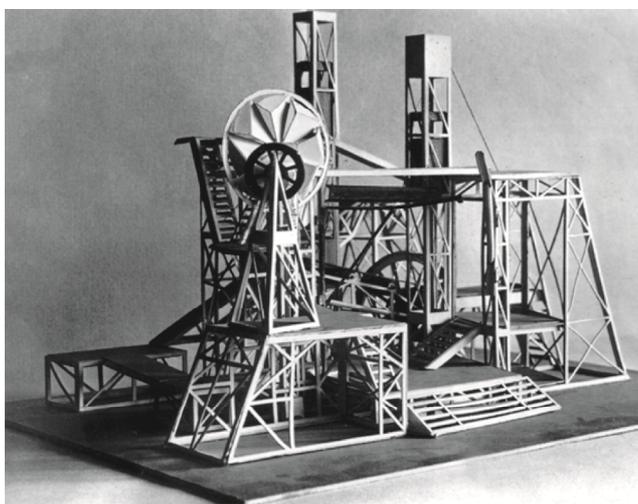


Рис. 1. Сценическая установка и декорации к спектаклю режиссера Таирова «Человек, который был четвергом», 1922-1923 гг.

В 1920 году А. Веснин совместно с Л. Поповой работали над макетом для театрализованного парада войск в честь III конгресса Коммунистического Интернационала, который должен был проходить в июне-июле 1921 года. Режиссером парада должен был быть В. Мейерхольд, автор программы «Театральный Октябрь». Для этого события А. Веснин и Л. Попова запроектировали декорации двух символических городов-антиподов, олицетворявших два общественных строя (рис. 2) [1, 2].

Один город – «цитадель капитализма» – был решен в виде сложной композиции, состоявшей из глухих геометрических объемов различной формы. Второй город – «город будущего» – представлял собой композицию, сочетавшую глухие кубистические и ажурные динамические элементы. Элементы представляли собой систему из мачт, колес, ферм, арок, консолей, растяжек и трансмиссий. Обе объемно-пространственные композиции объединялись в воздухе системой тросов и лозунгов, подвешенных к двум аэростатам.

Оба «города», если рассматривать их с точки зрения подхода к вопросам формообразования, очень близки символично-романтическим поискам в архитектуре тех лет. Особенно интересна вторая композиция. Именно в «городе будущего» А. Веснин вводит новые формы, отражающие технические достижения. Использование здесь решетчатых конструкций уже как бы предвосхитило некоторые черты раннего архитектурного конструктивизма.

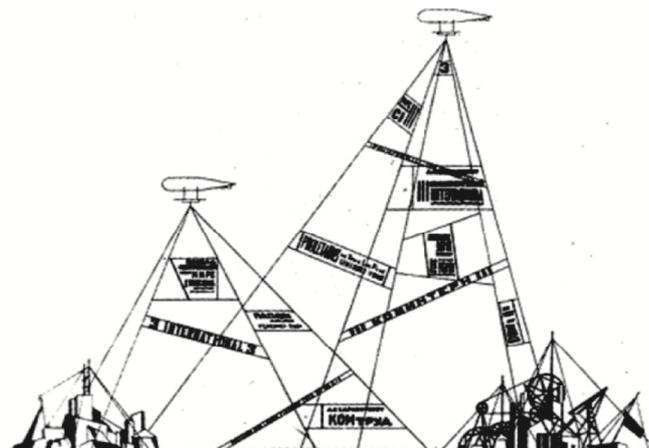


Рис. 2. Проект оформления массового действия в честь III Конгресса Коминтерна на Ходынском поле в Москве, 1921 г.

Архитектурный конструктивизм в творчестве А. Веснина

Александр Веснин работает в творческом содружестве со своими братьями – Леонидом Весниным и Виктором Весниным. Во ВХУТЕМАСе А. Веснин начинает работать на старших курсах, собирая вокруг себя единомышленников [2-6].

Имея в прошлом практику конструирования пространственных сценических установок, А. Веснин использует этот опыт в решении архитектурных задач и очень быстро наработывает средства и приемы выражения оголенной конструкцией образных задач в архитектуре. Так в его творчестве стал зарождаться совершенно новый стиль. Эти новейшие приемы архитектурного творчества привлекают к А. Веснину единомышленников, и во ВХУТЕМАСе формируется новая школа. В отличие от уже сложившейся школы рационалистов, которая строит архитектурное формообразование на основе восприятия геометрических и физических качеств формы, новая школа основывает архитектурное формообразование на функциональном назначении сооружения. Эти два различных творческих подхода, полемизируя друг с другом, поддерживают творческий дух на архитектурном факультете [2-6].

Начало конструктивизму в архитектуре было положено в 1922-1923 гг., когда Московское архитектурное общество (МАО) во главе с А. Щусевым объявило конкурс на Дворец Труда. Позднее А. Щусев вспоминал, что 1923 год стал переломным для архитектуры, поскольку тогда архитектура пошла по новому пути развития благодаря проекту, представленному на конкурс братьями Весниными (рис. 3) [7-10].

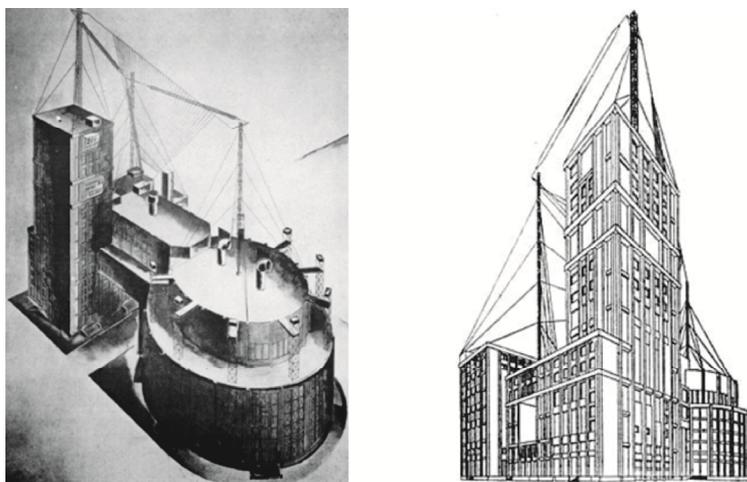


Рис. 3. Конкурсный проект братьев Весниных на Дворец труда, 1923 г.

Проект не был принят архитекторами-классицистами, кто привык работать в традиционных формах. И, тем не менее, проект был услышан в архитектурных кругах, поддержан архитекторами-новаторами, которые считали, что архитектура нового общества не может развиваться старыми способами, и что архитектура нового общества должна иметь собственные законы формообразования и развития.

Стиль и подача этого проекта, а именно его главного кадра, провозглашают основные идеи конструктивизма. Можно предположить, что если бы подобный проект принадлежал архитекторам-рационалистам, то ракурс явно был бы выбран иной, тот, который давал бы полную информацию об объеме, или, при возможном сохранении ракурса, была бы выбрана иная форма. Однако нарочито резкие перспективные виды являются характерной особенностью творчества конструктивистов. В творческой мастерской конструктивистов преподаются такие дисциплины, как «Объем», «Цвет», «Графика».

Эстетические возможности новой архитектуры были продемонстрированы и в следующем конкурсном проекте братьев Весниных.

В 1924 году был объявлен конкурс на здание московского отделения газеты «Ленинградская Правда». Для строительства здания был отведен участок 6 м на 6 м (рис. 4).

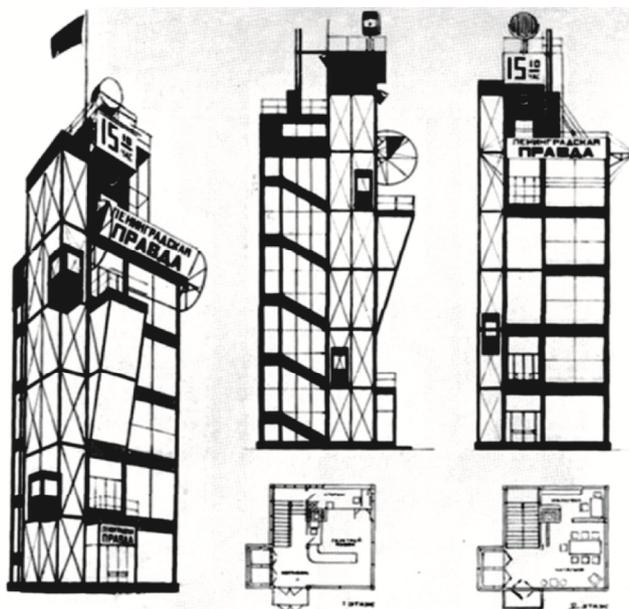


Рис. 4. Конкурсный проект братьев Весниных на здание московского отделения газеты «Ленинградская правда», 1924 г.

Проектным предложением братьев Весниных было возведение 6-этажного здания из железобетона, стали и стекла. Ажурная легкость металлических переплетов задает тон и подчеркивает характер объема здания: переплеты на боковом фасаде, выступающий наклонный объем витрины на 3-4 этажах здания, направление лестниц, лифты, скользящие по фасаду здания. В этом проекте нашли отражение творческие идеи архитекторов-рационалистов: пропорции здания информируют зрителя о его реальных размерах. Длина фасада, равна 6 м, откладывается по высоте три раза, образуя 6 этажей общей высотой 18 м. Фасады имеют деление не только на горизонтальные части, которые информируют зрителя о высоте этажа, но также имеется разделение на вертикальные элементы – на каждом фасаде их условно по 4 (рис. 5).

Преподавая в своей мастерской в стенах ВХУТЕМАСа, А. Веснин призывал студентов искать выразительную форму, а не механически строить объем из функции.

В 1924 году был объявлен конкурс на здание московской конторы акционерного общества «Аркос». Проект братьев Весниных опять резко отличался от других представленных проектов подчеркнуто современным образом. В проекте железобетонный каркас и стекло используются для формирования лаконичной композиции не только фасада, а всего объема здания.

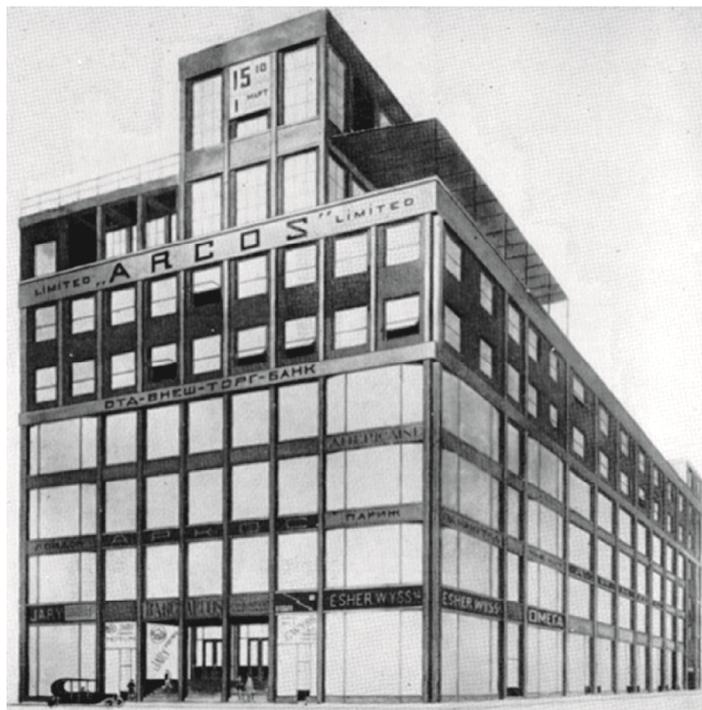


Рис. 5. Конкурсный проект братьев Весниных
на здание московской конторы акционерного общества «Аркос», 1924 г.

Примером выстроенного объекта конструктивиста Александра Веснина, где получил воплощение функциональный метод проектирования, относится ДК завода им. Лихачева (автомобильный завод основан в 1916 году в рамках правительственной программы создания в России автомобильной промышленности).

Характерными чертами сооружения, выстроенного в 1930-1937 гг., являются рациональная организация плана в угоду требований функционального процесса. Здание выстроено не полностью, и имеет Т-образную композицию, включающую клубную часть с малым зрительным залом на 1200 мест (рис. 6).

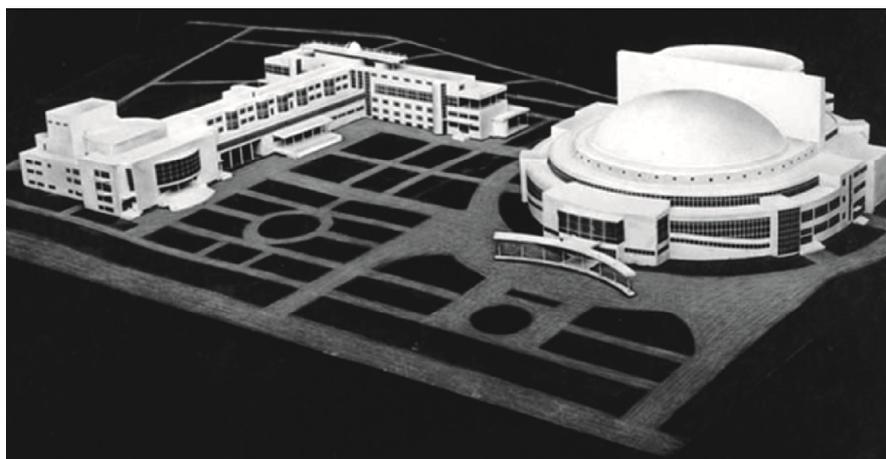


Рис. 6. Макет проекта ДК завода им. Лихачева

Доминирующей частью композиции внешнего фасада является криволинейный объем двухъярусного фойе над главным входом (рис. 7) [2-10].



Рис. 7. Входная группа здания ДК завода им. Лихачева

Группа ОСА: соратники А. Веснина

Когда с 1925 года А. Веснин начинает преподавать на старших курсах ВХУТЕМАСа, вокруг него сплачиваются единомышленники М. Гинзбург, А. Буров, В. Красильников, Я. Корнфельд, Г. Орлов, П. Голосов и др. Группа разрабатывает и публикует свою творческую платформу и оформляется в организацию «Объединение современных архитекторов» (ОСА) во главе с А. Весниным [2-10].

Устремления этой творческой группы направлены на поиски рациональных архитектурных решений, обеспечивающих технологически полноценно организованные функциональные процессы. Цель построения общества новой социальной структуры становится для этих архитекторов основой для осмысления и поиска новых функциональных типов жилых и общественных зданий и изобретению новых видов архитектурных сооружений. Они считают, что не стоит прикладывать усилий для поиска художественных форм новой архитектуры. Внешний облик архитектурных сооружений должен быть следствием правильной организации в них функциональных процессов.

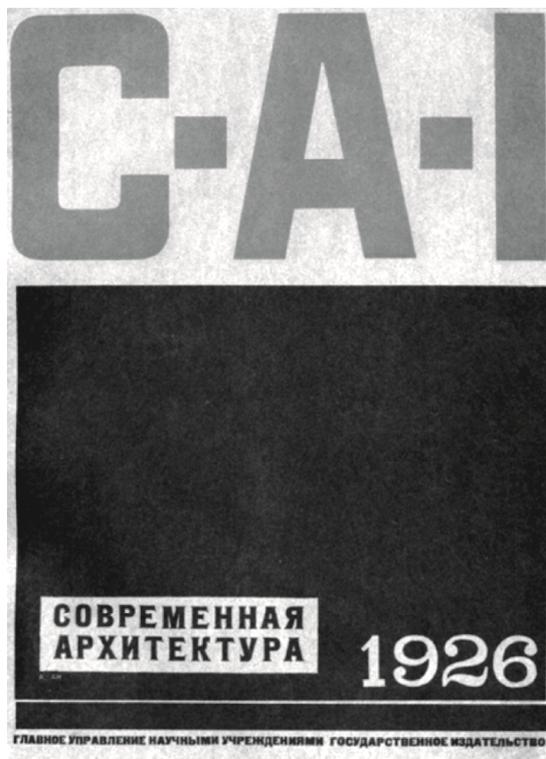


Рис. 8. Обложка журнала «Современная архитектура», 1926 г., № 1

Группа ОСА с 1926 по 1930 годы издает журнал «Современная архитектура». На его страницах публикуются результаты плодотворной деятельности членов ОСА, активно принимающих участие в многочисленных конкурсах, заказываемых этому конструктивистскому объединению, и проводимых Московским архитектурным обществом (рис. 8). «...Законченное архитектурное произведение, как и всякая иная истинно современная вещь, есть не дом, не вещь плюс какая-то эстетическая прибавка к ней, а разумно и планомерно организованная конкретная задача, в самом методе своей организации содержащая максимальные возможности своей выразительности», – пишет М. Гинзбург на страницах этого журнала (статья «Международный фронт современной архитектуры». – СА, № 2. С. 44).

В 1927 году ОСА организует Первую выставку современной архитектуры. Выставка проходит в стенах ВХУТЕМАСа. Объединение широко представляет на выставке творческие достижения своих членов и привлекает к участию архитекторов мирового авангарда. Выставка демонстрирует зрелость конструктивистского направления советского авангарда.

На значительные разногласия между двумя лагерями архитекторов-новаторов указывает тот факт, что такие яркие представители авангарда, как Н. Ладовский, К. Мельников, Л. Лисицкий, В. Кринский не принимают участия в этой выставке. Этим лидеров советской архитектуры 20-х годов отталкивает от функционального метода конструктивистов разница в понимании основ формообразования архитектурного объема.

В 1929 году на заседании Секции пространственных искусств государственной академии художественных наук А. Веснин делает доклад, где призывает современных архитекторов к активной позиции в построении новой жизни «...архитектор должен принять участие в выработке самих архитектурных заданий, а не принимать готовое задание» [2-6]. При этом творческий подход конструктивистов не сопоставлялся с возможностью вариативности проектных предложений различных авторов на одно и то же задание. Вопрос состоял в том, что если конструктивистам форму диктует функциональный процесс, то откуда берутся вариативные проектные предложения на конкретное задание. А. Веснин подчеркнул в своем ответе, что вариативность проектных предложений зависит от понимания функциональных процессов проектантами.

Советский историк архитектуры Н. Брунов задал А. Веснину вопрос о соотношении рационального и эмоционального в процессе формообразования. А. Веснин в своем ответе обозначил, что эмоциональная составляющая, или интуиция, не являясь задачей архитектуры, являются необходимым условием работы архитектора.

Отделения ОСА появляются во многих городах, и в том числе в Казани. Памятниками конструктивизма, если говорить о конструктивизме как о стиле, а не как о методе проектирования, в Казани являются: Дом Печати на улице Баумана, Мергасовский дом на улице Дзержинского, ДК им. 10-летия ТАССР, здание единого диспансера Наркомздрава, здание бани № 3, жилой комбинат и пожарная часть в Адмиралтейской слободе, постройка на ул. К. Цеткина, проходная вертолетного завода.

Заключение

Функциональный метод проектирования, полученный Александром Весниным в результате его творческого пути, лег в основу формообразования такого направления архитектуры 20-х годов, как конструктивизм. Александром Весниным и его соратниками, членами творческой группировки 20-х гг. ОСА, было выполнено огромное количество проектов, которые легли в основу типологии общественных зданий. Многие из этих работ были осуществлены. Это такие объекты, как здание Типографии и издательства газеты «Правда» П. Голосова, клуб им. Русакова К. Мельникова, Дом-коммуна М. Гинзбурга, Дворец культуры завода им. Горбунова А. Веснина, здание Планетария М. Барща и М. Синявского и многие другие объекты. Методика обучения архитектурной композиции конструктивистов легла в основу обучающих программ не только отечественных, но и зарубежных архитектурных школ.

Список библиографических ссылок

1. Адаскина Н. Л. Любовь Попова. М. : С.Э. Гордеев, 2010. 252 с.
2. Хан-Магомедов С. О. Александр Веснин и конструктивизм. М. : Архитектура-С, 2007. 412 с.
3. Alexandr Vesnin and Russian Constructivism. N-Y. : Rizzoli, 1986. 220 p.
4. Alexander Wesnin und der Konstruktivismus. Stuttgart: Gerd Hatje, 1987. 219 p.
5. Архитектура. Работы Архитектурного факультета ВХУТЕМАСа. 1920-1927. М. : ВХУТЕМАС, 1927. 45 с.
6. Хан-Магомедов С. О. ВХУТЕМАС, 1920-1930. М. : Ладыя, 2000. 488 с.
7. Казусь И. А. Советская архитектура 1920-х годов: организация проектирования. М. : Прогресс-Традиция, 2009. 464 с.
8. Локотко А. И. Архитектура. Авангард, абсурд, фантастика. Минск : Белорусская наука, 2012. 209 с.
9. Рябушин А. В., Шишкина И. В. Советская архитектура. М. : Стройиздат, 1984. 216 с.
10. Хан-Магомедов С. О. Сто шедевров советского архитектурного авангарда. М. : Едиториал УРСС, 2005. 456 с.

Agisheva Inga Nazimovna

candidate of architecture, professor

Pokka Ekaterina Vladimirovna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: ekaterina-p-83@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Works of the architect Alexander Vesnin

Abstract

Problem statement. Alexander Vesnin is a great avant-gardist of our country, the founder of the direction of architectural functionalism, the founder of school of constructivists. His works and the works of his pupils are presented in the literature. Many projects of constructivists are built. The purpose of the article is the analysis and generalization of career stages of Alexander Vesnin, and, as a result, constructivism formation stages.

Results. The stage of scenic constructivism in A. Vesnin's creativity, its influence on a stage of architectural constructivism in A. Vesnin's creativity is analyzed. The comparative analysis is carried out and distinctive features in approaches to design of constructivists and rationalists are revealed.

Conclusions. The importance of the received results for architecture consists in carrying out analogy of development of Alexander Vesnin's career and stages of formation of constructivism. The architecture of constructivism requires from the architect not only knowledge in the field of technology, but also possession of the skills to form an architectural composition, since it requires the search for an expressive form. The end result of quality of architecture depends on understanding of functional process by the designer (as a starting point at the beginning of design).

Keywords: vanguard, creative groups, functional design method, constructivism.

References

1. Adaskina N. L. Lyubov Popova. M. : S.E. Gordeev, 2010. 252 p.
2. Khan-Magomedov S.O. Alexander Vesnin and constructivism. M. : Arkhitektura-S, 2007. 412 p.

3. Alexandr Vesnin and Russian Constructivism. N-Y. : Rizzoli, 1986. 220 p.
4. Alexander Wesnin und der Konstruktivismus. Stuttgart : Gerd Hatje, 1987. 219 p.
5. Architecture. Works of Architectural faculty VHUTEMAS. 1920-1927. M. : VHUTEMAS, 1927. 45 p.
6. Khan-Magomedov S. O. VKHUTEMAS, 1920-1930. M. : Ladya, 2000. 488 p.
7. Kazus I. A. Soviet architecture of the 1920-th years: organization of design. M. : Progress-Traditsiya, 2009. 464 p.
8. Lokotko A. I. Architecture. Vanguard, absurdity, fantasy. Minsk : Belarusskaya nauka, 2012. 209 p.
9. Ryabushin A. V., Shishkina I. V. Soviet architecture. M.: Stroyizdat, 1984. 216 p.
10. Khan-Magomedov S. O. Hundred masterpieces of the Soviet architectural vanguard. M. : Editorial of URSS, 2005. 456 p.

УДК 719:72

Агишева София Тимуровна

ассистент

E-mail: agisheva@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Особенности архитектурного формирования буферных зон объектов всемирного культурного наследия под влиянием обуславливающих и определяющих факторов

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить группы обуславливающих и определяющих факторов, оказывающих непосредственное влияние на архитектурное формирование буферных зон объектов всемирного культурного наследия (ОВКН) и отвечающих требованиям охраны ОВКН с возможностью развития и управления изменениями окружающих их городских территорий.

Результаты. Основные результаты исследования состоят из выявления общих подходов архитектурного формирования буферных зон ОВКН на территории городов Европы и других регионов мира; классификации состояния и статусов буферных зон с указанием обуславливающих факторов, влияющих на архитектурное формирование буферных зон ОВКН; определения частных практических методов архитектурного формирования буферных зон ОВКН, а также систематизации групп определяющих факторов, влияющих на организацию границ и структурного содержания буферных зон ОВКН.

Выводы. Значимость полученных результатов исследования для архитектуры состоит в выявлении обуславливающих и определяющих групп факторов, которые могут лечь в основу разработки принципов архитектурного формирования буферных зон для объектов всемирного культурного наследия, располагающихся на территориях городов с различными природными и ландшафтными, социально-экономическими, экологическими и градостроительными условиями.

Ключевые слова: объект всемирного культурного наследия, буферная зона, обуславливающие и определяющие факторы.

Введение

В связи с тем, что до середины XX века объекты культурного наследия представлялись как отдельные памятники архитектуры (замки, дворцы, фортификации, соборы), обособленные от их природного или городского окружения, то под воздействием социально-экономических и культурных изменений, приведших к сменам охранных парадигм во второй половине XX века и начала XXI века, на сегодняшний день признается ценность и связь объектов наследия с, окружающими их, ландшафтами [1, с. 24].

Общепризнано, что влияние человеческой деятельности распространяется не только на объекты наследия, но и на все окружение в целом, и поэтому такое окружение (городские центры, городские районы, исторические городские ландшафты) может признаваться не только наследием [1, с. 24-25], но и представлять собой регулируемое окружение объекта всемирного культурного наследия (далее ОВКН) – «буферную зону» (buffer zone) (п. 103-107, Руководство по выполнению Конвенции о всемирном наследии (2017 г.)) [2], а также «область влияния» (area of influence) как более широкую территорию в дополнение к буферным зонам [3, с. 161, 181; 1, с. 26], в которых могут осуществляться мероприятия, потенциально влияющие на «выдающуюся универсальную ценность» (OUV – outstanding universal value) и «целостность» (integrity) объекта.

Развитие городов и задачи буферных зон ОВКН

В связи с тем, что большое количество объектов всемирного культурного наследия являются объектами городского наследия, то города, как сосредоточения человеческой деятельности и территориального развития, подвергаются различного рода изменениям и

модификациям и тем самым генерируют прямые или косвенные угрозы физическому состоянию, материальной структуре или отдельным элементам ОВКН. Как правило, в таких случаях идет отсылка к неблагоприятным факторам, связанным с новым строительством и реконструкциям, как в границах самих ОВКН, так и с развитием прилегающих к ним территорий [4, с. 157], которые приводят к разрушению не только выдающейся универсальной ценности объекта и всех его ценных атрибутов, но и к негативному воздействию на целостность ОВКН с его естественным кружением [5, с. 122].

Несмотря на все многообразие европейских городов, их территориальные условия, размеры, роли и функции, решающим значением для описания отношений между европейцами в контексте социального и культурного развития является непрерывная урбанизация, охватывающая весь регион как «городской континуум», и которая должна рассматриваться как «наследие» для сохранения и защиты [6, с. 392]. При этом вмешательство в глобальные процессы и механизмы развития архитектурной культуры, искусственное регулирование развития традиций и сдерживание процесса обновления городов, а также нарушение соотношений между «старым» и «новым» или концентрированность только на одном аспекте приводят к деградации архитектурной мысли, стагнации архитектурной идеи и ослабление динамики преемственности, снижению потенциала и отставанию в развитии архитектурной культуры [7, с. 22].

Изменение окружающих территорий ОВКН, расположенных в границах городских структур, является неизбежным в активно и динамично развивающихся городах, испытывающих потребность к модернизации и адаптации к современным условиям (г. Лондон, Великобритания; г. Москва, Россия; г. Вена, Австрия) под влиянием социокультурных, политических, научных и общественных перемен отдельно взятых стран мира или на глобальном уровне. Исключением являются исторические города более ненаселенные (г. Петра, Иордания; г. Ангкор, Камбоджа) или города с незначительными территориальными изменениями и практически отсутствующим новым строительством в связи с охранной политикой и стратегией городского развития, превращающие города в так называемые «музеи под открытым небом» (г. Венеция и г. Флоренция, Италия); или же совершенно новые города и городские районы с потенциальными объектами культурного наследия в будущем, будучи построенными в разгар строительного бума, но так и оставшиеся «городами-призраками», незаселенными из-за глобального экономического кризиса конца 2000-х гг. (пригород г. Сесенья, Испания; «китайский Манхэттен» Финансовый район Юйяпу (Yujiapu Financial District), г. Тяньцзинь, Китай; район Мейкси-Лейк парк (Meixi Lake Park), г. Чанша, Китай).

По мнению специалистов ИККРОМ, «...буферная зона может быть очень важным инструментом управления в защите объектов всемирного наследия», и она «может устанавливать ограничения для защиты видовых раскрытий, территорий, землепользования и других аспектов, но также может позитивно способствовать развитию» [3, с. 47]. Согласно Руководству по выполнению Конвенции о всемирном наследии (2017 г.), каждый объект всемирного культурного наследия (ОВКН) должен «удовлетворять условиям целостности и/или подлинности, обязан иметь адекватную защиту и систему управления, гарантирующую его сохранность» (п. 78) «для настоящих и будущих поколений» (п. 109), при этом утверждается, что «Эффективная система управления зависит от типа, характеристик и потребностей номинируемого объекта, а также от его культурного и природного контекста. Системы управления могут отличаться в зависимости от различных культурных перспектив, имеющихся ресурсов и других факторов» (п. 110) [2].

В свою очередь, признание не изолированности объектов культурного наследия от своего окружения привело к рассмотрению прилегающих городских и природных ландшафтов не только как физического окружения ОВКН, но и одновременно с социально-экономической, экологической и других точек зрения, что позволило выявить ряд существующих и потенциальных угроз наследию [1, с. 25]. Для отслеживания состояния объектов, т.е. степени сохранности их выдающейся универсальной ценности, целостности и аутентичности, а также состояния буферных зон ОВКН, экспертами ИКОМОС и ЮНЕСКО анализировались полученные данные из ежегодных отчетов о Состоянии сохранности (SOC – State of Conservation), а также Периодических отчетов

(Periodic Report) (Первый цикл 2000-2006 гг., Второй цикл 2008-2015 гг., Третий цикл 2018-2024 гг.), предоставляемых государствами-участниками конвенции.

Состояние буферных зон ОВКН в период кризиса охранной политики и смены охранной парадигмы (2000-2008 гг.)

Анализ отечественных и зарубежных литературных источников и отчетной документации ИКОМОС и ЮНЕСКО показал, что в период смены охранной парадигмы (нач. 2000-х гг.), связанное с кризисом охранной политики, официальное состояние и статус буферных зон объектов наследия во всех регионах мира не всегда совпадает с фактическим.

Так, согласно Первому циклу периодической отчетности (2000-2006 гг.) в Африке (2002 г.) 62 % государств-участников утверждали о неудовлетворительном состоянии буферных зон, более 50 % отмечали о необходимости увеличения границ буферных зон, а более 65 % склонялись к полному пересмотру утвержденных буферных зон, тогда как в Азиатско-Тихоокеанском регионе (2003 г.) большинство стран делали вывод об адекватности буферных зон для защиты ценностей ОВКН, что было поставлено под сомнение внешними экспертами в связи с давлением городского и инфраструктурного развития, происходящих в городах Азии. В Латинской Америке и странах Карибского бассейна (2004 г.) 34 % всех респондентов не считали границы буферных зон адекватными для обеспечения защиты и сохранения выдающейся универсальной ценности объектов, а почти 50 % государств-участников рассматривали предложения о пересмотре границ ОВКН или буферной зоны. В 2005-2006 гг. в регионе Европы и Северной Америки для объектов, внесенных в Список всемирного наследия до 1998 года, 23 % руководителей ОВКН считали, что границы объектов неадекватны, а 42 % объектов и вовсе не имеют буферных зон [3, с. 65]. При этом отмечалось, что в большинстве случаев запрос об изменении границ состоял в расширении ОВКН или увеличении его территории путем включения окружения или ландшафта [8, с. 57].

По результатам Первого цикла периодической отчетности по всем объектам, включенным в Список всемирного наследия, в 2006 г. поступило около 70 % предложений от государств-участников о намерение незначительных изменений границ буферных зон, однако в 2007 г. уже 94 % предложений относились к созданию или пересмотру буферных зон. При этом по данным на 2008-2009 гг. процент из общего количества объектов по всему миру с буферной зоной в Списке всемирного наследия, установлен приблизительно на уровне 40 % [3, с. 66].

Необходимо отметить, что Состояние сохранности (SOC) ОВКН в период с 2004 по 2007 гг., обсуждавшееся Комитетом всемирного наследия на 28-й сессии (2004 г.) и 31-й сессии (2007 г.), показал о динамике развития проблем, связанных с буферными зонами объектов различных типов и категорий по всему миру: 38 вопросов из 153, обсуждаемых на сессии в 2004 г., были связаны с буферными зонами объектов, а уже в 2007 г. среди 163 обсуждаемых вопросов по отдельным объектам в Списке всемирного наследия, находящихся под угрозой или объектов, обсуждаемых в рамках пункта о сохранности, 73 случая относились к буферным зонам [3, с. 62].

Так, согласно данным 31-й сессии Комитетом всемирного наследия (2007 г.), преобладающими проблемами 73 выявленных случаев, связанных с буферными зонами, являются:

- 1) Визуальное воздействие (высотного) строительства на объекты всемирного наследия, влияющее на их выдающиеся универсальные ценности (встречается в 26 из 73 случаев, при этом в одном случае могут применяться несколько проблем);
- 2) Законодательные проблемы, связанные с утверждением буферных зон, а также исполнительные – управление буферными зонами (16 из 73 случаев);
- 3) Нечеткие/неясные границы буферных зон (15 из 73 случаев);
- 4) Давление городского развития/давление экономического развития в границах буферных зон (12 из 73 случаев);
- 5) Отсутствие буферных зон (12 из 73 случаев)
- 6) Изменение границ, предложенных или внесенных государством-участником (10 из 73 случаев);

- 7) Несоответствующая деятельность в буферной зоне (4 из 73 случаев);
- 8) Недостаточный размер буферной зоны (2 из 73 случаев);
- 9) Неустойчивый туризм, связанный с буферной зоной (2 из 73 случаев);
- 10) Уничтожение построенной ткани в границах буферной зоны (1 случай) [3, с. 62].

«Давление городского развития в буферных зонах» (40 из 73 случаев) в виде активного строительства (высотное строительство и реконструкция жилых и общественных зданий, транспортная и другая инфраструктура), в большинстве случаев являющегося признаком социально-экономического развития и качественного изменения города, оказывает сильнейшее визуальное воздействие на ОВКН и его окружение и ставит под угрозу разрушения комплекса целостностей ОВКН в его естественной городской среде за счет увеличения плотности застройки и изменения морфологических особенностей существующей урбанизированной среды [3, с. 64]. Также сами ОВКН, зачастую являющиеся катализаторами увеличения уровня туризма, вызывают развитие гостиничного бизнеса и сопутствующей инфраструктуры (строительство туристических центров и отелей различной высотности и масштабов) в непосредственной близости от объектов, что может оказывать негативные воздействия на визуальные характеристики, как самого объекта [1, с. 308], так и визуальную целостность объекта в его окружении. Другой проблемой высотного и крупномасштабного или иного строительства является его размещение за пределами установленных границ буферных зон ОВКН, не принимающееся во внимание, однако также часто оказывающее визуальное воздействие на объекты.

Что касается «наличия нечетких / неясных границ буферных зон» (25 из 73 случаев), то данная проблема имеет решающее значение для организации эффективного функционирования буферных зон как дополнительных средств защиты ОВКН. Установление границ буферных зон или их модификация коррелируется с вопросами о «правовых аспектах» (16 из 73 случаев), затрудняющих создание буферных зон для осуществления надлежащей защиты ОВКН и эффективного управления изменениями территорий, окружающих ОВКН. Во многих случаях на национальном или местном уровне буферные зоны ОВКН не имеют правового статуса и являются своеобразными «виртуальными буферными зонами». При этом «отсутствие буферных зон» (12 из 73 случаев) в некоторых случаях обосновано сильной правовой защитой на местном уровне, однако обеспечение адекватной защиты ОВКН становится довольно проблематичным в результате развития и освоения территорий, окружающих ОВКН [3, с. 60-64].

По результатам Первого цикла периодической отчетности по всем объектам были приняты различные методологии определения или пересмотра границ буферных зон, представляющие собой применение одной или нескольких методологий в зависимости от типологии и категорий объектов наследия, в результате которых буферные зоны ОВКН представляли собой:

- 1) площадь земли вокруг ОВКН;
- 2) кадастровый участок земли, на котором находится ОВКН;
- 3) один из уровней защиты, установленных национальным законодательством, касающийся сохранения наследия;
- 4) территория муниципалитета, в которой находится ОВКН [3, с. 66].

Группы факторов, влияющие на ОВКН и окружающую их историко-градостроительную среду в городах Европы в контексте архитектурного формирования буферных зон ОВКН (2008-2015 гг.)

В результате анализа статистических данных отчетов государств-участников, внешние эксперты ИКОМОС высказали беспокойство о недостаточном понимании концепции буферной зоны ОВКН, а также процедур определения их границ и утверждения, создании защитных режимов в пределах буферных зон, регулировании на уровне национальных законодательств. Значительное количество объектов наследия (21 %), особенно городских объектов, имели различную степень изменений, влияющих на подлинность и целостность ОВКН. Угрозы городского развития, транспорта, изменения элементов природного и городского ландшафта, неконтролируемый рост или перемещение населения упоминаются как серьезные угрозы для объектов [8, с. 58].

«Давление посетительских потоков/туризма» (60 %) и «давление развития» (58 %) являются наиболее часто сообщаемыми угрозами для ОВКН, за исключением случаев в Восточной Европе, где 82 % государств-участников упоминают о «давлении окружающей среды» как о самой большой угрозе для объектов по сравнению, например, с показателями, равными в среднем 45 % для европейского региона в целом [8, с. 72].

Констатация факта об увеличении давления различного рода строительной деятельности как на территориях, окружающих ОВКН, так и вне границ и в самих границах некорректно определенных буферных зон ОВКН, позволила говорить о потенциальной угрозе приведения к негативному визуальному воздействию на объект в его естественном окружении [8, с. 58]. Однако стоит отметить, что проблемы, указанные в отчетах о «давлении развития» (development pressures) в странах Европы, включают в себя неконтролируемое загрязнение и трафик, недостаточное планирование охранных проектов, изменения в социально-экономическом развитии, преступность, спекуляцию землей, отсутствие финансирования для регулярного обслуживания и мониторинга (сохранение ненадлежащего качества), давление инфраструктуры (угроза городскому пейзажу, высотные здания, разрушение исторической городской ткани, потребность в городской реабилитации и модернизации местной инфраструктуры, негативные визуальные воздействия), а также нехватку людских ресурсов и опыта [8, с. 73]. Так, в ответ на продолжающееся строительство и/или территориальное развитие городов, необходимость в уточнении границ ОВКН, также как и их буферных зон, дала возможность признать буферные зоны и определение их четких границ в качестве более актуальных инструментов защиты ОВКН [8, с. 58].

Что касается факторов, непосредственно влияющих на архитектурное формирование буферных зон ОВКН в европейских городах, то согласно данным индивидуальных Периодических отчетов первого цикла (2000-2006 гг.), страны Западной Европы, Скандинавии, Балтии и страны Средиземноморского региона часто отказывались от установления буферных зон для ОВКН в связи с расположением объектов в исторических городских районах с четкими географическими ограничениями и ландшафтными условиями, а также в связи с сильной юридической защитой (страны Балтии и Северной Европы) и эффективным национальным законодательством с различными Законами о планировании и строительстве, Экологических стандартов и местных планов (Plan and Building Acts, Environmental Codes and Local Plans), делающих необходимость в определении буферных зон менее критичной. Противоположная ситуация складывалась в Центральной, Юго-Восточной и Восточной Европе, где, по признанию государств-участников, большое количество объектов имели неадекватные границы и требовали дальнейшей работы над определениями буферных зон, а статус и уровень защиты буферных зон в рамках национального законодательства некоторых стран четко не определялись [8, с. 57-58].

Одна из главных частей Второго цикла периодической отчетности (2008-2015 гг.) посвящена «текущим»/«потенциальным, позитивным»/«негативным» факторам, влияющим на ОВКН «изнутри»/«за пределами объекта» и представляющие собой 76 факторов, сгруппированных по типам:

1. Развитие строительной деятельности и освоение территорий;
2. Транспортная инфраструктура;
3. Обслуживающая инфраструктура;
4. Загрязнение;
5. Использование/модификация биологических ресурсов;
6. Добыча природных ресурсов;
7. Локальные условия, влияющие на физическую структуру объекта;
8. Социальное/культурное использование наследия;
9. Другие виды человеческой деятельности;
10. Изменение климата и опасные погодные явления;
11. Непредвиденные экологические или геологические события;
12. Инвазивные/чужеродные виды;
13. Управление и институциональные факторы [9, с. 51; 10, с. 52].

По данным Второго цикла периодической отчетности почти 75 % всех объектов в Европе, включенных в Список всемирного наследия, имеют буферную зону, 16 % не имеют буферной зоны, но нуждаются в ней, и только около 10 % от всех ОВКН не нужна буферная зона [9, с. 60].

Таким образом, можно выделить пять основных групп факторов, воздействующих положительно и отрицательно на ОВКН в Европе за период с 2000 г. по 2015 г., выявленных в рамках Первого и Второго циклов периодических отчетов и, как следствие, являющиеся факторами, воздействующими на архитектурное формирование буферных зон ОВКН:

- строительство и территориальное развитие (коммерческое строительство общественных и жилых зданий для местных жителей и посетителей ОВКН/индустриальные зоны и т.д.) – негативный фактор;
- транспортная инфраструктура (надземная и подземная) – негативный фактор;
- социальное/культурное использование наследия (туризм/посетительские потоки/обслуживающая и рекреационная деятельность/оценка наследия социумом/изменение традиционных укладов жизни и т.д.) – позитивный/негативный фактор;
- изменение климата (влажность, природные опасности) – негативный фактор;
- система управления/план управления ОВКН – позитивный/негативный фактор [9, с. 13, 51-56, 78; 8, с. 73; 1, с. 106].

Анализ обуславливающих и определяющих свойств факторов, влияющих на архитектурное формирование буферных зон ОВКН

Общий анализ литературных источников, официальных отчетов и документов государств-участников и экспертов ИКОМОС/ЮНЕСКО по 196 ОВКН различных категорий (монумент, группа зданий/ансамбль, достопримечательное место) в 36 странах Европы, позволил выявить и систематизировать факторы, влияющие на условия архитектурного формирования буферных зон ОВКН, расположенных на территории городов (в центральной, срединной и периферийной частях) с различными природными и ландшафтными, социально-экономическими, экологическими и градостроительными условиями.

В аналитических материалах Второго цикла периодической отчетности (2008-2015 гг.) дается лишь обобщенная классификация выявленных статусов и состояний буферных зон [9, с. 60], однако в данном исследовании (2017-2018 гг.) предлагается ее расширение с указанием «обуславливающих факторов, влияющих на архитектурное формирование буферных зон ОВКН:

1) буферная зона определена (на момент включения в список ЮНЕСКО или позже) (115 объектов – 59 %) по причине:

1.1. обеспечения условия сохранности объектов всемирного культурного наследия (исторический центр г. Вена, Австрия) – социокультурный и социально-политический факторы;

1.2. отсутствия юридического статуса буферных зон ОВКН в местном законодательстве, но их определение для удовлетворения одного из условий для включения в список ЮНЕСКО (все объекты после 2005 г. – например, Фабрика ван Нелле в г. Роттердам, Нидерланды) – социокультурный и социально-политический факторы;

2) буферная зона определена, но требует корректировок (44 объекта – 22 %) для уточнения ее границ, внутреннего зонирования и более эффективного процесса управления изменениями окружающих территорий объекта (Казанский кремль, Россия; исторический центр г. Любек, Германия) – социокультурный, социально-экономический и градостроительный факторы;

3) буферная зона не определена, но она необходима (27 объектов – 14 %) в связи со следующими причинами:

3.1. быстрым городским развитием, массовым туризмом и новым высотным/крупномасштабным строительством, воздействующих на физическую и визуальную целостности объекта и окружающей его историко-градостроительной среды (исторический центр г. Санкт-Петербург, Россия) – перцептивный (психофизическое, эстетическое и художественно-образное восприятие), градостроительный и группа

социальных факторов (социокультурный, социально-экономический и социально-политический);

3.2. требованием ЮНЕСКО для обеспечения дополнительной охраны для всех объектов после 2005 г. – социокультурный и социально-политический факторы;

4) буферная зона не определена в отсутствие необходимости (9 объектов – 5 %) в связи с:

4.1. утратой исторического окружения ОВКН (Лондонский Тауэр, Великобритания) – группа социальных факторов и градостроительный фактор;

4.2. медленным экономическим развитием или сложившейся градостроительной ситуацией, не предполагающими реконструкцию или новое строительство (Жилой дом «Ритвелд Шрёдерхёйс», Нидерланды) – социально-экономический и градостроительный факторы;

4.3. локализацией объекта в условиях географии и ландшафтных особенностей города (собор и замок в г. Дарем, Великобритания) – природный фактор;

4.4. высокой степенью охраны объекта на местном уровне (берега р. Сены в Париже, Франция) – группа социальных факторов.

Таким образом, выявлены два основных подхода архитектурного формирования буферных зон ОВКН – научно-исследовательский подход (системный подход), учитывающий комплекс средовых характеристик территории, окружающей ОВКН, а также ее визуального восприятия и градостроительного формирования; формальный подход, не учитывающий комплекс природных и антропогенных факторов и не отвечающий первоначальным задачам буферных зон по охране ОВКН в его историко-градостроительной среде.

Комплексный анализ ряда буферных зон ОВКН, входящих в группы объектов с (а) утвержденными буферными зонами и (б) буферными зонами, требующие корректировок, позволил выявить две группы частных практических методов архитектурного формирования буферных зон ОВКН, основанных на научно-исследовательском подходе, и «определяющие» факторы, влияющие на организацию территориальные границ и структурное содержание буферных зон:

1) Определение территориальных границ буферных зон ОВКН:

1.1. Метод ландшафтно-визуального анализа (Казанский кремль, Россия; исторический центр г. Флоренция, Италия; исторический центр г. Таллинн, Эстония и др.) основывается на визуальном восприятии ОВКН в его историко-градостроительной среде – перцептивный фактор;

1.2. Структурный метод, предполагающий установление различного рода устойчивых связей ОВКН и его окружения (композиционные, типолого-морфологические, функциональные, культурно-исторические, архитектурно-градостроительные, ландшафтные и визуальные связи), т.е.:

а) локализация и включение в границы буферных зон ОВКН фрагментов застройки и иных территорий, обладающих ценными средовыми характеристиками (Кафедральный собор в г. Ахен, Германия; исторический центр г. Грац, Австрия) – градостроительный, перцептивный и группа социальных факторов;

б) локализация фрагментов застройки и иных территорий, и их исключение из границ буферных зон ОВКН (исторический центр г. Сиена, Италия) – градостроительный и социально-экономический фактор;

1.3. Метод пространственных ограничений, обусловленный:

а) ландшафтными и средовыми характеристиками окружающих территорий ОВКН (исторический центр г. Трогир, Хорватия) – природный и градостроительный факторы;

б) организация нескольких буферных зон ОВКН, расположенных отдельно, но объединенных в одну буферную зону (археологический комплекс г. Помпеи, Италия) – градостроительный и группа социальных факторов;

в) фрагментарная организация буферной зоны ОВКН (исторический центр г. Левоча, Словакия) – природный и градостроительный факторы;

2) Определение структуры буферной зоны ОВКН:

2.1. Метод охранного зонирования, предполагающий выявление иерархии элементов городской среды и деление буферной зоны ОВКН на зоны с различной

степенью сохранности и ценности (исторический центр г. Ливерпуль, Великобритания; исторический центр г. Рига, Латвия);

2.2. Структурный метод, подразумевающий многоуровневое зонирование буферной зоны, обеспечивающее:

а) визуальную, функциональную и структурную целостности ОВКН и окружающей его историко-градостроительной среды посредством установления различных режимов использования земель и требований градостроительных регламентов (Казанский кремль, Россия) – природный, градостроительный, перцептивный и социокультурный факторы;

б) ландшафтные, градостроительные, историко-культурные связи ОВКН и окружающей его историко-градостроительной среды (наследие г. Палермо, Италия) – природный, градостроительный и социокультурный факторы;

2.3. Метод прогнозирования и комплексного анализа, позволяющий устанавливать допустимые изменения историко-градостроительной среды, окружающей ОВКН, исходя из ресурсных потенциалов территорий, ландшафтных и типолого-морфологических характеристик среды, существующих и потенциальных стратегий развития города в целом и его отдельных районов (Новодевичий монастырь в г. Москва, Россия; исторический центр г. Урбино, Италия) – природный, перцептивный, градостроительный и группа социальных факторов.

Заключение

В результате общего и комплексного анализа ряда буферных зон ОВКН выявлено, что все факторы, являющиеся обуславливающими в архитектурном формировании буферных зон (природный, перцептивный, градостроительный и группа социальных факторов), также входят в состав определяющих.

Таким образом, установлен синергетический эффект взаимодействия всех выявленных факторов, участвующих в формировании буферных зон ОВКН для организации согласованной и эффективной системы управления сохранения ОВКН с возможностью развития их прилегающих и окружающих городских территорий.

Список библиографических ссылок

1. ЮНЕСКО. Управление объектами Всемирного культурного наследия: Информ. Руководство. Париж : ЮНЕСКО, 2013. 322 с. // MKRF.RU : официальный сайт Министерства культуры РФ. URL: <https://www.mkrf.ru/documents/upravlenie-obektami-vsemirnogo-kulturnogo-naslediya/> (дата обращения: 23.05.2018).
2. Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention, 2017 // WHC.UNESCO.ORG : официальный сайт (ЮНЕСКО) Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры. URL: <http://whc.unesco.org/en/guidelines/> (дата обращения: 01.06.2018).
3. Martin O., Piatti G. (Ed.). World Heritage and Buffer zone // World Heritage Papers. 2009. Vol. 25. 201 p.
4. Матвеев Б. М. Деконструкция архитектурного наследия. СПб. : Политехника-сервис, 2012. 423 с.
5. Бандарин Ф., ван Оэрс Р. Исторический городской ландшафт: управление наследием в эпоху урбанизма. Казань : Отечество, 2013. 228 с.
6. Fontanari E. The Historic Urban Landscape Approach – Heritage and Regeneration in the Twenty First Century: in Carola Hein (ed.) International Planning History Society Proceedings, 17th HIS Conference, History-Urbanism-Resilience, TU Delft 17-21 July 2016, Vol. 4. P. 387–394.
7. Айдарова Г. Н., Айдаров Р. С. «Старое» и «новое» в условиях сохранения и развития исторического центра Казани : сб. ст. V междунар. науч.-практ. конф. «Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация» / КГАСУ. Казань, 2017. С. 20–24.
8. Rössler M., Menétrey-Monchau C. Periodic Report and Action Plan: Europe 2005-2006 // World Heritage Papers. 2007. Vol. 20. 139 p.

9. UNESCO. Understanding World Heritage in Europe and North America: Final Report on the Second Cycle of Periodic Reporting 2012-2015 // World Heritage Papers. 2016. Vol. 43. 190 p.
10. Galland P., Lisitzin K., Oudaille-Diethardt A., Young C. World Heritage in Europe today. Paris : UNESCO, 2016. 123 p.

Agisheva Sofia Timurovna

assistant

E-mail: agisheva@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Features of World Cultural Heritage Buffer zones' architectural organization under the influence of conditioning and determining factors

Abstract

Problem statement. The purpose of the research is to identify groups of conditioning and determining factors that directly affect the World Cultural Heritage Buffer zones' architectural organization and meet the requirements of World Cultural Heritage protection with the possibility to develop and manage changes in the surrounding urban areas.

Results. The main results of the research consist in the identification of common approaches to the World Cultural Heritage Buffer zones' architectural organization in the cities of Europe and other regions of the world; classification of the conditions and statuses of the buffer zones, indicating the conditioning factors that affect the World Cultural Heritage Buffer zones' architectural organization; determination of particular practical methods of the World Cultural Heritage Buffer zones' architectural organization, as well as the systematization of groups of determining factors that affect the organization of boundaries and the structural content of the buffer zones.

Conclusions. The significance of the obtained results in the process of the study based in identifying the conditioning and determining groups of factors may form the basis for the development of the principles for the World Cultural Heritage Buffer zones' architectural organization located in the territories of cities with different natural and landscape, socioeconomic, ecological and urban development conditions.

Keywords: world cultural heritage, buffer zones, conditioning and determining factors

References

1. UNESCO. Managing Cultural World Heritage: Resource Manual / translation from English to Russian. Paris: UNESCO, 2013. 322 p. // MKRF.RU : an official website of the Ministry of Culture of the Russian Federation. URL: <https://www.mkrf.ru/documents/upravlenie-obektami-vsemirnogo-kulturnogo-naslediya/> (reference date: 23.05.2018).
2. Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention, 2017 // WHC.UNESCO.ORG : an official website of UNESCO. URL: <http://whc.unesco.org/en/guidelines/> (reference date: 01.06.2018).
3. Martin O., Piatti G. (Ed.). World Heritage and Buffer zone // World Heritage Papers. 2009. Vol. 25. 201 p.
4. Matveev B. M. Deconstruction of architectural heritage. SPb. : Politechnika-servis, 2012. 423 p.
5. Bandarin F., van Oers R. The Historic Urban Landscape: Managing Heritage in an Urban Century / translation from English. Kazan : Otechestvo, 2013. 228 p.
6. Fontanari E. The Historic Urban Landscape Approach – Heritage and Regeneration in the Twenty First Century: in Carola Hein (ed.) International Planning History Society

- Proceedings, 17th HIS Conference, History-Urbanism-Resilience, TU Delft 17-21 July 2016, Vol. 4. P. 387–394.
7. Aidarova G. N., Aidarov R. S. «Old» and «new» in the conditions of preservation and development of the historical center of Kazan : Proceedings of the V International theoretical and practical conference «Cultural heritage in the XXI century: conservation, using, popularization» / KSUAE. Kazan, 2017. P. 20–24.
 8. Rössler M., Menétrey-Monchau C. Periodic Report and Action Plan: Europe 2005-2006 // World Heritage Papers. 2007. Vol. 20. 139 p.
 9. UNESCO. Understanding World Heritage in Europe and North America: Final Report on the Second Cycle of Periodic Reporting 2012-2015 // World Heritage Papers. 2016. Vol. 43. 190 p.
 10. Galland P., Lisitzin K., Oudaille-Diethardt A., Young C. World Heritage in Europe today. Paris : UNESCO, 2016. 123 p.

УДК 72.01(631)

Басыров Ирек Ильгизерович

архитектор

E-mail: irekbasyrov2017@gmail.com

НАО «МОСТАФ»

Адрес организации: 420124, Россия, г. Казань, ул. Ямашева, д. 376

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

К вопросу устойчивого развития архитектуры сельских поселений

Аннотация

Постановка задачи. Выявление возможностей внедрения ресурсосберегающих технологий в сложившуюся среду сельского поселения.

Результаты. Предложено использование некоторых принципов ресурсосбережения для создания устойчивой архитектуры села.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в том, что выявленный опыт организации ресурсосберегающей архитектурной среды может иметь универсальное значение для преобразования сложившейся архитектурной среды, а также вновь проектируемых объектов, что существенно ограничит влияние негативных факторов при создании комфортной экологически устойчивой среды сельских поселений.

Ключевые слова: ресурсосберегающий подход, устойчивая архитектура сельских поселений, принципы ресурсосбережения.

Введение

Устойчивая архитектура – одно из главных направлений в создании благоприятной и здоровой среды жизнедеятельности. Недостаточное внимание к сельским поселениям, низкое качество архитектуры, применение вредных строительных материалов, несанкционированные свалки, низкий уровень благоустройства вызывают негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду сельских поселений. Чтобы ограничить эти факторы необходимо внедрять в архитектуру сел новые технологии, создавать комфортные экологически устойчивые архитектурные пространства. Проблема устойчивого развития становится все более актуальной для сельских поселений. В перспективе актуальные для городов проблемы устойчивого развития могут оказаться для сельских поселений не менее приоритетными с учетом требований безопасности к продуктам производства земледелия, охраны природной среды. Существующий опыт устойчивого развития, основанный на ресурсосберегающем подходе, можно использовать в архитектурной среде сельских поселений. В статье предпринята попытка рассмотреть возможности использования некоторых принципов ресурсосбережения в одном из чувашских сел.

Село Батырево – одно из старейших населенных пунктов Чувашской Республики, расположено на реке Була, в 132 км от города Чебоксары. На 2017 год население составило 5256 человек, в основном чувашей и татар. По архивным данным известно, что Батырево основано в 1508 г. Дословный перевод чувашского названия села – Патӑрьел – «село богатырей, сильных духом и крепких телом людей». В народных преданиях говорится о герое Батыре (Патӑр), который жил на реке Була. Батыр был великим воином, ему со своими воинами не раз приходилось сражаться с монгольскими полчищами [1].

Село расположено рядом с трассой федерального назначения, обладает значительным потенциалом в области торговли, сельского хозяйства, фермерства, а также богатыми природными ресурсами. Вместе с тем характерный для многих

поселений в сельской местности низкий уровень организации среды жизнедеятельности, землепользования и природопользования не обошел и Батырево.

Исследованию проблем устойчивого развития архитектуры сельских поселений и ландшафтов уделяли внимания отечественные исследователи: Пустоветов Г.И., Моисеева С.Б., Вавилова Т.Я., Нефедов В.А., Давиденко П.Н., Петрова З.К., Забелина Е.В., Угрушева К.Д., Фролова Н. и др.

Устойчивое развитие архитектуры сельских поселений связано с понятием «ресурсосберегающая архитектура», которая трактуется в архитектурных исследованиях как система нескольких уровней, как универсальная структура-поле, единое сберегающее архитектурное пространство, преобразующее социальные и материальные отношения, развитие и взаимодействие Человека, Города и Природы. В основе функционирования ресурсосберегающей архитектурной системы лежат принципы сбережения ресурсов, соответствующие ее внутреннему потенциалу [2], а также совокупность инженерных решений, примененных для сбережения ресурсов [3].

В ходе литературного анализа было выявлено шесть основных принципов использования ресурсосберегающих технологий:

1. Принцип озеленения;
2. Принцип энергосбережения;
3. Принцип водных ресурсов;
4. Принцип снижения углекислого газа;
5. Принцип сокращения отходов;
6. Принцип улучшения сточных вод и мусора [4].

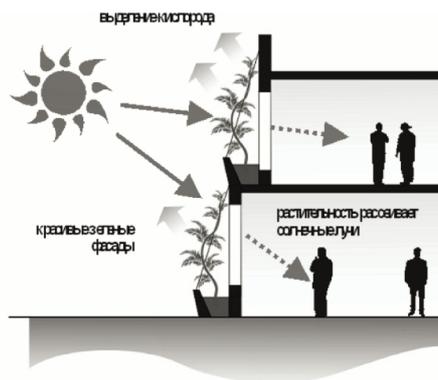
Рассмотрим каждый принцип подробнее и рассмотрим возможности применения ресурсосберегающих технологий в архитектуре села.

Принцип озеленения

На сегодняшний день тенденция использования зелени в архитектуре преимущественно применяется в архитектуре городов, но данный опыт успешно можно использовать и в сельских поселениях. В крупных европейских городах сплошное озеленение встречается на стенах, балконах, крышах зданий; в Парижском этнографическом музее на набережной Бранли (арх. Ж. Нувель) зеленые насаждения покрывают всю стену здания, что благоприятно влияет на экологию и эстетику окружения [5].



а)



б)

Рис. 1. а) Здание Consorcio Santiago в Чили, арх. Энрике Браун и Борх Хуидобро (<http://verticalgreen.altervista.org/consorcio-santiago-building>);
б) Устройство зеленых фасадов в зданиях села

Реализация таких фасадов не составляет особой сложности, особенно в сельской местности, где проживает большое количество земледельцев. В архитектуре села Батырево можно применять зеленые фасады в общественных зданиях, также в индивидуальных жилых домах. Наиболее оптимальное и экономичное решение –

установка горшков у основания фасада, по примеру здания Consorcio Satiago Building, архитектор Энрике Брауну [6]. У основания фасада устанавливаются кронштейны, на которых располагаются горшки для растений, выводимых на каркас (рис. 1 а). Такое решение облегчает полив растений, так как горшки можно расположить у основания окон. Растения хорошо дышат, и одновременно защищают от солнца. Такое решение может быть активно применено на фасаде ресторана «Нива», расположенного на пересечении улиц Мичурина и Ленина в селе Батырево. Советское здание нуждается в обновлении фасада, также зеленый фасад сможет защитить от переизбытка солнечного света в ресторане, из-за наличия больших окон. На фасад здания интегрируются специальные прямоугольные емкости, в которые сажаются растения. Поверх емкостей устанавливаются ламели, по которым растения цепляются и растут вверх, покрывая фасад здания (рис. 1 б).

Принцип энергосбережения

Энергосбережение – максимальное снижение потерь энергии как при доставке энергии ее конечному потребителю, так и при использовании энергоресурсов. В архитектуре принцип энергосбережения может проявляться во многих факторах. Например, главными отличительными особенностями проекта жилого комплекса в пригороде Айсаква, США (рис. 2 а) стали самые современные ресурсосберегающие технологии: тепловые насосы, солнечные батареи, вторичное использование дождевой воды и повышенная теплозащита [7].

Современные технологии энергосбережения могут применяться и в архитектуре сел. Солнечные батареи могут быть установлены на крышах частных домов, не привлекая особого внимания. Они могут быть установлены в качестве козырьков зданий. Такой метод был применен в здании Sun city energy plus house Эрвина Калтенеггера, г. Вайц (Австрия, 2007) [8]. Еще один вариант – это применение солнечных батарей как дизайнерских аксессуаров, их нетрадиционная установка составляет некий композиционный коллаж. В таких случаях батареи начинают доминировать, и все внимание падает на них.

В селе Батырево такой метод применим в общественных зданиях. Панели целесообразно устанавливать на знаковых объектах, таких как гостиницы, крупные общественные здания, торговые центры и др. Установка таких панелей в здание гостиницы «Булат» поможет привлечь клиентов, сэкономить электроэнергию, также улучшить качество архитектуры при правильном подходе к проектированию. Существует 2 варианта монтажа панелей: полный демонтаж кровли или частичная замена крыши на панели. Также помимо обычных плоских панелей есть батареи, полностью похожие на обычную черепицу, такой вариант подойдет для зданий села, так как этот вариант стоит в 2 раза дешевле стандартных батарей, а его эффективность в 2 раза выше (рис. 2 б).

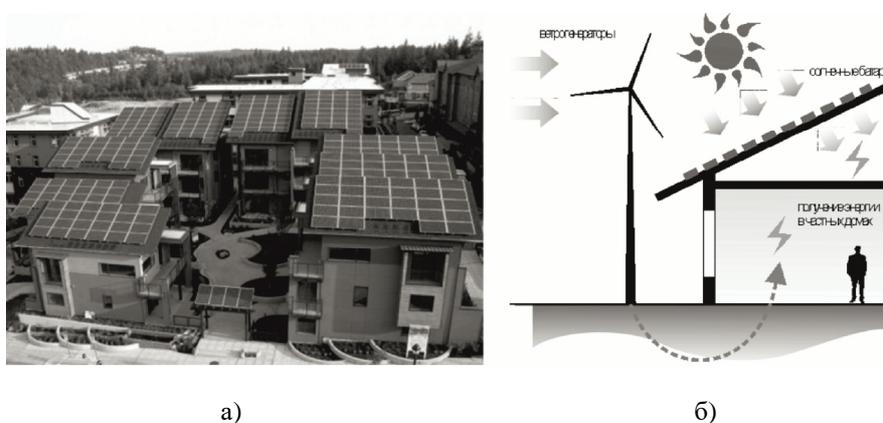


Рис. 2. а) Квартал zHome в пригороде Айсаква, США, арх. David Vandervort Architects (<http://www.magazindomov.ru/2012/03/31/zhiloi-kompleks-v-ssha/>);
б) Устройство солнечных батарей и ветрогенераторов

Принцип водных ресурсов

Данный принцип может проявляться в использовании специальных емкостей, для скапливания дождевых вод. В сельских усадьбах издавна используются большие тары для сбора воды, применение ее многогранно: это может быть орошение огородов, использование воды в летних душевых кабинках, для мойки машин и т.д. Устройство организованного водостока также помогает в сборе дождевых вод в емкости, и повторном использовании воды. Данный метод весьма эффективный, но проблема заключается в том, что большие тары для сбора данной воды не эстетичны. В основном это большие бочки и пластмассовые цистерны. Емкости для сбора воды в селе Батырево традиционно используются в усадьбах, но их можно интегрировать в фасады зданий, или закрывать их зелеными фасадами.

В Берлине есть опыт использования живописных прудов для сбора дождевой воды. Рядом со зданиями Debis Haus (Даймлер-Крайслер) по проекту архитектора Ренцо Пиано и соседнего офисного центра по проекту Арата Исодзаки были обустроены водоемы, покрытые местами камышами. Благодаря этим прудам, собранная с крыш домов и подземных резервуаров вода очищается и поступает в туалеты и полив садов, размещенных на крышах [9].

Примером сбора и использования морской воды является здание-фильтр в Дубае, в котором стены в форме труб зачерпывают воду из Персидского залива [10] (рис. 3 а). Такие стены могут не только зачерпывать, но и собирать довольно большое количество воды, стекающей с крыш частных и общественных домов. Собранная вода может использоваться в различных бытовых целях (рис. 3 б).

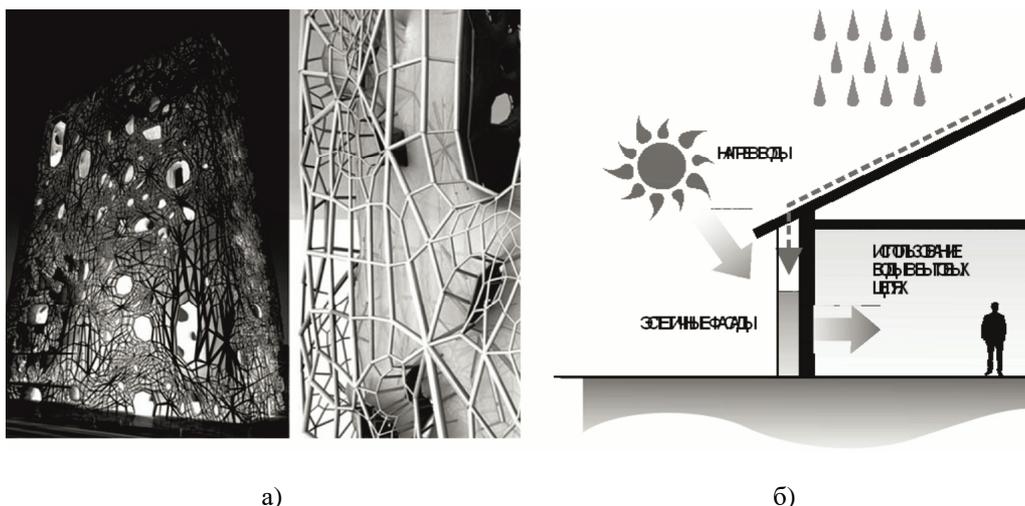


Рис. 3. а) Здание-фильтр GEOtube в Дубае, арх. Faulders Studio (<http://www.lady.ru/home/Здание-фильтр – пустынная-архитектура-в-Дубаи>); б) Устройство сбора дождевой воды в селах

Принцип снижения углекислого газа

В структуре села снижение углекислого газа достигается посредством благоустройства и озеленения архитектурных пространств, также могут применяться экологический материал в малых архитектурных формах. Примером могут быть восстановление и экологическая реабилитация прудов, парков и скверов. В прудах вдоль берега могут устраиваться бермы для водной растительности, плавающие домики для птиц; в парках и скверах заменен растительный грунт, проведена укладка рулонного газона, устроены цветники, установлены малые архитектурные формы и детские игровые площадки. Данные мероприятия восстанавливают утраченную экосистему территорий.

Углекислый газ снижается посредством применения экологически чистых материалов, также путем внедрения озеленения. В селе Батырево самым эффективным методом снижения углекислого газа будет применение современных строительных материалов, например древесины и отказ от таких материалов как сайдинг. Древесина обладает рядом положительных качеств: экологичность, низкая теплопроводность,

эстетическая составляющая и т. д. Популярное на сегодняшний день в зарубежной практике строительство частных домов из клееной древесины позволяет выполнять проекты любой сложности, дома из традиционного материала приобретают современные стилевые качества, благоприятное влияние на атмосферу окружающей среды. В Чувашии использование деревянных конструкций не выходит за рамки существующих традиций. Модернизация деревянного строительства, его более широкое использование вместо сайдинга и железобетонных конструкций несомненно окажет многосторонний эффект на пути к устойчивому развитию сельских поселений.

Принцип сокращения отходов

Существуют некоторые пути решения данной проблемы: вторичное использование отходов, более эффективное использование изделия промышленного производства и обмен изделиями в целях более рационального применения. На практике применяются методы группировки урн для раздельного мусора (стекло, пластик, бумага); создание организаций по приему макулатуры, металлолома; пожертвование детских игрушек в детские сады и т.д. Проект «Давайте поговорим о мусоре», созданный автором Хугоном Ковальским (Польша) наиболее четко выражает принцип сокращения отходов с точки зрения архитектуры. Автор проекта решает поместить свое здание рядом с мусорной свалкой в Деонаре, Индия, откуда тысячи жителей трущоб каждый день приносят домой около 6 тонн мусора. Вторичным сырьем для переработки может служить стекло, алюминий, бумага, пластик, краски, жестяные банки, провода, радиодетали и даже мыло из близлежащих отелей. Так как здание располагается рядом со свалкой, жители уносят оттуда полезные для себя вещи, тем самым сокращая и перерабатывая мусор. Большое количество разнообразного мусора позволяет им трансформировать и видоизменять свои дома как они хотят [11]. Данный метод нельзя признать положительным для его использования в наших условиях, он лишь свидетельствует о возможности «второй жизни» предметов потребления.

В селе Батырево на сегодняшний день существует система вывоза мусора на свалку, но она далеко не совершенна и требует модернизации. Решить данную проблему помогут методы, предложенные известным блогером Ильей Варламовым:

- обеспечение жителей бесплатными специальными пакетами для раздельного сбора мусора;
- удаление мусоропроводов из жилых домов;
- установка новых раздельных урн и контейнеров по селу, решенных в современном дизайне;
- вывоз мусора в общий сортировочный центр;
- оповещение жителей о раздельном сборе отходов;
- создание современных сортировочных центров (мусор должен распределяться на переработку, сжигание и минимум мусора в почву);
- создание кладовых сооружений для обмена использованными вещами;
- создание контейнеров с одеждой и обувью для приютов и социальных служб [12].

Данные методы, интегрирующие разнообразный практический опыт, помогут сократить выбрасываемые отходы, организовать и наладить мусорораспределение. С архитектурной точки зрения данные мероприятия улучшат санитарное состояние жилых дворов села Батырево.

Индекс улучшения сточных вод и мусора

Под улучшением сточных вод могут восприниматься различные водоочистные станции. Это могут быть такие очистные сооружения как пункт очистки воды в Агуас-Корриентес (Уругвай). Процесс очистки делится на 4 этапа: механический, биологический, физико-химический, дезинфекция сточных вод [13]. Подобные очистные могут применяться в селе Батырево. По данным санитарного надзора от 26.10.17 в с. Батырево употребляет питьевую воду с отклонением от гигиенических нормативов по содержанию сульфатов – от 900 мг/л до 1500 мг/л, общей минерализации – от 2300 мг/л до 2800 мг/л, содержанию лития – от 0,044 до 0,08, бора – от 1,00 мг/л до 1,65 мг/л из-за неспособности водоочистных сооружений ООО «Водолей» должным образом очищать воду.

Очистка воды может осуществляться с помощью фасада зданий. Есть некоторые экспериментальные проекты, такие как здание-фильтр в Дубае, в котором специальный насос зачерпывает не пригодную для питья соленую воду из Персидского залива на крышу, далее она стекает по множеству узорных труб и очищается. В итоге получается очищенная, горячая вода, нагретая от палящего солнца пустыни [10]. Данный метод можно применить в фасадах общественных зданий сельской местности в летнее время для бытовых целей. В перспективе возможно применение новейших методов на основе биоподходов как синтез компьютерных возможностей и природных процессов как бионаправленная архитектура [14].

Рассмотренные принципы и возможность их использования в сельской местности сведены в таблицу.

Таблица

Возможности использования принципов ресурсосбережения в сельской местности

Принципы ресурсосбережения	Принципы ресурсосбережения в архитектуре села Батырево
1. Принцип озеленения	
1. Устройство зеленых крыш. 2. Зеленые фасады. 3. Озеленение территорий.	1. Применение зеленых фасадов в ресторане «Нива». 2. Устройство зеленых крыш в частных домах и некоторых общественных зданиях.
2. Принцип энергосбережения	
1. Применение солнечных батарей. 2. Ветрогенераторы. 3. Доводчики окон в теплицах.	1. Использование солнечных батарей в архитектуре сельских зданий. 2. Интеграция ветрогенераторов в архитектуру.
3. Принцип водных ресурсов	
1. План водопользования. 2. Использование сбора дождевой воды.	1. Использование сбора дождевой воды в специальные тары, интегрированные в архитектуру частных домов и его повторное использование.
4. Принцип снижения углекислого газа	
1. Озеленение территории села. 2. Использование экологичных материалов в архитектуре. 3. Благоустройство и озеленение «заброшенных» территорий.	1. Использование экологически чистых материалов, таких как древесина, в архитектуре зданий.
5. Принцип сокращения отходов	
1. Повторное использование строительного материала. 2. Переработка мусора. 3. Упорядоченный сбор мусора. 4. Обработка мусора.	1. Повторное использование строительного материала и мусора. 2. Эффективное использование предметов. 3. Обмен и пожертвования. 4. Устройство раздельного сбора мусора. 5. Переработка мусора методом компостирования.
6. Принцип улучшения сточных вод	
1. Очистка сточных вод.	1. Устройство фильтров для воды на фасадах здания в летнее время. 2. Современные технологии сбора и использования дождевой воды.

Кроме указанных принципов важно учитывать эстетические требования к размещению и оформлению как городских урн для мелкого мусора, так и крупных мусоросборников и сортировочных центров. Это – составная часть общей концепции оздоровления и оптимизации эстетического облика сельских поселений.

Заключение

Один из подходов к достижению устойчивого развития сельских поселений – ресурсосбережение. Наиболее рациональное направление в развитии села Батырево это постепенный переход на инновационный, ресурсосберегающий путь преобразования сложившейся архитектурной среды и ускоренный переход к использованию новых ресурсосберегающих технологий в перспективных архитектурных решениях. Несомненно, для использования ресурсосберегающих технологий в сельской архитектуре необходимо учитывать региональные особенности села: планировочные, типологические архитектурно-конструктивные, а также сложившиеся культурные и эстетические предпочтения и традиции. Рассмотренные принципы могут быть использованы для создания устойчивой архитектурной сельской среды в других регионах.

Список библиографических ссылок

1. История села Батырева и Батыревского района до 1917 года // Gov.cap.ru : официальный сайт села Батырево. 2002. URL: http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov_id=58&id=97525 (дата обращения: 30.05.2018).
2. Айдарова Г. Н., Куликов Д. А. К понятию «ресурсосберегающая архитектура» // Известия КГАСУ. 2006. № 2 (6). С. 5–7.
3. Давиденко П. Н., Петрова З. К. О проектировании ресурсосберегающей и экологической жилой среды. // Жилищное строительство. 2003. № 9. С. 3–11.
4. The New Architectural Concept: The Green Buildings // 210.59.19.199 : статья. 2012. URL: http://210.59.19.199/mediafile/101project/english/eng_a8.pdf (дата обращения: 28.04.2018).
5. Музей на набережной Бранли // Frenchparis.ru : электронный ресурс. 2018. URL: <http://frenchparis.ru/le-musee-du-quai-branly/> (дата обращения: 11.12.2017).
6. Consorcio – Chile Office Building : Enrique Browne Arquitectos // E-architect.ru: сайт о мировой архитектуре. 2016. URL: <https://www.e-architect.co.uk/chile/consorcio-santiago-building> (дата обращения: 28.04.2018).
7. Жилой комплекс в США // Magazindomov.ru: архитектурный сайт. 2012. URL: <http://www.magazindomov.ru/2012/03/31/zhiloj-kompleks-v-ssha/> (дата обращения: 31.05.2018).
8. Солнечные модули как элемент архитектурного дизайна // Green-city.su : электронный журнал. 2015. URL: <http://green-city.su/%EF%BB%BFsolnechnye-moduli-kak-element-arhitekturnogo-dizajna/> (дата обращения: 28.04.2018).
9. Дождевая вода как ресурс в ландшафте города // Green-city.su : электронный журнал. 2015. URL: <http://green-city.su/dozhdevaya-voda-kak-resurs-v-landshafte-goroda/> (дата обращения: 30.05.2018).
10. Здание-фильтр – пустынная архитектура в Дубаи // Novate.ru: электронный журнал. 2010. URL: <http://www.novate.ru/blogs/260210/14194/> (дата обращения: 11.12.2017).
11. Archiprix 2013: победители // Archi.ru : электронный ресурс. 2013. URL: <https://archi.ru/russia/48353/archiprix-2013-pobediteli> (дата обращения: 11.12.2017).
12. Что делать с мусором? // Varlamov.ru: сетевое сообщество. 2012. URL: <https://varlamov.ru/554449.html> (дата обращения: 28.04.2018).
13. Очистка сточных вод – этапы // Vodecofilter.com : официальный сайт. URL: <http://vodecofilter.com/sbornik-statej/stati-o-vode/stati-ob-ochistke-stochnykh-vod/ochistka-stochnykh-vod-etapy> (дата обращения: 30.05.2018).
14. Денисенко Е. В. Биологические критерии и биоподходы в архитектуре XXI века // Вестник ВолГАСУ. 2013. № 33 (52). С. 173–178.

Basyrov Irek Ilgizerovich

architect

E-mail: irekbasyrov2017@gmail.com**NAO «MOSTAF»**

The organization address: 420124, Russia, Kazan, Yamasheva st., 37b

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

To the question of sustainable development of the architecture of rural settlements**Abstract**

Problem statement. Identifying the possibilities of introducing resource-saving technologies in the current environment of rural settlements.

Results. The use of some principles of resource saving for the creation of sustainable village architecture is suggested.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture lies in the fact that the identified experience in organizing a resource-saving architectural environment can have universal significance for the transformation of the existing architectural environment, as well as newly designed facilities, which will significantly limit the influence of negative factors in creating a comfortable environmentally sustainable environment for rural settlements.

Keywords: resource-saving approach, sustainable architecture of rural settlements, principles of resource-saving.

References

1. History of Batyrevo village and Batyrevsky district until 1917 // Gov.cap.ru: official site of Batyrevo village. 2002. URL: http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov_id=58&id=97525 (reference date: 30.05.2018).
2. Aidarova G. N., Kulikov D. A. To the concept of «resource-saving architecture» // Izvestiya KGASU. 2006. № 2 (6). P. 5–7.
3. Davidenko P. N., Petrova Z. K. On the design of resource-saving and ecological living environment. // Housing construction. 2003. № 9. P. 3–11.
4. The New Architectural Concept: The Green Buildings // 210.59.19.199: article. 2012. URL: http://210.59.19.199/mediafile/101project/english/eng_a8.pdf (reference date: 04.28.2018).
5. Museum on the Branly waterfront // Frenchparis.ru: electronic resource. 2018. URL: <http://frenchparis.ru/le-musee-du-quai-branly/> (reference date: 11.12.2017).
6. Consorcio – Chile Office Building: Enrique Browne Arquitectos // E-architect.ru: site about the world architecture. 2016. URL: <https://www.e-architect.co.uk/chile/consorcio-santiago-building> (reference date: 04.28.2018).
7. Residential complex in the US // Magazindomov.ru: architectural site. 2012. URL: <http://www.magazindomov.ru/2012/03/31/zhiloy-kompleks-v-ssha/> (reference date: 31.05.2018).
8. Solar modules as an element of architectural design // Green-city.su: electronic journal. 2015. URL: <http://green-city.su/%EF%BB%BFsolnechnye-moduli-kak-element-arxitekturnogo-dizajna/> (reference date: 04.04.2018).
9. Rainwater as a resource in the city landscape // Green-city.su: electronic journal. 2015. URL: <http://green-city.su/dozhdevaya-voda-kak-resurs-v-landshafte-goroda/> (reference date: 05.30.2018).

10. The building-filter – desert architecture in Dubai // Novate.ru: electronic journal. 2010. URL: <http://www.novate.ru/blogs/260210/14194/> (reference date: 11.12.2017).
11. Archiprix 2013: winners // Archi.ru: an electronic resource. 2013. URL: <https://archi.ru/russia/48353/archiprix-2013-pobediteli> (reference date: 11.12.2017).
12. What to do with garbage? // Varlamov.ru: the network community. 2012. URL: <https://varlamov.ru/554449.html> (reference date: 28.04.2013).
13. Wastewater treatment – stages // Vodecofilter.com: official site. URL: <http://vodecofilter.com/sbornik-statej/stati-o-vode/stati-ob-ochistke-stochnykh-vod/ochistka-stochnykh-vod-etapy> (reference date: 05.30.2018).
14. Denisenko E. V. Biological criteria and bio approaches in the architecture of the XXI century // Vestnik VolGASU. 2013. № 33 (52). P. 173–178.

УДК 72.032/033

Зейферт Марина Германовна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: zeyfertm@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Особенности формирования и развития алтарной части христианских церквей

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить особенности формирования и развития архитектуры алтарной части христианских церквей. Основные результаты исследования состоят в следующем:

Результаты. 1. В раннехристианских церквях требование ориентации главного алтаря на восток не всегда выполнялось. Расположение зданий зависело от многих факторов: градостроительной ситуации, использования при строительстве уцелевших фрагментов античных построек, местных традиций.

2. Особенностью христианских церквей, оказавшей влияние на формирование структуры церковных зданий, является наличие захоронений первоначально почитаемых мучеников, в память о которых и были построены мавзолеи и церкви, а в дальнейшем знаковых для религии людей. Появились нижние пределы церкви места для захоронений – крипты и конфессии. Произведена классификация крипт и конфессии римских церквей в соответствии с их влиянием на архитектурную композицию алтарной части здания.

3. Установлено, что изменения требований к церковным ритуалам оказывает влияние на алтарную часть церкви и соответственно на объемно-планировочное решение здания в целом. Вместе с тем развитие архитектуры и совершенствование конструкций культовых зданий влечет за собой преобразования главной сакральной части церкви – санктуария (алтарной зоны).

4. Выявлено, что со временем границы между алтарной частью церкви и пространством, предназначенным для прихожан, стираются. Во многих церквях отсутствует алтарная преграда, киворий над престолом, в некоторых случаях все церковное помещение перекрывается общим куполом, объединяющим «земное и божественное».

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в выявлении особенностей влияния функционального процесса на формирование и развитие зданий и архитектурных элементов, на примере алтарной части христианских церквей.

Ключевые слова: история архитектуры, христианские церкви, алтарная часть церкви, функциональный процесс, объемно-планировочные решения зданий, архитектурные элементы.

Введение

Зарождение первых христианских церквей происходило задолго до 313 г. время признания христианства религией равноправной со всеми другими вероисповеданиями. Общины, опасаясь гонений, собирались тайно в жилых домах, синагогах, катакомбах. Это было время становления религии, требований к культовым зданиям нового типа, формирования пространства церкви. Основными составляющими объемно-планировочной структуры церкви является пространство для размещения верующих и сакральное место для совершения литургии – алтарная часть здания – санктуарий. По словам П.А. Флоренского: «Пространственное ядро Храма намечается оболочками: двор, притвор, самый Храм, алтарь, престол, антиминс, чаша, Святые Тайны, Христос, Отец. Храм, как разъяснено было ранее, есть лестница Иаковлева, и от видимого она возводит к невидимому, но весь алтарь, как целое, есть уже место невидимого, область, оторванная от мира, пространство не-от-мирное» [1, с. 87].

Целью данного исследования являются особенности формирования, и развития архитектуры алтарной части христианских церквей.

В работе использованы метод натурного обследования и фотофиксации 32 церквей Рима, а также материалы из литературных источников по данному вопросу. Рассмотрены примеры организации алтарной части церквей следующих типов:

- продольный (линейный) тип сооружения, трех-пятинефная базилика;
- продольный (линейный) тип сооружения, трех-пятинефная базилика с трансептом;
- продольный (линейный) тип сооружения, трех-пятинефная базилика с эмпорами;
- центрический тип сооружения, круглый или восьмиугольный план;
- сочетание продольного (линейного) сооружения с куполом на парусах;
- пилястровая церковь с трансептом и куполом на парусах над средокрестием;
- купольная церковь с крестообразным планом (византийское влияние).

Особенности ориентации алтарной части христианских церквей

Важным вопросом создания культовых зданий разных конфессий являются особенности их размещения. Ориентация алтарной части раннехристианских церквей на территории обширной римской империи была различной. В один и тот же промежуток времени в восточной части империи соблюдали правило направления сакральной части церкви на восток, только с V в. это правило стало обязательным для всех христианских церквей. Направление алтаря на восток, символизировало устремление молящихся к «Востоку свыше», т. е. к Христу. Многие ранние римские церкви имели западную ориентацию. Возможно, это было связано с распространением в центральной части империи митраизма. Вход в небольшие, часто подземные, храмы Митры был с восточной стороны [2, с. 9]. Западную ориентацию алтарной части имеют главные римские церкви – Сан Пьетро и Сан Джованни ин Латерано, построенные при императоре Константине. Здания неоднократно перестраивались, но сохранили первоначальную ориентацию алтаря. Огромная апсида с санктуарием, объединяющая три нефа, церкви Санти Кватро Коронати в Риме также ориентирована на запад.

Рассматривая примеры церковных зданий расположенных в Риме и на территории римской империи можно отметить, что на расположение зданий влияли многие факторы. Часто при возведении раннехристианских церквей использовались сохранившиеся конструкции античных сооружений. Большой интерес представляют раннехристианские церкви римской провинции Бизацен Северной Африки. Алтарная часть церкви «I» Bellator в городе Сбейтла, располагаемая в апсиде античной базилики, ориентирована на юг. Прихожане попадали в здание через боковые нефы с западной и восточной стороны. [3, с. 15]. Расположение алтарной части раннехристианских церквей исторически сложившихся городов зависело от градостроительной ситуации, практики приспособления для церквей ранее существующих зданий другого назначения, например церковь Санта Мария дельи Анджели встроена в Микеланджело в монументальные руины терм Диоклетиана [4, с. 14]. Апсида с алтарной частью собора Святой Софии в Константинополе была ориентирована на восток. С 1453 г. христианский Константинополь стал мусульманским Стамбулом, а собор Святой Софии в течение 481 года служил мечетью. Молельная ниша мечети – михраб должна быть направлена на Каабу (Мекку). Для Стамбула это юго-восток. Появление михраба в здании, повлекло за собой смещение алтарной части изначально христианского собора к югу. [5, с. 63]. Так в здании, с 1934 г. ставшим музеем, мирно существуют сакральные зоны двух конфессий.

Влияние крипт и конфессии на объемно-планировочное решение алтарной части церковного здания

Одним из мест собрания приверженцев новой религии были катакомбы – подземные кладбища, расположенные за городской чертой. Со II в. помимо языческих захоронений в подземных некрополях появились могилы и саркофаги христиан пострадавших за веру. В местах захоронений в капеллах и криптах проводился ритуал поминовения усопших. В капеллах устанавливали алтарь, стены покрывали фресками. Казни апологетов зарождающейся религии происходили в черте города, в память о мучениках на местах казни или погребения стали возводить мартириумы, а позднее церкви. Церковь IV в. Санти Кватро Коронати построена на месте захоронения четырех

воинов, замученных за отказ казнить скульпторов не согласившихся ваять языческих идолов [6, с. 12].

Христианство не представляло собой единую церковь. На огромной территории римской империи создавалось множество общин со своей историей возникновения, языковыми различиями, местными традициями. Поэтому перенос места поминаения и почитания мучеников с кладбищ в раннехристианские церкви происходил по разным причинам. В Северной Африке существовал языческий обычай погребальных трапез на кладбище. Подобные шумные поминаения совершались и на могилах христианских мучеников. Для искоренения языческих традиций и привлечения общины в церковь епископами была предпринята попытка преобразования погребальной трапезы в евхаристическое жертвоприношение Богу. «Остановить разгульные трапезы на кладбищах не только в III-IV вв., но и в V в. было, скорее всего, невозможно, поэтому Августин (епископ Августин Иппонский) дал епископу Карфагенскому Аврелию четкие рекомендации по перенесению почитания святых внутрь церкви [7, с. 13]. Останки почитаемых мучеников переносили с кладбищ в церкви. Появились церкви с двумя апсидами. В трехнефной базилики «I» Bellator в городе Сбейтла в северной апсиде находился пресбитерий, а в южной гробницы святых. Алтарь располагался в центре среднего более широкого нефа. Подобным же образом решена пятинефная базилика в Каstellum Тингитанум (ныне Орлеанвиль). Две скрытые стенами апсиды замыкают главный неф с востока и запада, а входы в церковь находятся с южной и северной стороны. Практически все церкви Рима связаны с захоронениями почитаемых мучеников, с памятными местами или предметами – святынями. Например, в базилике 440 г. Сан Пьетро ин Винколи хранятся вериги, которыми в Мамертинской темнице был закован Апостол Петр. Опасаясь грабительских набегов лангобардов, оставшиеся в катакомбах мощи святых по распоряжению папы Павла I (757-767 гг.) были перенесены в церкви. Святые реликвии привлекали в церкви многочисленных паломников.

В работе проведены исследования объемно-планировочных решений и структурных элементов алтарной части церквей построенных в Риме и римских провинциях. На основе проведенного анализа выявлено, что наличие в структуре христианских церквей крипт и конфессии, в некоторых случаях оказывает существенное влияние на объемно-планировочное решение алтарной части здания. Произведена классификация крипт и конфессии римских церквей в соответствии с их влиянием на архитектурную композицию санктуария.

В первом случае конфессии, крипты находятся достаточно глубоко под землей и не оказывают влияния на архитектурную композицию санктуария. Вход в нижний предел осуществляется из боковых нефов или вспомогательных помещений. В качестве примера можно привести церковь Санта Кроче ин Джерузальемме. Из правого нефа в капеллу Святой Елены ведет пологая лестница с редкими ступенями – *cordinata*. Пол алтарной части церкви выше нефов всего на две ступени.

Во втором случае конфессии располагается под алтарной частью церкви. Попасть туда можно по лестницам из среднего или боковых нефов. Алтарная часть церкви приподнята за счет меньшего заглубления конфессии. Подобным образом решен нижний предел церкви Санта Прасседе. Вход в вытянутую крипту с саркофагами Пракседы и Пуденцианы находится в центре под алтарем. Вниз ведут 11 ступеней, санктуарий приподнят на 7 ступеней.

В третьем случае нижний предел открыт в помещение церкви и является важным элементом организующим санктуарий. Конфессии церкви Санта Мария Маджоре переделано в XIX в. из древней капеллы и предназначено для хранения яслей младенца Христа. В конфессии, расположенном под, а частично перед, алтарем, ведут две двухмаршевые лестницы с правой и левой стороны от кивория. От нефов конфессии огорожено красивой полукруглой балюстрадой (рис. 1 а).

Функциональное зонирование и развитие алтарной части церковного здания

Церковные здания с многовековой историей неоднократно достраивались и изменялись благодаря новым архитектурным веяниям, совершенствованием конструктивных решений. В свою очередь усложнение и развитие ритуалов требовали

изменения архитектурной среды церкви и в первую очередь ее алтарной части. Алтарная часть церкви состоит из трех зон. В центральной зоне находится алтарь, за алтарем пресбитерий, перед алтарем хор. Главным элементом сакральной зоны церкви является алтарь, престол, менза (лат. *alta ara* – возвышенное место для жертвоприношений).

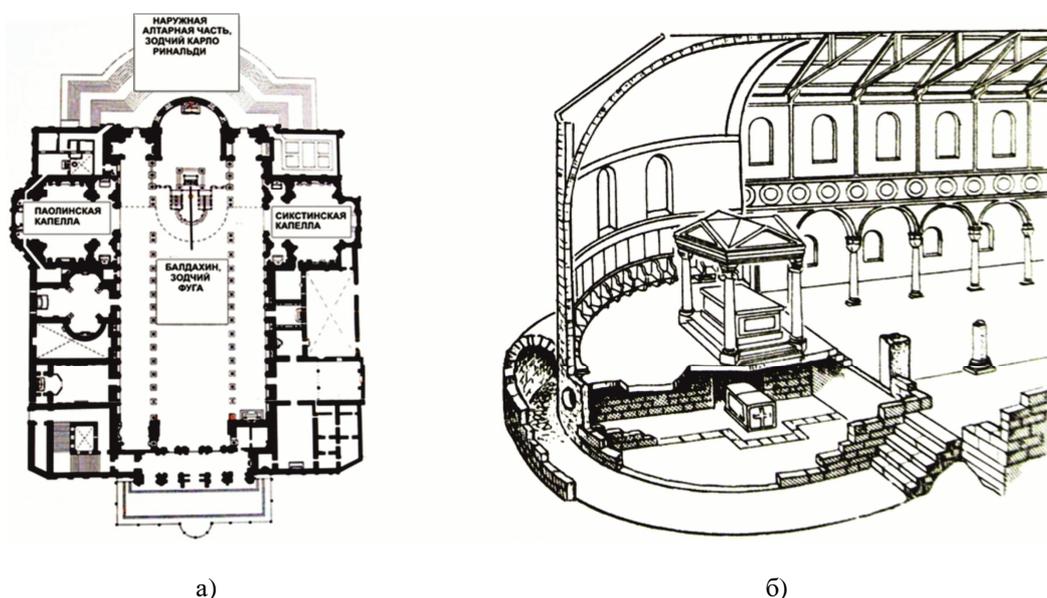


Рис. 1. Примеры организации конфессии под алтарем христианских церквей:

- а) открытое конфессии ц. Санта Мария Маджоре;
б) пример кольцевой крипты размещенной под главным алтарем церкви [источник: 8, с. 41]

Первые христианские алтари размещались в жилых домах, где тайно собирались общины и в катакомбах. Примером оформления алтаря является папский склеп в катакомбе Каллиста. Алтарь защищает решетчатая каменная преграда, перед ней стоят две колонны перекрытые архитравом. Над купелью домашнего баптистерия в Дура-Европос покоится арочная сень на четырех расписанных колоннах, на плафоне сени изображено небо со звездами. Подобным же образом украшались маририумы. Маририум Святого Петра на месте распятия апостола представлял собой нишу с эдикулой в стене и навес на двух колоннах над алтарем [9, с. 677]. В оформлении крипт, маририумов, а позднее церквей использовался опыт античных архитекторов.

Престол выделяется в общем пространстве церкви. Довольно часто над престолом располагается киворий (лат. *ciborium* – коробка), называемый также сенью или балдахином. В работе рассмотрены 32 церкви, в алтарную часть 18 включены кивории. В церкви Сант' Аньезе фуори ле Мура престол, инкрустированный мрамором, находится между постаментов четырех колонн кивория. Покрытие кивория представляет собой сооружение в виде купола с фонарем на восьмиугольном барабане (рис. 2, а). На плафоне кивория, как правило, изображена птица – символизирующая святой дух. Существующие в настоящее время кивории раннехристианских церквей, как и некоторые другие архитектурные элементы зданий, возведены в более позднее время. Так киворий IX в. работы Космати украшает церковь VI в. Сан Джорджо ин Велабро. Кивории многих церквей решены в готическом стиле, либо с использованием элементов барокко.

Санктуарий от места размещения прихожан отделяет триумфальная арка и алтарная преграда. В православной церкви преградой является иконостас. Перед ним находится возвышенное пространство – солея с полукруглым выступом в середине – амвоном и клиросами по бокам. У католиков значение амвона (бема, вима) несколько иное – это парапет с кафедрами для чтения проповедей и Евангелия, размещенными по сторонам хора. Хор (греч. *choros*) место для присутствующего на богослужении духовенства. Хор приподнят на несколько ступеней относительно пола нефов. Алтарная преграда представляет собой невысокий парапет, выполненный чаще всего из мрамора, реже из

дерева или металла. Деревянная преграда с балясинами между столбиками и тремя двухстворчатыми дверями отделяет санктуарий церкви Санти Козма э Дамиано. С левой стороны расположена деревянная кафедра, которая со временем заменила амвон. Чаще всего алтарная преграда изготавливалась из мраморных сплошных или решетчатых плит, либо представляла собой невысокую мраморную балюстраду. В церкви Санта Катерина да Сиена а Маньянаполи балюстрада выполнена из мрамора двух цветов, а двери в центре преграды из кованого металла. В церковном строительстве Венеции прослеживается тесная связь с культурой Византии. Алтарная преграда собора Сан Марко выполнена в виде восьми колонн поставленных на парапет из инкрустированных резных мраморных плит. Колонны несут архитрав с фигурами святых. Круглая в плане лестница в пять ступеней ведет в центральный проход к престолу. Подобная алтарная преграда стала основой для формирования многоярусного православного иконостаса. Скромная алтарная преграда церкви Санта Мария ин Космедин в Риме также состоит из колонн несущих архитрав.



а)



б)

Рис. 2. Примеры архитектурной композиции алтарной части католических церквей Рима:
а) ц. Сант'Аньезе fuori ле Мура, IV в., перестроена по византийским канонам в VII в;
б) ц. Иль Джезу, арх. Бароцци Виньола, Джакомо делла Порта, 1568-1584 гг.

За престолом находится пресбитерий (греч. presbyterion – совет старейшин) место для священников между престолом и алтарной стеной. В православии это пространство называется – горнее место. В некоторых апсидах раннехристианских церквей, например в церкви Святой Ирины в Константинополе присутствовал синтронион – поднимающийся амфитеатром ряды для священников [10, с. 20]. Со временем не прижившийся в церковной архитектуре амфитеатр был преобразован в скамью для пресвитеров, в центре которой находилась кафедра епископа. В дальнейшем кафедра заняла место слева от алтаря. Подобные алтарные скамьи, обычно из мрамора, имеются во многих церквях. В церкви Санти Козма э Дамиано обшивка нижней части алтарной стены и сидения выполнены из дерева, а в церкви Санти Джованни э Паоло центральный трон кардинала из инкрустированного мрамора приподнят на две ступени, а скамьи разрываются постаментами пилястр, украшающих алтарную нишу. С двух сторон от пресбитерия располагаются вспомогательные помещения с предметами необходимыми для богослужения. В ряде церквей в алтарной стене имеются двери, с северной стороны дверь ведет в помещение, называемое протезис, с южной стороны – в ризницу.

В процессе эксплуатации требования к церковным зданиям изменялись, возросло количество паломников, особенно в юбилейные годы или годы канонизации. На развитие архитектуры церковных зданий оказывали влияние христианские императоры, начиная с Константина, а позднее понтифики. Главное требование Тридентского Собора к

церковному зданию состояло в том, чтобы здание вмещало большое количество прихожан, действие богослужения было хорошо видно, а проповедь священника отчетливо слышна с любого места помещения [2, с. 86]. Кардинал Алессандро Фарнезе в 1568 г. писал Виньоле: «Церковь должна состоять не из центрального и двух боковых нефов, а из одного главного нефа, обрамленного с двух сторон капеллами.... Основное пространство должно быть перекрыто куполом, чтобы хорошо был слышен голос» [11, с. 141]. Первой церковью, построенной по новым требованиям стала Иль Джезу – пилястровая церковь с трансептом и куполом на парусах над средокрестием.

Усложнялась пространственная композиция церквей, для приближения паствы площадь перед санктуарием расширялась за счет перпендикулярного нефа – трансепта. При сохранении осевой направленности к алтарю, симметрия нарушалась за счет пристраиваемых капелл, вспомогательных помещений. Так к левому нефу церкви V в. Санта Сабина в XVI в. была пристроена капелла покрытая куполом с фонарем. С увеличением размеров церкви в плане возрастала высота зданий, изменялась и алтарная часть церкви. Изменение функциональных требований повлияло на объемно-планировочное решение зданий, по словам П. Флоренского «нет ничего внешнего, что не было бы явлением внутреннего» [1, с. 95].

Шире и выше становилась стена апсиды, поэтому ее поверхность членилась по вертикали пилястрами или лопатками, по горизонтали – промежуточными карнизами, подоконными тягами, поясами. В некоторых случаях при оформлении церквей использовались одинаковые приемы. Например нижний регистр алтарной стены церквей Сант Аньезе фуори ле Мура и Санта Сабина облицован мрамором двух цветов, на светлом фоне выделяются темные лопатки завершенные широким поясом того же цвета. В верхнем регистре апсиды церкви Сан Сабина расположены три окна с трансеннами из селенита.

Одновременно с величиной здания возрастают размеры кивория. Высота балдахина собора Сант Пьетро, созданного Джан Лоренцо Бернини, 28,5 м, при высоте подкупольного пространства 96 м. В монументальной конструкции кивория Бернини объединил архитектурные и скульптурные элементы. По замыслу архитектора балдахин должен быть увенчан фигурой Христа, но из-за большого веса статуи она была заменена шаром с крестом – символом триумфа христианства в мире [12, с. 283]. В православных церквях также с увеличением размеров зданий увеличивается высота иконостасов, в XVI в. появляется пятый ряд икон – праотеческий, а позднее еще два ряда.

Со временем решение алтарной ниши усложнялось, использовалась ордерная система, живопись, дополненная объемной скульптурой. Алтарная ниша становилась главной в оформлении санктуария, ее восприятию мешали массивные колонны кивория. Интересный прием использован при организации санктуария церкви Санти Джованни э Паоло. Пышно оформленная стена апсиды не скрыта колоннами кивория, тем ни менее сохранена традиция, над престолом подвешена верхняя часть кивория – бронзовый балдахин. В большинстве церковных зданий без кивория алтарная ниша оформлена в виде эдикулы, состоящей из четырех, реже двух колонн покрытых раскрепованным антаблементом (рис. 2 б). Композицию завершает разорванный треугольный или лучковый фронтон. В центре эдикулы размещено живописное полотно либо небольшая икона в богатом обрамлении. Конхи алтарной ниши покрыты росписью или золотофонной мозаикой в византийском стиле. Во многих церквях без кивория отсутствует и алтарная преграда. Тем ни менее, чтя традиции, некоторые современные культовые здания оформляются по образцам раннехристианских церквей. В период с 1915 по 1927 гг. в престижном квартале Рима, созданного архитектором Джино Коппеде, возводится трехнефная базилика Санта Мария Аддолората с эмпорами, алтарной преградой и киворием. Интересно, что в завершении кивория использован аналог античного храма, но количество колонн по фасаду 7, центральная колонна подчеркивает крест на тимпане фронтона.

Освещение алтарной части церковного здания

С развитием объемно-планировочной структуры зданий изменяются приемы освещения. Особенности освещения нефов и алтарной части христианских церквей на территории Рима и римской империи представлены в таблице.

Таблица

**Особенности освещения нефов и алтарной части христианских церквей
на территории Рима и римской империи**

Город, наименование, время возведения и реконструкции церкви	Тип церковного здания	Освещение нефов, алтарной части
Рим, ц. Сан Джорджо ин Велабро, VI в., построена над каменным строением II-III вв. (арка серебряников)	Продольный (линейный) тип сооружения. Трехнефная базилика – форма трапецевидная. Одна полукруглая апсида по среднему нефу. Потолок в главном нефу плоский с нарисованными кессонами.	Три окна прямоугольные с полуциркульным завершением в апсиде, трансенны. В верхнем ряду центрального нефа (клирестории) окна прямоугольные.
Рим, ц. Сант'Аньезе фуори ле Мура, IV-VII вв. (византийские каноны)	Продольный (линейный) тип сооружения. Трехнефная базилика с эмпорами. Плафон плоский – кессоны, роспись. Эмпоры над боковыми нефами и нартексом – орган. Два ряда колонн с архивольтами.	Верхний ряд окон центрального нефа – (клирестории). Окна прямоугольные с циркульным завершением.
Рим, ц. Санта Констанца, IV в., до 1256 г. мавзольей.	Центрический тип сооружения, круглый план, купол в центре, амбулакр (амбулаторий) перекрыт бочарным сводом. Барабан купола опирается на 12 пар колонн из гранита, перекрытых арками.	12 прямоугольных окон с циркульным завершением и трансенами в барабане купола. Окна в бочарном своде амбулакра.
Рим, ц. Санта Пуденциана, IV в.	Сочетание продольного (линейного) сооружения с куполом на парусах. Две дорические колонны с аркой, между пилонами купола – отделяют алтарную часть от нефов. Балконы (орган) с боковых сторон между парусами.	Четыре круглых окна на барабане. Прямоугольные окна над входом и в боковых нефвах.
Рим, ц. Санти Кватро Коронати, IV в.	Продольный (линейный) тип сооружения. Трехнефная базилика. Три нефа завершены одной большой полуциркульной апсидой с конхой. Эмпоры.	Три больших прямоугольных окна в верхнем регистре апсиды. Освещение нефов и эмпор через окна над входом.
Рим, ц. Санта Сабина, основана в 422 г.	Продольный (линейный) тип сооружения. Трехнефная базилика. Плоский плафон, узкие боковые нефы с открытыми стропилами. Из левого нефа вход в капеллу XVI в. покрытую куполом.	Три окна в апсиде, верхний ряд окон центрального нефа – (клирестории), пять окон над входом в церковь. Все окна прямоугольные с циркульным завершением, узкими простенками. Трансенны из селенита. Круглые окна в барабане капеллы.
Венеция, собор Сан Марко, освящен в 1094.	Купольная церковь с планом в виде греческого креста. Пять квадратных в плане ячеек, перекрыты полусферическими куполами на парусах и соединены широкими подпружными арками. Под сводами, соединяющими купола, устроен второй ярус на аркадах.	Окна окружают барабаны пяти куполов. Каждая из трех апсид имеет три окна под конхой. Второй ярус освещен окнами в закомарах. Все окна прямоугольные с циркульным завершением.
Рим, ц. Иль Джезу, арх. Бароцци Виньола, Джакомо делла Порта, 1568-1584 гг.	Сочетание продольного (линейного) сооружения с куполом на парусах над средокрестием. Пилястровая церковь с трансептом. Трансепт равен по ширине среднему нефу. Диаметр полукруглой апсиды равен диаметру купола, опирающегося на четыре мощных пилонна.	Люнетты с каждой стороны в своде над нефом, окна в трансепте над алтарями. Между барабаном и куполом аттик с 8 окнами, 4 прямоугольных окна в барабане, фонарь. Два окна в апсиде и два круглых окна в нижней части конхи. Большое окно с полуциркульным завершением над входом.

В трехнефных базиликах свет в помещение попадает через верхний ряд окон центрального нефа – клирестории, апсиды ряда церквей имеют оконные проемы в верхнем регистре алтарной ниши. В центрической церкви IV в. Санта Констанца подкупольное пространство освещается через 12 прямоугольных окон с циркульным завершением в барабане и окна, прорезанные в бочарном своде амбулакра. В базилике Сан Паоло фуори ле Мура одинаковые по размеру и рисунку витражей окна расположены в верхнем ряду центрального нефа, над входом в здание и по периметру трансепта. Ряд окон, чередующихся с нишами, освещают боковые нефы церкви, что происходит довольно редко. С появлением линейных церквей с куполом над средокрестием система освещения усложняется. Средокрестие иезуитской церкви Иль Джезу венчает купол с фонарем. Свет проникает через 4 окна в барабане и 8 аттиковых окон купола. Неф освещают люнеты на своде и большое окно с циркульным завершением над входом. Такие же окна освещают трансепт. Дополнительно, двумя прямоугольными окнами в алтарной стене и двумя круглыми проемами в нижней части конхи, освещается пресбитерий. Прослеживается тенденция выделения алтарной части церкви при помощи света. В некоторых зданиях для создания контраста пространство нефов перед санктуарием затеняется. Овальный купол с фонарем церкви Сант' Андреа аль Квиринале, возведенной в 1658 г. Бернини, прорезан окнами с витражами. «Бернини использует витражи, в которых варьируются различные тона синего цвета, постепенно высветляющиеся по мере приближения к центральной нише. Где бы ни расположился наблюдатель, алтарь неизменно выглядит главной, кульминационной точкой композиции» [13, с.40]. В базиликальных церквях освещенных только через клирестории недостаток дневного света компенсируется искусственной подсветкой кивория и витражей на конхе. Несомненно, во время вечерних литургий большое значение имеет искусственное освещение. Так Дэвид Уоткин описывает искусственное освещение одной из главных церквей Рима. «В большей своей части она (церковь Сан Джорджи ин Латерано) была сооружена из облицованного кирпичом бетона и постоянно изменялась и расширялась, но мы знаем, что внутренние помещения первоначально были украшены семью золотыми алтарями и мозаикой, сиявшими в свете от более чем 100 люстр и 60 золотых или серебряных подсвечников» [11, с. 56].

Со временем границы между алтарной частью церкви и пространством, предназначенным для прихожан, стираются. В частности этому способствует использование «ложной перспективы» при росписи плафонов. Например, Андреа Поцци в 1688-1694 гг. создает композицию «аллегория миссионерской работы иезуитов» на своде церкви Сант Иньяцио ди Лайола, в которой рисованные архитектурные детали сливаются с реальными конструкциями здания, создается иллюзия близости «земного и божественного». В ряде церковных зданий отсутствует алтарная преграда, престол не защищен киворием. В церквях XVII в. Сант' Андреа аль Квиринале, Сант' Иво алла Сапиенца, Сан Карло алле Кватро Фонтане санктуарий и прихожане находятся в едином пространстве, под общим куполом. Санктуарий выделяется за счет пышного убранства эдикулы за престолом, с использованием ордерной системы, живописи, скульптуры, освещения.

Заключение

«Одним из принципов сохранения культурного наследия, впервые прозвучавшего в Квебекской хартии ИКОМОС в 2008 г. является принцип сохранения духа места (генія места). Раскрывая суть понимания духа места конкретного объекта архитектурного наследия, ИКОМОС призывает многосторонне изучать его различными методами, раскрывая при этом связь с прошлыми временами и людьми» [14, с. 202].

Многочисленные церкви неотъемлемая часть Рима, по ним можно изучать историю римской империи, зарождение и развитие христианства, стилевые особенности архитектуры. Каждая церковь на протяжении веков многократно реконструировалась, в соответствии с новыми требованиями к ритуалам, к архитектуре зданий. В структуре церкви появлялись: трансепт, купол над средокрестием, капеллы, пристраивались кампанилы, изменялась алтарная часть, тем ни менее бережно сохранялся дух времени и дух места, вплетенные в поздние конструкции архитектурные фрагменты античных зданий, древние фрески и мозаики. В каждую церковь вложили свой талант и душу великие архитекторы, живописцы и скульпторы.

Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в выявлении особенностей влияния функционального процесса на формирование и развитие зданий и архитектурных элементов, на примере алтарной части христианских церквей.

Список библиографических ссылок

1. Флоренский П. А. Избранные труды по искусству. М. : Мысль, 1996. 224 с.
2. Зейферт М. Г. Архитектура Рима: преемственность и стили. Казань : КГАСУ, 2016. 230 с.
3. Урбанович Ю. Я. Христианская архитектура IV–VI вв. в североафриканских городах области Бизацен (Byzacena) // Вестник ПСТГУ. Сер. V: Вопросы истории и теории христианского искусства. 2017. Вып. 25. С.7–21.
4. Зейферт М. Г. Практика инкорпорирования и слияния элементов зданий различных эпох в памятниках архитектуры Рима // Известия КГАСУ. 2015. № 1 (31). С. 11–17.
5. Иванов С. Прогулки по Стамбулу в поисках Константинополя. М. : АСТ: Corpus, 2016. 688 с.
6. Lia Varelli The monumental complex of Santi Quattro Coronati in Rome. Roma : Viella s.r.l., 2009. 96 p.
7. Урбанович Г. Внешние формы североафриканской храмовой архитектуры (4–5 вв.) в связи с традицией поминовения и почитания мучеников // Вестник ПСТГУ. Сер. V: Вопросы истории и теории христианского искусства. 2015. № 4 (20). С.7–21.
8. Кох Вильфрид Энциклопедия архитектурных стилей. Классический труд по европейскому зодчеству от античности до современности. М. : ЗАО БММ, 2008. 528 с.
9. Маркузона В. Ф., Михайлова Б. П. Всеобщая история архитектуры. В 12 томах. Т. 2. Архитектура Античного мира. М. : Стройиздат, 1973. 711 с.
10. Зейферт М. Г. Особенности образования и развития архитектуры раннехристианских церквей // Известия КГАСУ, 2017, № 4 (42). С. 15–22.
11. Дэвид Уоткин. История западноевропейской архитектуры. Лондон: Кёнеман, 1999. 423 с.
12. Уве Геезе. Скульптура эпохи барокко в Италии, Франции и центральной Европе. / В. кн. Барокко. Архитектура. Скульптура. Живопись. / Под ред. Рольфа Томана. Кёльн : Кёнеман, 2004. 500 с.
13. Вольфганг Юнг. Архитектура итальянских городов от эпохи раннего барокко до неоклассицизма. / В. кн. Барокко. Архитектура. Скульптура. Живопись. / Под ред. Рольфа Томана. Кёльн : Кёнеман, 2004. 500 с.
14. Надырова Х. Г. Хартии ИКОМОС и охранно-реставрационная деятельность в республике Татарстан : сб. ст. V Международной научно-практической конференции «Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация» / КГАСУ, Казань, 2017. С. 198–203.

Zeyfert Marina Germanovna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: zeyfertm@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Features of formation and development of the Christian churches' altar part

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to reveal the peculiarities of formation and development of the architecture of the altar part of the Christian churches. The main results of the study are as follows.

Results. 1. In the early Christian churches, the requirement of orientating the main altar to the east was not always fulfilled. The location of the buildings depended on many factors: the

urban development situation, the use of surviving fragments of ancient buildings, local traditions in the construction.

2. The peculiarity of the Christian churches that influenced the formation of the structure of church buildings is the presence of the burial places of the originally revered martyrs, in memory of which the martyrs and churches were built, and later the people that are important for religion. The lower limits of the church for burial places appeared – crypts and confessions. The classification of the crypts and confession of the Roman churches according to their influence on the architectural composition of the altar part of the building was made.

3. It is established that changes in the requirements for church rituals have an effect on the altar part of the church and, accordingly, the volumetric and planning decision of the building as a whole. At the same time, the development of architecture and the improvement of the construction of religious buildings entail the transformation of the main sacred part of the church – the sanctuary (altar zone).

4. It is revealed that with time the boundaries between the altar part of the church and the space intended for the parishioners are being erased. In many churches there is no choir screen, ciborium over the throne, in some cases the entire church room is overlapped by a common dome combining «earthly and divine».

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture consists in revealing the features of the influence of the functional process on the formation and development of buildings and architectural elements, on the example of the altar part of Christian churches.

Keywords: history of architecture, Christian churches, altar part of the church, functional process, space-planning decisions of buildings, architectural elements.

References

1. Florensky P. A. Selected works on art. M. : Mysl, 1996. 224 p.
2. Zeyfert M. G. Architecture of Rome: continuity and styles. Kazan : KGASU, 2016. 230 p.
3. Urbanovich G. Christian architecture of the IV-VI centuries in the North African cities of Byzacena Region. // Vestnik PSTGU. Ser. V: Questions of history and theory of Christian art. 2017. V. 25. P. 7–21.
4. Zeyfert M. G. Practice of incorporation and merging elements from buildings of different epochs in the monuments of Rome // Izvestiya KGASU. 2015. № 1 (31). P. 11–17.
5. Ivanov S. Walking around Istanbul in search of Constantinople. M. : AST: Corpus, 2016. 688 p.
6. Lia Barelli The monumental complex of Santi Quattro Coronati in Rome. Roma : Viella s.r.l., 2009. 96 p
7. Urbanovich G. The external shape of North African Church architecture (V-VI centuries) in connection with the tradition of remembrance and veneration of martyrs // Vestnik PSTGU. Ser. V: Questions of history and theory of Christian art. 2015. V. 4 (20). P. 7–21.
8. Koch Wilfried Encyclopedia of architectural styles. Classic European architecture from antiquity to the present. M. : ZAO BMM, 2008. 528 p.
9. Marcuson V. F., Mikhailov B. P. General history of architecture. In 12 volumes. V. 2. The Architecture of the Ancient world. M. : Stroizdat, 1973. 711 p.
10. Zeyfert M. G. Peculiarities of formation and development of the early Christian churches architecture // Izvestiya KGASU. 2017. № 4 (42). P. 15–22.
11. Watkin David. History of Western Architecture. London: Konemann, 1999. 423 p.
12. Uwe Geese. Sculpture of the Baroque in Italy, France and central Europe. Architecture. Sculpture. Painting. Ed. Rolf Thoman. Cologne : Könemann, 2004. 500 p.
13. Wolfgang Jung. The architecture of Italian cities from the early Baroque to neoclassicism. / V.K. Baroque. Architecture. Sculpture. Painting. Ed. Rolf Thoman. Cologne : Köhneemann, 2004. 500 p.
14. Nadyrova K. G. The charters of icomos and conservation and restoration activities in the Republic of Tatarstan : Sat. Art. V International scientific and practical conference «Cultural heritage in the XXI century: preservation, use, popularization» / KGASU, Kazan, 2017. P. 198–203.

УДК 72.781; 94.47

Назарова Ирина Витальевна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: Nazarova7772@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Возведение Лаишевского града в XVI-XVII столетиях

Аннотация

Постановка задачи. Целью статьи является проведение анализа сооружения города Лаишева XVI-XVII столетий и его графическая реконструкция.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в проведении гипотетической графической реконструкции Лаишевской крепости второй половины XVI столетия на основе писцовых и переписных документов города Лаишева XVI-XVII веков. Комплексный анализ имеющихся источников позволил отнести Лаишевский город к типичным русским крепостям XVI-XVII веков. Подобные города-крепости возводились повсеместно в русском государстве. Возведённая в начальные годы завоевания Казанского ханства, Лаишевская крепость была одним из пунктов военной колонизации края и была рассчитана преимущественно на военный гарнизон.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в изучении и реконструкции региональных объектов архитектурного наследия. Методика исследования может быть использована в учебном процессе и научной работе студентов архитекторов на 2-5 курсах.

Ключевые слова: Лаишев, малый исторический город, крепость, графическая реконструкция, русская сажень.

Введение

Вопрос процесса и специфики формирования городов Казанского края XVI-XVII столетий, безусловно, важен в изучении истории региональной архитектуры. Многогранность проблемы определяет архитектурное исследование Волго-Камских городов в историческом, архитектурно-градостроительном, археологическом и культурологическом аспектах. Существенное значение приобретают научные графические реконструкции утраченных городов и поселений Казанского края, позволяющие воссоздать объекты историко-архитектурного наследия и сохранить их в виртуальном пространстве для последующих поколений [1, 2].

Графические реконструкции утраченных архитектурных объектов могут исполняться как в классической ручной графике, так и с помощью современных компьютерных программ. Немаловажным является определение пространственной среды, в которой располагались реконструируемые объекты. Для воссоздания объёмно-планировочной, композиционной и конструктивной структуры сооружений необходим детальный анализ историографических, археологических и архивных источников. Среди них наиболее наглядными являются иконографические и фотографические источники, последние из которых датируются лишь второй половиной XIX века. Отдельные графические источники XVII столетия позволяют наблюдать изображения некоторых городов-крепостей Поволжья (к примеру, гравюры с изображением Тетюш, Козьмодемьянска, Чебоксар, Самары и др.). Однако изображения Лаишевского града не сохранились. Единственным графическим источником, относящимся к городу, является герб города Лаишева Казанского наместничества 1781 г., не отражающий пространственную структуру города или его отдельные постройки (в отличие от подобных гербов городов Казанского наместничества Свияжска, Арска, Спасска). Поэтому, в случае недостатка сведений для графического восстановления средневекового города, правомерно использование историко-архитектурных аналогов.

Город Лаишев в Республике Татарстан РФ включён в 1990 году в список исторических городов России согласно федеральному закону о сохранении и развитии архитектуры исторических городов (в списке город Лаишево определён как малый

исторический город в общей классификации крупнейших, больших, средних, малых, городов и посёлков городского типа РТ).

Попытка графического восстановления облика Лаишевской крепости второй половины XVI века на основе кратких историографических и архивных источников является целью данной статьи.

Город Лаишев: морфология и история возведения

Название города отображает предание о переселении старца Лаиша из Болгар на правый берег Камы после разорения его Тимуром. Град Лаишев был сооружён в 1557 году в 56 верстах (почти в 60 км) от Казани как русский город-крепость на присоединённых территориях Казанского края для защиты от ногайцев и черемис. Поэтому первоначально Лаишев заселялся только военными служилыми людьми – стрельцами, пушкарями, «затинщиками» и прочим ратным людом. С 1583 года Лаишевский город был причислен к «Казанскому разряду», то есть к составу городов и пригородов, приписанных к Казани в военно-стратегическом отношении, наступательную силу которых мог использовать Казанский край при необходимости. Впоследствии, с 1708 года пригород Лаишев был причислен к Казанской губернии, а с 1781 г. получил статус уездного города Казанской губернии¹.

Лаишевский град XVI столетия имел хорошие укрепления, а его башни сохранялись вплоть до конца XVIII века. В этом стратегическом месте во времена Казанского ханства располагалась переправа через реку Каму на пути в Ногайскую орду. С XI века, здесь размещалось болгарское селение Лаиш недалеко от селища Чакма. В XII веке недалеко от Лаишева на правом берегу реки Камы располагался болгарский город Кашан. Вместе с тем, в окрестностях Лаишева находилось древнее болгаро-татарское поселение Ташкирмень (Ханкирмень) (или каменная крепость, ханская крепость) болгаро-домонгольского периода. До середины XIX столетия на Ханкирменском кургане сохранялся могильный мусульманский камень. Здесь же, согласно археологическим сведениям, зафиксированы различные вещи и монеты с арабскими надписями. В писцовой книге Казанского уезда 1602-1603 гг., написанной Иваном Болтиным, население села упоминается как «новокрещены» [3].

Сведения о городе Лаишеве в письменных источниках XVI-XVII веков

Сведения о городе Лаишеве в рассматриваемый период далеко не достаточны. Они заключаются всего в двух источниках: в Писцовой книге города Лаишева и его посада 1568 г., и в Переписной книге 1646 г. [4, 5]. До нас дошла лишь первая часть писцовой книги, содержащая данные о Лаишевской крепости, о городе и его гарнизоне. В книге кратко описано местонахождение деревянного града, отдельные размерные данные крепостных стен и башен, количество проездов в крепость, а также некоторые сведения о боевом дозоре. Вместе с тем упоминается наличие дворов и чинов, живущих в них. Вторая часть, где описывался посад и его население, практически вся утрачена за исключением описания посадской церкви и нескольких дворов посадских людей. Здесь же указана информация о прежних местах жительства переселенцев в Лаишев (устюжанин, орловец, ростовчанин и др.) и род их ремесленных занятий. Имеется указание на существование небольшой татарской слободы за оврагом. Таким образом, переписная книга по своему назначению касается вопроса о посаде и его обитателях, затрагивая социальную и экономическую сторону, но умалчивая о Лаишеве как о стратегическом пункте.

Реконструкция города-крепости Лаишева

Город Лаишев XVI столетия расположился на правом берегу реки Камы в участке между рекой и значительным оврагом. Небольшая деревянная крепость имела в окружности 284 сажени. Водный поток и овраг обеспечивали естественную защиту граду, с остальных двух лесных сторон Лаишев защищал ров глубиной и шириной в 1 сажень по

¹Статистические данные по городам Казанской губернии представлены в книге Н.П. Загоскина «Спутник по Казани».

древнерусской системе мер. Внутри города возвышались две деревянные «ружные» церкви – Успения Пресвятой Богородицы и тёплая церковь во имя Николая Чудотворца, построенные лаишевскими жильцами, полоняниками (пленниками) и стрельцами². Также на территории крепости располагались тюрьма, рыбное сушило, дворы «голов», двор сына боярского, двор попов, дворы городских «воротников» и стрельцов [6, с. 3, 4].

Лаишевский город относился к типичным русским крепостям. Подобные города-крепости возводились повсеместно в русском государстве. Возведённая в начальные годы завоевания Казанского ханства, Лаишевская деревянная крепость была одним из пунктов военной колонизации края и была рассчитана преимущественно на военный гарнизон.

Недолговечность дерева, как строительного материала, исчерпание военной функции городов с течением времени явились причиной практически полного исчезновения таких крепостей. Равным образом, не сохранилась и Лаишевская крепость. Привлечение историко-архитектурных материалов в определённых хронологических, стилистических и территориальных рамках позволят провести графическую реконструкцию.

Физические качества дерева во многом обуславливали тектонику архитектурных форм в городском строительстве. Для срубов стен, как правило, использовались сосна и лиственница ввиду их прямой структуры и отсутствию дуплистости. Из ели изготавливались кровельные части. Деревянные стены из горизонтально положенных брёвен обладали видимым преимуществом относительно стен из вертикальных брёвен, так как после пересыхания в вертикально сложенных деревянных стенах появлялись щели. Именно поэтому, деревянные крепостные стены и башни собирались из горизонтально уложенных и соединённых врубками брёвен, являющихся модулем деревянных построек. Наиболее часто плотники применяли брёвна длиной 5-10 метров с диаметром 25-30 см. Для удобства собирания высоких сооружений (крепостных башен и стен, церквей и прочих) брёвна группировались так называемыми «чинами» (по 8-10 брёвен в каждом «чине»). Этот строительный приём избавлял от многократных подъёмов брёвен на сруб для соединения их друг с другом и позволял возводить небольшие города-крепости в короткие сроки.

Планы будущих городских сооружений намечались на земле при помощи мерного шнура с последующим положением нижнего венца. Планы построек могли иметь традиционные формы четверика, шестерика или восьмерика. Зачастую срубы ставились на землю без фундаментов. Иногда под углами срубов и центром стен укладывались камни или же врывались части массивных брёвен.

Пропорциональность в русском деревянном зодчестве была тесно связана с размерами человеческого тела. Соотношение диагонали и сторон квадрата стало принципом сопряжения русских мер: мерной маховой сажени – стороны квадрата (176,4 см) и великой косой сажени – его диагонали (249,5 см). Остальные меры длины, такие как малая пядь 19 см, нога 27 см, локоть 38 см, большой локоть 54 см, стопа шага 76 см, простая сажень 152,7 см и косая казённая сажень 216 см, также находились в определённой связи и широко использовались в строительстве и быту. Для графической реконструкции воспользуемся казённой саженью, наиболее часто применяемой в строительстве крепостей [7, с. 8-11].

Фронтальная сторона крепости Лаишев была обращена к реке Каме. Стена, проходившая параллельно берегу, имела длину 60 саженей (129,6 м) и обладала башнями – «стрельнями», носившими названия Верхняя и Нижняя, сообразно течению реки. Одна из башен находилась в вершине угла, составляемого линиями берегов Камы и оврага. В стене было двое ворот – Водяные и Воскресенские. Водяные в середине стены с надвратной башней, вооружённой «затинной пищалью», имевшей всегда «сторожу» из двух стрельцов «с ручницами». В случае осады крепости через Водяные ворота предполагался доступ воды в город. Воскресенские ворота располагались возле Верхней стрельни.

От Нижней стрельни, вдоль крутого оврага, проходила глухая стена длиной 70 саженей (151,2 м). В конце возвышалась угловая «стрельня» напротив татарской «за овражной» слободки «не имевшая наряда, а только стражу из двух стрельцов с ручницами». Другая стена города с лесной стороны протянулась на 69 саженей (149 м). В

² Ружные церкви – церкви, получавшие государственное жалование – «государевы руги».

середине располагались Никольские ворота с надвратной башней, включавшей две «затинные пищали» и караул из трёх стрельцов «с ручницами». Четвёртая глухая стена обладала длиной в 65 сажений (140,4 м). Соединялась с верхней стрельней и охранялась «двумя стрельцами с ручницами, но наряда не имела»³.

Вместе с тем писцовая книга упоминает о высоте трехъярусных башен. Каждая из шести три сажени «с локтем» имела бойницы, то есть отверстия, через которые стрельцы могли отражать нападения. Линия бойниц в два ряда была устроена и по всему протяжению стен. Всего в крепости насчитывалось 582 боя, определявших максимальное количество защитников Лаишева. Наряд или артиллерия Лаишева заключался всего в пяти «защитных пищалях», расположенных над воротами [6, с. 2, 3].

Описание Лаишевских укреплений на этом исчерпывается. Уцелевшая информация о посаде сообщает, что посад был обнесён острогом, то есть частоколом. На площади между городом и острогом располагалась церковь Воскресения Христова, построенная лаишевскими посадскими людьми. В Лаишевском посаде XVII столетия находилось 513 дворов с населением 1736 человек. Здесь располагались дворы посадских, дворы бобылей, дворы рыбных ловцов и дворы военных людей на мирном поприще – служилых казаков, служилых иноземцев, пашенных стрельцов [6, с. 2-5].

Используя имеющиеся данные, размеры Лаишевской крепости XVI-XVII веков, переведённые в нынешнюю систему мер, составляли 129,6×151,2×149×140,4 м (или 264 сажени, при казённой сажени в 216 см). Однако источники говорят о величине города в окружности равной 284 сажням. Тем самым к размеру крепостных стен добавляются габариты крепостных башен (двух проездных и четырёх угловых, фланкирующих город). Ширина каждой из башен гипотетически могла составлять от четырёх до семи метров. Согласно значимости и величине град в варьировалось и количество башен с их габаритами.

Планировка города во второй половине XVI века была, по всей вероятности, нерегулярной. Уместно предположить, что основная городская дорога проходила в центральной части крепости и соединяла две проездные башни (от башни с Водяными воротами до башни с Никольскими воротами). Согласно историко-архитектурным сведениям Лаишев был урегулирован лишь к 1799 году и представлял планировочную сетку из 29 квадратов с центральной городской площадью [8]. На плане города Лаишева 1789 г. по «Атласу городов наместничества Казанского» наблюдается тенденция к градостроительному урегулированию и прослеживается динамика роста города относительно существовавших ранее крепостных стен XVI века (рис. 1-2).

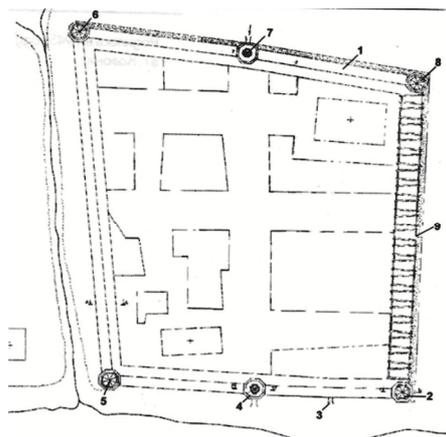


Рис. 1. Лаишевская крепость во второй половине XVI века. Реконструкция автора:

- 1 – стены крепости тарасами, 2 – Верхняя стрельня, 3 – Воскресенские ворота,
- 4 – башня с Водяными воротами, 5 – Нижняя стрельня, 6 – Угловая стрельня,
- 7 – башня с Никольскими воротами, 8 – Наугольная стрельня, 9 – ров

³ Затинная пищаль – крепостное длинноствольное ружьё. Ручница – ручное огнестрельное оружие. Наряд – артиллерия.

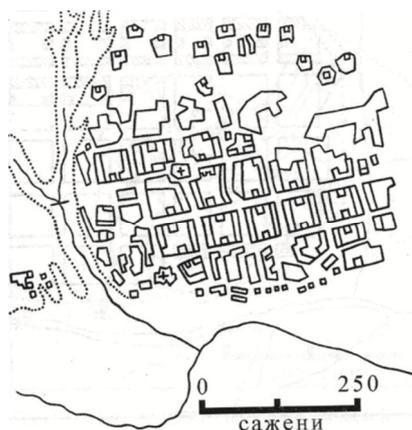


Рис. 2. План города Лаишева. «Атлас городов наместничества Казанского» 1789 г.
(Из книги А.Н. Зорина «Города и посады дореволюционного Поволжья»)

Наиболее древней формой деревянной крепости была ограда из вертикально врытых в землю и заострённых наверху брёвен (тын, частокол). Впоследствии данный тип укреплений использовался в посадских и слободских укреплениях русских крепостей (подобным образом и в укреплениях Лаишевского посада). Вместе с тем в строительстве средневековых городов использовались «городни» – срубы, вплотную поставленные друг к другу. Однако данная конструкция не была совершенна и давала неравномерную усадку отдельных срубов, что соответственно сказывалось на общем строении крепостных стен. Появление огнестрельного оружия вызвало потребность в изменении конструктивной структуры крепостей, постепенно преобразовавшейся в более прочное устройство стен «тарасами», о которых упоминается в русских летописях в 1553 году. При этом конструктивном способе две параллельно рубленные стены соединялись с заданным шагом поперечными стенами. Получившиеся клетки засыпались землёй и камнями. Ширина стен, как правило, составляла в среднем полторы сажени и не превышала двух сажени. Высота стен в среднем составляла две с половиной или три сажени. Нередко «тарасы» наполнялись земляными и каменными составляющими с промежутком. Тогда в боевых «тарасах» появлялась дополнительная возможность для ведения нижнего боя. Стена верхнего боевого хода выступала несколько вперёд для ведения подошвенного боя. В так называемых «облаках» имелись бойницы в стенах и в полу. Бойницы прорубались и на протяжении всех ярусов крепостных стен. Такие же бойницы нередко имелись и в посадских стенах, но в меньшем количестве. Сверху «тарасных» стен располагался боевой ход, перекрывавшийся двускатной стропильной крышей с тёсовым покрытием. С внутренней стороны города кровля опиралась на деревянные столбы [7, с. 31]. По данному типу были устроены стены средневековых русских городов-крепостей Олонца, Якутска, стены крепостей в составе Симбирской и Старой Закамской линий и многие другие [9]. «Тарасное» устройство стен активно применялось в строительстве русских городов-крепостей вплоть до конца XVII столетия.

Как видно, в XVI-XVII веках города-крепости в основном обносились двойными укреплениями. Городское ядро ограждалось стенами из «тарас», а вокруг посада ставились стены тыном. Зачастую укреплялись тыном и прилегающие слободские поселения. Учитывая время строительства града Лаишева, уместно предположить конструкцию стен Лаишевской крепости «тарасами». Об устройстве посадских стен Лаишева тыном (частоколом) свидетельствует писцовая книга.

Существенным дополнением в городских крепостных сооружениях рассматриваемого периода являлись различные запорные устройства (замки, крюки, пробой и т. п.). Об аналогичном устройстве упоминается в описании Лаишевских укреплений с внутренней стороны города, где сказано о наличии «поверх Никольских ворот отходных перил, ограждённых щитами» [6, с. 2].

Важной частью городов-крепостей являлись боевые башни – «вежи», выдвигавшиеся в сторону поля для бокового обстрела и имевшие от двух до пяти боевых ярусов – «мостов». В писцовых источниках вежи могли называться проездными, воротными,

караульными, наугольными, глухими, четырехугольными, двухъярусными и прочими в зависимости от функционального назначения и конструктивного устройства. Традиционная форма деревянных башен могла быть четырехгранной, шестигранной или восьмигранной в плане. Квадратные башни в зависимости от своего центрального или углового расположения в структуре крепостей выходили за пределы стен одной либо двумя сторонами. Шестигранные вежи выступали тремя или четырьмя сторонами, а восьмигранные – тремя или пятью сторонами. Ярусные мостовые перекрытия башен собирались из брёвен, укрепленных в пазах венцов. В верхнем ярусе оборонительных башен, как и в крепостных стенах, устраивался «облам» для ведения подошвенного боя. Стена выносилась вперёд на бревенчатых консолях и в полу «облама» устраивались бойницы – «стрельницы». Верх башни перекрывался колпаком, или шатром рубленой либо стропильной конструкции с тёсовым покрытием. Шатёр часто завершался смотровой вышкой для ведения дозорной службы [7, с. 31-35]. Нередко проездные «вежи» возвышались относительно других башен. Подобные башни можно наблюдать на гравюрах XVII века, изображающих крепости Самары, Саратова, Царицына, Козьмодемьянска, Чебоксар, Тетюш. До наших дней сохранились деревянные «вежи» XVII столетия Якутского, Братского, Илимского и Юильского острогов в Сибири. Недалеко от Архангельска сохранилась надвратная деревянная башня Николо-Карельского монастыря конца XVII века (впоследствии башни Братского острога и Николо-Карельского монастыря были разобраны и перевезены в музей деревянного зодчества «Коломенское»).

Как указано выше при описании укреплений Лаишевской крепости высота всех трёхъярусных башен равнялась трём сажням «с локтем» (или, переводя в нынешнюю систему мер, составляла 6,86 м). Другие размерные данные башен отсутствуют. Ввиду этого для графической реконструкции крепости автором были использованы общие принципы устройства башен и стен по описаниям в научной историко-архитектурной литературе и сохранившимся в натуре деревянным башням городов и монастырей XVI-XVII веков [7, с. 31-70], [10-11]⁴.

Так как башни всегда намного возвышались относительно высоты крепостных стен, можно предположить, что крепостные стены Лаишева были возведены с одним верхним боевым ходом высотой предположительно в три метра. В статье представлены гипотетические фасады и разрезы стен и башен Лаишевской крепости второй половины XVI века (рис. 2-5).

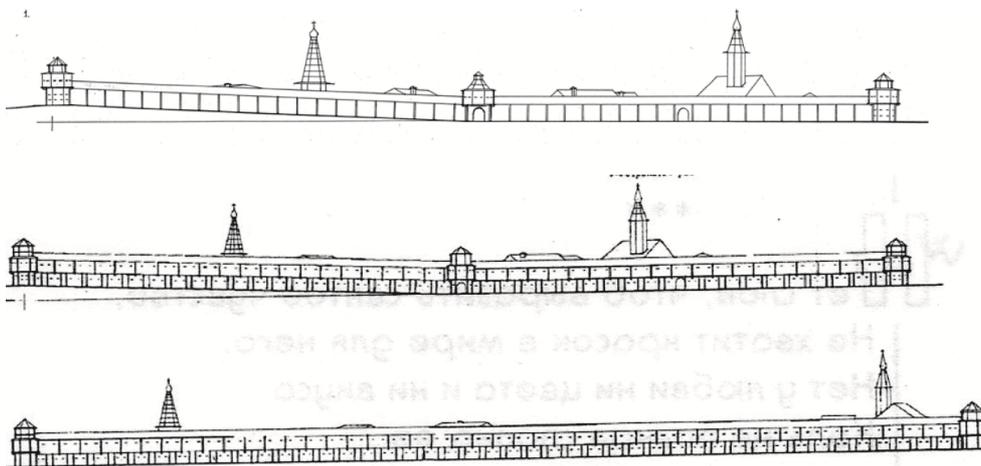


Рис. 3. Реконструкция Лаишевской крепости второй половины XVI века.
Гипотетические варианты развёрток по крепостным стенам в 60 и 65 саженей

⁴ Графический анализ устройства стен и башен русских городов-крепостей и монастырей приведён в кандидатской диссертации автора «Архитектурно-пространственная организация оборонительно-крепостных комплексов Волго-Камья середины XVI-XVII веков». Том II.

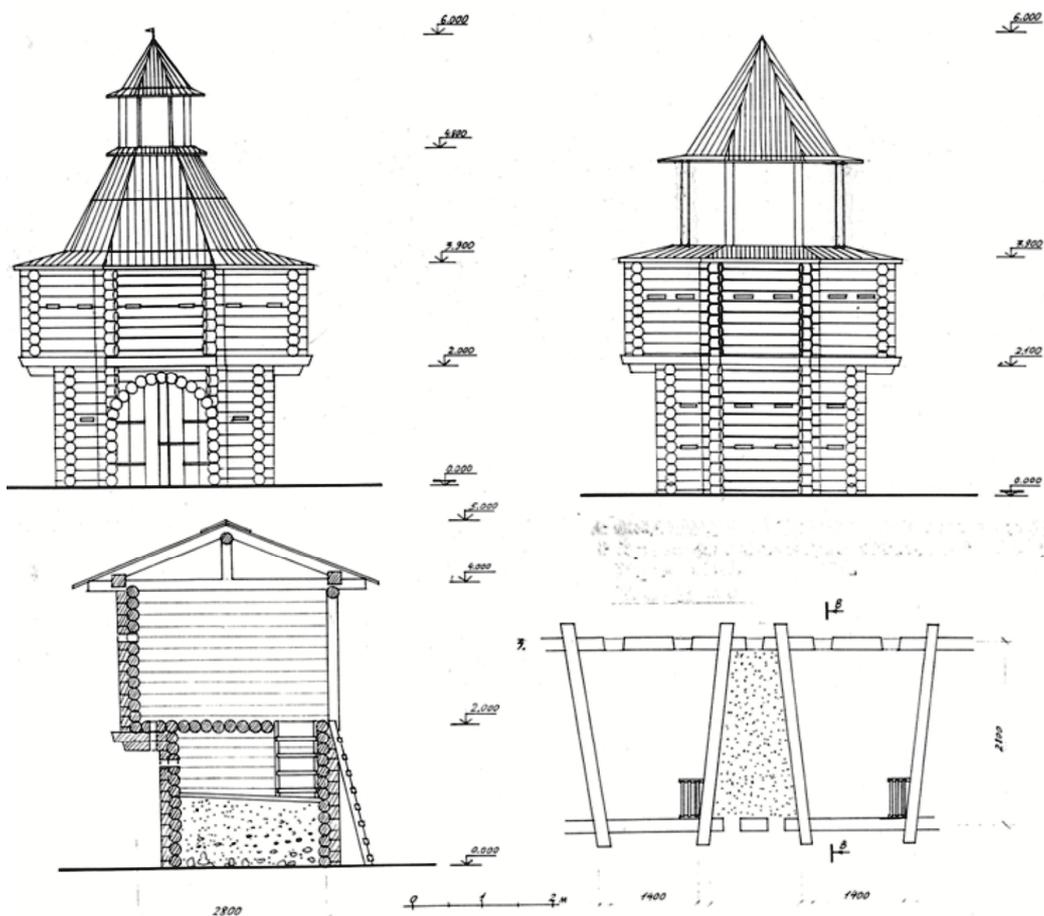


Рис. 4. Реконструкция. Гипотетические фасады Надвратной башни и Угловой башни – стрельни. Крепостная стена с «обломом» (разрез, план)

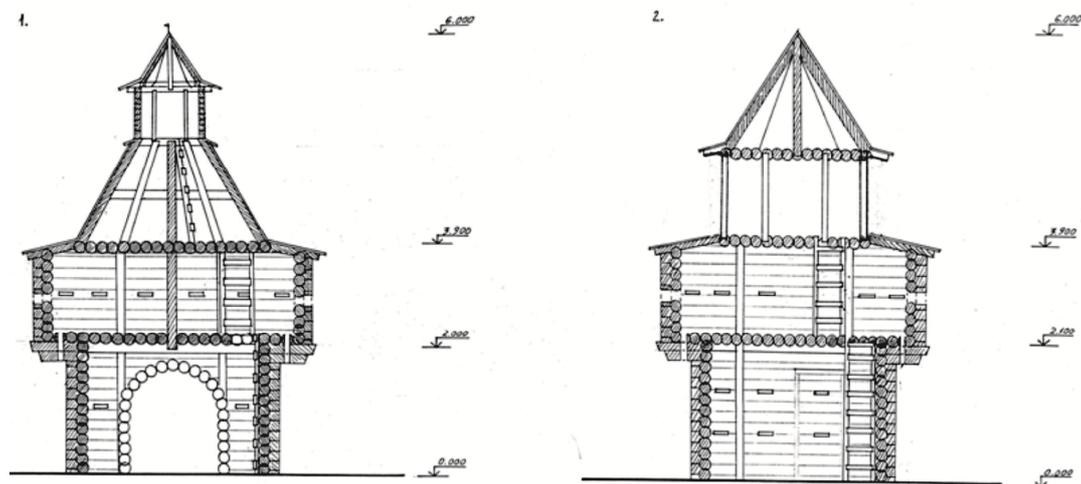


Рис. 5. Надвратная башня и Угловая башня (разрезы)

Пространственная структура деревянного города Лаишева складывалась из доминирующих горизонталей крепостных стен, вертикалей оборонительных башен и культовых христианских сооружений, а также отдельных домовых построек на территории крепости. Местоположение крепости во многом определено природными условиями. Расположение Лаишевской крепости у бровки реки и оврага отвечало определённым фортификационным требованиям.

Заключение

Осуществлённые историко-архитектурные исследования и графическая реконструкция позволили гипотетически восстановить объёмно-планировочную, композиционную и конструктивную структуры крепости и представить облик небольшого города-крепости Лаишева XVI-XVII столетий.

Методика исследования может быть использована в учебном процессе и научной работе студентов архитекторов направлений подготовки «Архитектура», «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» на 2-5 курсах. В частности при сборе, систематизации и анализе историографических, архивных, археологических и натуральных источников по городам России и Казанского края, при использовании системы пропорционирования определённого исторического периода, при воссоздании архитектурного образа реконструируемого объекта в установленных хронологических, стилистических и территориальных рамках.

Список библиографических ссылок

1. Кадыйрова Л. Х., Мусина К. И. Использование технологий воссоздания архитектурного образа исторических сел Заказанья в подготовке будущих дизайнеров // Современные исследования социальных проблем. 2017. № 2-2. С. 113.
2. Lyajsan Kadyjrova, Zuhra Gaptraupova, Karina Musina, Zubarzyat Baranova. Reconstruction of the historical and cultural landscape of the late XIX century in the process of preparing future designers // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017. № 9 (7S). P. 1114–1127.
3. Историко-культурные территории РТ – Населённые пункты // RT-MUSEUM.NAROD.RU : ежедн. интернет-изд. URL: <http://www.rt-museum.narod.ru/nr.html> (дата обращения: 15.05.2018).
4. Города России XVI века. Материалы писцовых описаний. М. : Древнехранилище, 2002. С. 391–394.
5. Список с переписных Казанских книг письма и дозору Тимофея Бутурлина да подъячего Алексея Грибоедова 154-го году. Материалы по истории Татарской АССР. Писцовые книги города Казани 1565-68 гг. и 1646 г. Л. : АН СССР, 1932. С. 71–130.
6. Борисов В. Л. Город Лаишев в XVI-XVII вв. Казань : Типолиграфия Императорского Казанского Университета, 1898. 6 с.
7. Пилявский В. И., Тиц А. А., Ушаков Ю. С. История русской архитектуры. М. : Архитектура-С, 2003. 512 с.
8. Айдарова-Волкова Г. Н. Архитектурная культура Среднего Поволжья XVI-XVII веков. Казань : КГАСА, 1997. С. 61.
9. Назарова И. В. К вопросу построения дозорных городов Волго-Камского региона середины XVI-XVII столетий // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 35–41.
10. Khodakovsky E. Wooden church architecture of the Russian north. Regional schools and traditions (14th-19th centuries). N-Y. : First published, 2016. 192 p.
11. William Craft Brumfield. New directions in Russian Orthodox Church architecture at the beginning of the twentieth century // Humanities Social Sciences. 2016. № 1 (9). P. 25, 27.

Nazarova Irina Vitalevna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: Nazarova7772@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Construction of the Laishevsky city of the XVI-XVIIth centuries

Abstract

Problem statement. The purpose of the article is carrying out the analysis of a construction of the city of Laishev of the XVI-XVIIth centuries and his graphic reconstruction.

Results. The main results of a research consist in carrying out hypothetical graphic reconstruction of Laishevsky fortress of the second half of the XVI century on the basis of scribal and census documents of the city of Laishev of the XVI-XVIIth centuries. The complex analysis of the available sources has allowed to define the Laishevsky city to typical Russian fortresses of the XVI-XVIIth centuries. Similar fortified cities were built everywhere in the Russian state. The built in initial years of gaining the Kazan khanate, Laishevsky fortress was one of the points of military colonization of edge and designed primarily for military garrison.

Conclusions. The importance of the received results for architectural branch consists in studying and reconstruction of regional objects of architectural heritage. The research technique can be used in educational process and scientific work of architecture students of 2nd-5th courses.

Keywords: Laishev, small historical city, fortress, graphic reconstruction, Russian sazhen.

References

1. Kadyrova L. Kh., Musina K. I. Use of technologies of reconstruction of an architectural image of the historical villages of Zakazanye in training of future designers // Modern researches of social problems. 2017. № 2-2. P. 113.
2. Lyajsan Kadyrova, Zuhra Gaptraupova, Karina Musina, Zubarzyat Baranova. Reconstruction of the historical and cultural landscape of the late XIX century in the process of preparing of future designers // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017. № 9 (7S). P. 1114–1127.
3. Historical and cultural territories of RT Settlements // RT-MUSEUM.NAROD.RU : daily. internet-edit. URL: <http://www.rt-museum.narod.ru/np.html> (reference date: 15.05.2018).
4. Cities of Russia of the 16th century. Materials of scribal descriptions. M. : Drevnekhranilishche, 2002. P. 391–394.
5. The list from census Kazan books of the letter and to Timofey Buturlin's patrol yes of the scribe Alexey Griboyedov of the 154th to year. Materials on stories Tatar the ASSR. Pistsovy books of the city of Kazan of 1565-68 and 1646. L. : AN SSSR, 1932. P. 71–130.
6. Borisov V.L. Laishev city in the XVIth-XVIIth centuries. Kazan : Tipolitografiya Imperatorskogo Kazanskogo Universiteta, 1898. 6 p.
7. Pilyavsky V. I., Tits A. A., Ushakov Y. S. History of the Russian architecture. M. : Architectura-C, 2003. 512 p.
8. Aydarova-Volkova G. N. Architectural culture of Central Volga area of the XVIth-XVIIth centuries. Kazan : KGASA, 1997. P. 61.
9. Nazarova I. V. To a question of creation of the patrol cities of the Volga-Kama region of the middle of the XVIth-XVIIth centuries // Izvestiya KGASU. 2016. № 4 (38). P. 35–41.
10. Khodakovskiy E. Wooden church architecture of the Russian north. Regional schools and traditions (14th-19th centuries). N-Y. : First published, 2016. 192 p.
11. William Craft Brumfield. New directions in Russian Orthodox Church architecture at the beginning of the twentieth century // Humanities Social Sciences. 2016. № 1 (9). P. 25, 27.

УДК 72.036

Покка Екатерина Владимировна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: ekaterina-p-83@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Творчество архитектора Николая Ладовского

Аннотация

Постановка задачи. Николай Ладовский является великим авангардистом нашей страны, основоположником школы рационалистов, реформатором архитектурно-художественного образования. В литературе представлено огромное количество учебных проектов его учеников. Целью статьи является обобщение метода преподавания Николая Ладовского, а также изучение его теории архитектуры.

Результаты. Анализ исследований метода преподавания Николая Ладовского позволил выявить основные типы задач, которые он ставил перед студентами. Изучена теория Архитектуры Николая Ладовского. Выявлены подходы к формированию композиции. Выполнены необходимые недостающие изображения (построение ортогональных проекций, аксонометрии и перспективы).

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в теоретическом обобщении подхода к формированию архитектурной композиции в школе рационалистов, включающем метод и манеру преподавания Николая Ладовского, и аспекты, обозначенные в теории архитектуры.

Ключевые слова: авангард, творческие группировки, современная архитектура, формирование архитектурной композиции.

Введение

Николай Ладовский (1881-1941 гг.) поступил Московское училище живописи, ваяния и зодчества (МУЖВЗ) в 1914 году, где курс обучения архитекторов составлял 10 лет. В 1918 году, после революции, училище было переименовано во Вторые государственные свободные художественные мастерские, которые впоследствии вошли в Московский Архитектурный Институт (МАрХИ). Через 10 лет учебы выпускники МУЖВЗ получали образование художников архитектуры. На момент начала учебы в МУЖВЗ Н. Ладовскому было 33 года, а в 36 лет, т.е. в 1917 году, он уже получил диплом художника архитектуры. Со слов самого Н. Ладовского, на момент поступления в Училище он имел 16-летнюю архитектурную практику, участвовал в архитектурных конкурсах, контролировал технические вопросы при строительстве зданий в Санкт-Петербурге, имел опыт работы строителем и литейщиком, т.е. начал трудовую деятельность в сфере архитектуры и строительства он в 17 лет.

С 1918 года Н. Ладовский активно экспериментирует с формообразованием в архитектуре на базе сначала архитектурной мастерской Моссовета, но, не получив там творческого удовлетворения от работы, входит в Комиссию по разработке вопросов скульптурно-архитектурного синтеза при отделе ИЗО Наркомпроса. Помимо проблем формообразования и вопросов организации архитектурного пространства, активно экспериментирует с динамической композицией, в результате чего, после выставки работ членов Комиссии как демонстрации новаторских направлений архитектуры, Н. Ладовского стали в архитектурных кругах воспринимать как лидера нового направления в архитектуре, противника архитектуры модерна [1].

Высшие художественно-технические мастерские (ВХУТЕМАС) образованы в 1920 году за счет объединения Первых и Вторых Государственных свободных художественных мастерских.

На фоне сложившейся революционной ситуации, когда лозунг большевиков, призывающий «разрушить до основания старый мир, а затем на его обломках построить новый...» реализуется лишь в его первой части, особую актуальность приобретает вторая

часть лозунга. Именно в стенах учебного заведения начинаются активные поиски новых способов формирования новой архитектуры, как ответа на социально-культурную ситуацию в стране [2].

С первых шагов поиска новой архитектуры отечественный архитектурный мир раскалывается на две части. В одной части, консервативном академическом мире, архитекторы убеждены в том, что среда обитания нового общественного строя может быть сформирована только классицистической архитектурой, художественный язык которой логичен и прекрасен. Другая часть – это архитекторы-новаторы, принципиально отрицающие классицизм и «пошлый модерн», убежденные в том, что новые общественные отношения и новая жизнь в стране сформируются и выразятся новой архитектурой. Все архитекторы-новаторы активно включаются в процесс ее поиска.

На факультете формируются три творческие мастерские: академическая, под руководством вначале И. Жолтовского, затем А. Щусева и две экспериментальные: одна под руководством И. Голосова и К. Мельникова, другая – Н. Ладовского, и его соратников В. Кринского и Н. Докучаева. Студентам на факультете предоставляется право выбирать творческие мастерские, преподавателей, и самим присуждать своим преподавателям профессорское звание.

Архитектурный факультет ВХУТЕМАСа становится лидирующим, «за процессами, происходившими на этом факультете, внимательно следили не только все советские архитекторы, но и широкая художественная общественность»[2].

В 1928 году после отчетной выставки Высшего художественно-технического института (ВХУТЕИИНа) критик и искусствовед, а на тот момент еще и первый Народный комиссар просвещения РСФСР, А. Луначарский очень позитивно высказался о дипломных проектах архитектурного факультета, о его непосредственной связи с реальными потребностями нового общества. Также он отметил, что помимо потребностей ближайшего времени, студенты смело задумываются о формах организации жизни через 50 лет[2].

Однако были и такие, кому концептуальные проекты архитектурного факультета приходились не по душе: сотрудник газеты «Постройка» Н. Левочкин, посетив выставку факультета, написал критическую статью. В статье он отмечал, что на архитектурном факультете занимаются проектами из области фантастики, такими например, как «Летающий город» студента Г. Крутикова, ученика Н. Ладовского. В ответ на критическую статью от имени президиума архитектурного факультета, профессиональных и студенческих организаций института был отправлен ответ. В ответе разъяснялась позиция факультета по поводу проектов о том, что зачастую в общественности высказываются пожелания, чтобы дипломные работы студентов носили исследовательский характер, и что если 5 % студентов выполняют дипломные работы с постановкой научно-исследовательских задач, то это никоим образом не отражается на отставании архитектурного факультета от жизни [2].

Группа АСНОВА: соратники и ученики Н. Ладовского

Популярностью на факультете пользуется мастерская Н. Ладовского, которая объединяет художников и архитекторов, считающих, что при формировании материальной среды жизни при новом общественном строе задачей архитекторов является разработка нового художественного языка. Художественные средства должны в сжатой и доступной каждому форме раскрывать эстетические качества архитектурных произведений. И при этом не только использование художественных средств должно быть рациональным, а рациональным должен быть сам новый художественный язык архитектора. Себя эти архитекторы называют рационалистами [1-7].

В этой творческой мастерской преподают такие архитекторы, как В. Кринский, Н. Докучаев, Л. Лисицкий, И. Ламцов, М. Туркус и др. В 1923 году они организуют Ассоциацию новых архитекторов (АСНОВА), в которой Н. Ладовский становится председателем. В 1926 году Ассоциацией издается первый номер Известий АСНОВА, содержащий информацию о творческом методе преподавания. На страницах сборника изложен итог творческих разработок этой группы архитекторов – теория архитектурной композиции. Методика обучения этой теории проиллюстрирована студенческими работами [1-10].

Поиск нового художественного языка активно осуществляется во ВХУТЕМАСе и на художественном факультете. Здесь, в творческой мастерской К. Малевича, основоположника супрематизма, студенты-художники учатся выражать гармонию вселенной посредством художественной композиции из наипростейших геометрических фигур. Развивая своеобразный художественный язык супрематизма, К. Малевич переходит от двухмерных композиций к трехмерным. Используя простую форму параллелепипеда, художник создает в макетах объемно-пространственные модели, сродни тем, что выполняют студенты в мастерской Н. Ладовского. Изменив своим убеждениям в оторванности супрематизма от жизни, К. Малевич наделяет эти композиции конкретными задачами пространственно-художественной организации жизненных процессов и называет их архитектонами.

В мастерской Н. Ладовского изучаются психофизиологические особенности восприятия эстетических качеств архитектурных форм и архитектурного пространства, а также ведется поиск объективизации оценки этих качеств. Эти исследования позволяют разработать новейший метод преподавания архитектурной композиции.

Метод преподавания в мастерской Ладовского

Метод основывается на выполнении в макетах объемно-пространственных композиционных моделей. Темы последовательно усложняемых заданий такие, как статика или динамика, масса или вес, равновесие и пр. Задания на каждую композиционную тему выполняются двумя видами моделей. Их различие заключается в том, что модели одного вида абстрактные, а другого – конкретные, посвященные определенным функциональным объектам, размещаемым в определенной архитектурной среде. При выполнении моделей первого вида студенты обучаются основам объективных закономерностей архитектурно-художественного формообразования. Модели второго вида развивают у них архитектурно-пространственное мышление[7-10].

Усложнение заданий касается обоих видов моделей. При выполнении моделей первого вида усложняются условия использования определенных композиционных средств, таких как пропорции, ритм, цвет и пр. Усложнение выполнения моделей второго вида касается конструктивных особенностей архитектурных объемов, специфики их функционального назначения, архитектурно-пространственных условий расположения.

Например, в программе задания на проект трехэтажного коммунального жилого дома для рабочих, функциональное усложнение Н. Ладовский увидел в необходимости снабжения жителя каждой квартиры (малогабаритной жилой ячейки) собственным входом с улицы, и выходом во внутренний коридор (который соединял жилую и общественную части). Объемно-планировочные решения таких задач часто выходили на уровень научных открытий, поскольку были «патентночистыми».

Другим примером усложнения задания является введение в программу использование неудобного по размерам и конфигурации участка застройки, тем самым приучая своих учеников к возможным сложностям реальной градостроительной ситуации, когда, например, окружающая среда имеет историческую ценность. Эта особенность в образовательном процессе Н. Ладовского получила впоследствии особую ценность, когда при реконструкции городских комплексов навыки встраивания здания в существующую ситуацию были практически утрачены.

Обучая студентов архитектурному формообразованию, преподаватели ставят задачей наряду с формально-эстетическими поисками, учитывать объективные закономерности восприятия результатов их творчества. В этих целях создается научная лаборатория, в которой проводятся исследования. На специально созданных приборах проверяются психофизиологические особенности восприятия архитектурного пространства, ставятся специальные опыты.

Основы построения теории архитектуры

«Архитектурная рациональность зиждется на экономическом принципе так же, как и техническая рациональность. Разница заключается в том, что техническая рациональность есть экономия труда и материала при создании целесообразного сооружения, а архитектурная рациональность есть экономия психической энергии при

восприятию пространственных и функциональных свойств сооружения. Синтез этих двух рациональностей в одном сооружении и есть радиоархитектура»[8].

Н. Ладовский рассматривал архитектурную форму как набор определенных качеств, таких, как, например, геометрические качества – соотношение и характер поверхностей по отношению друг к другу, физические – соотношение массы и пространства в форме, физико-механические – соотношение устойчивых и подвижных частей в форме (изменяемость), логические качества формы – ее выразительность. Сочетание всех этих качеств в совокупности способствуют появлению «архитектурных мотивов», предназначение которых является ориентировать человека в пространстве.

Набор «архитектурных мотивов» складывается в определенную систему «элементов-признаков» архитектурной формы. Как правило, материалом системы «элементов-признаков» архитектурной формы в первую очередь является ее конструкция. В зависимости от качеств архитектурной формы, ее конструкцию можно применить под систему «элементов-признаков» полностью или частично. Там, где возможно полное применение конструкции, происходит синтез конструкции и архитектуры; там, где возможно лишь частичное применение конструкции, архитектурная форма получает дополнительные элементы [8].

В 1920 году на архитектурном факультете ВХУТЕМАСа Н. Ладовский дал студентам два задания, которые легли в основу формообразования.

В первом задании архитектурно-геометрическая форма представляла собой правильный параллелепипед, в основании которого лежит квадрат со стороной 20 м, высота которого в полтора раза больше его стороны, т.е. 30 метров. Линия горизонта взята естественная – на высоте 1,6 м. Условие: длина главного луча не более высоты параллелепипеда, т.е. не более 30 м, при этом точка восприятия объекта подвижна, скорость не более 15 м в секунду (рис. 1).

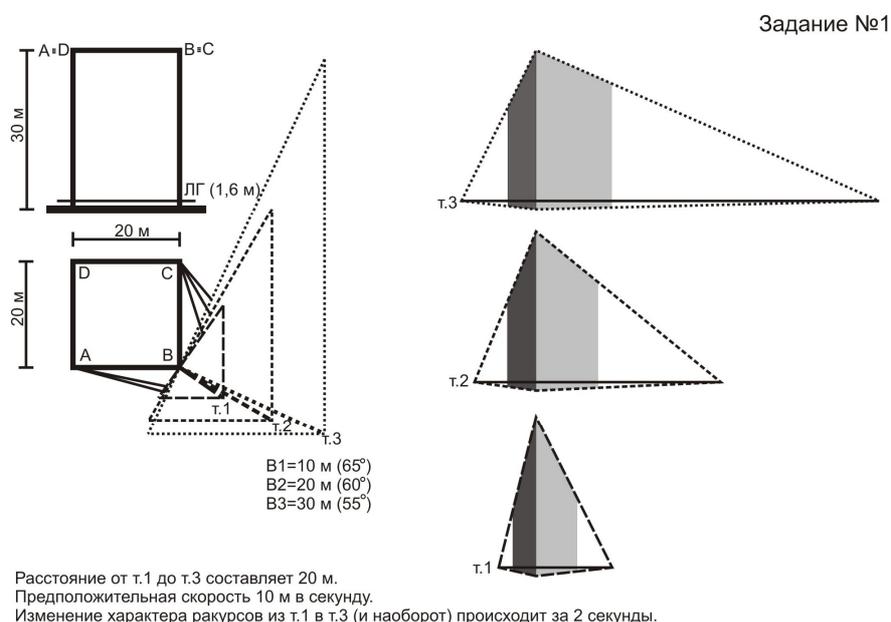


Рис. 1. Изменение восприятия объема при смене ракурса и длины главного луча

Необходимо было показать поверхности формы таким образом, чтобы они давали информацию зрителю о ее качествах: взаиморасположении и пропорциональном соотношении друг к другу. Средствами могли быть: вертикальные членения, горизонтальные членения, светотень, фактура. Требовалось представить перспективу и чертеж фасада, параллельного картинной плоскости.

Требование Н. Ладовского в задании продемонстрировать геометрические качества параллелепипеда, по его разумению сводится к необходимости «поставить знак тождества между каждой парой одновременно видимых сторон параллелепипеда».

Задание №1 выполняется, если «по окружности на каждую из сторон параллелепипеда, так, чтобы зритель мог при восприятии определить равенство диаметров каждой пары одновременно видимых окружностей». Информация об отношении высоты параллелепипеда к его основанию дается, если по фасаду выше окружности вписать еще по половине окружности (рис. 2).

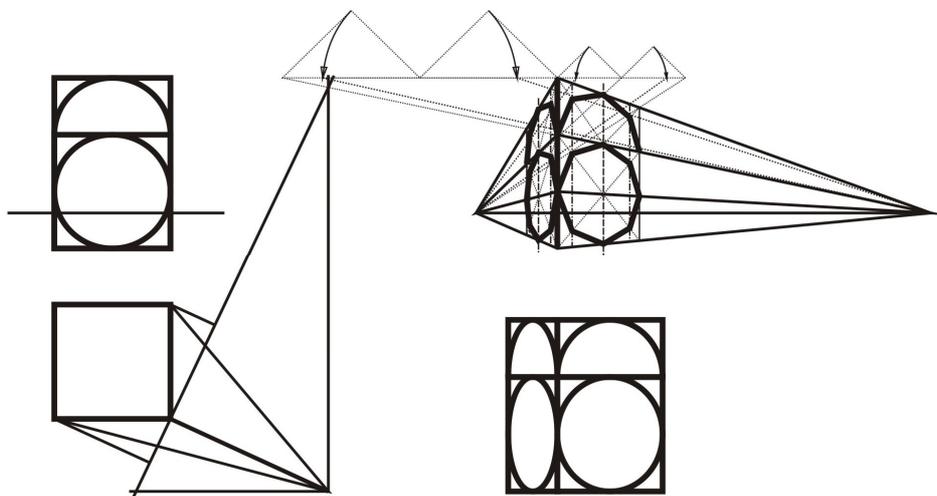


Рис. 2. Пропорциональное соотношение сторон параллелепипеда, передаваемое посредством вписывания на его фасады окружностей

В продолжение работы над архитектурной формой применяется фактурная обработка поверхностей, и расчленение поверхностей на участки. Фактурная обработка поверхности «фасада» представляет собой расположенные под углом к основной поверхности ряд вертикальных поверхностей – полосок. Расчленение поверхности «фасада» на участки представляет собой взаимно перпендикулярные членения поверхностей (вертикальные – 7 участков, и горизонтальные – 3 участка), которые по определенной системе дополнены «элементами-признаками» (малыми квадратами) (рис. 3).

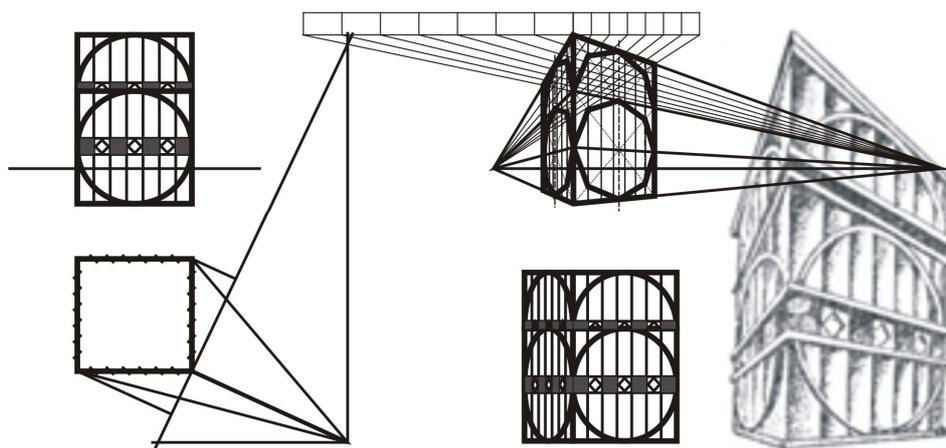


Рис. 3. Дополнительные членения поверхностей параллелепипеда для передачи пропорционального соотношения его сторон

Во втором задании архитектурно-геометрическую форму необходимо было представить по исходным проекциям. При этом необходимо было передать характер поверхностей и их отношение друг к другу (рис. 4-5) [8].

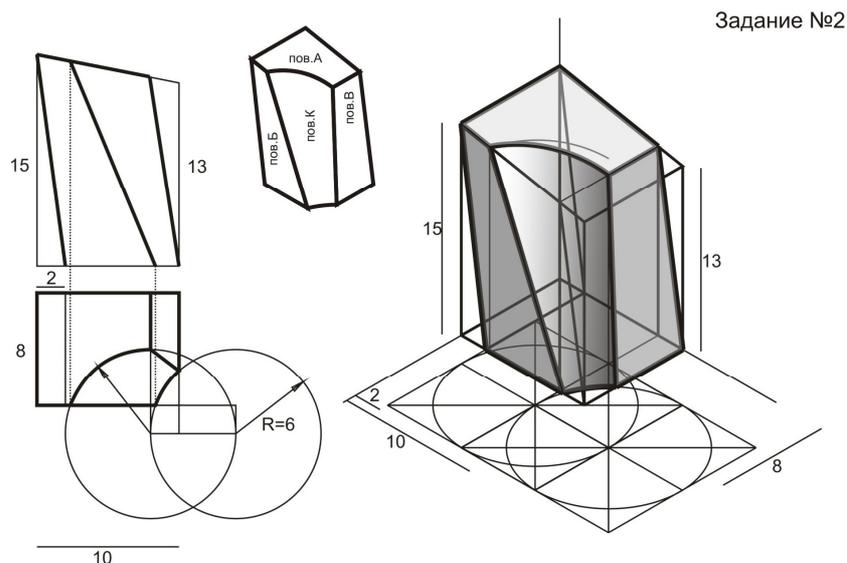


Рис. 4. Построение аксонометрического изображения фигуры (изометрия)

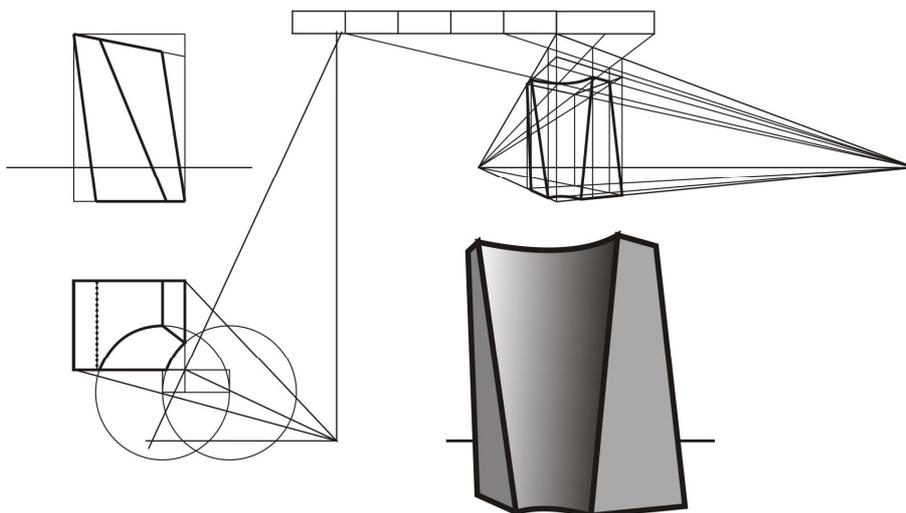


Рис. 5. Построение перспективного изображения фигуры

Архитектурно-геометрическая форма представляла собой фигуру, образованную наклонным параллелепипедом, у которого нижняя поверхность горизонтальна, а верхняя поверхность наклонна. При этом один из углов параллелепипеда вырезан конической поверхностью, точка схода которой направлена вниз.

Таким образом, видно, что в обоих видах задач, поставленных Н. Ладовским перед студентами в его доктрине по теории архитектуры, присутствуют требования по подбору ракурса изображения, как части решения архитектурно-пространственных задач, и требования по выявлению качеств архитектурной формы, как части решения архитектурно-композиционных задач.

В основе метода преподавания Н. Ладовского и постановки задач студентам лежит теория архитектуры. Задачи, которые он ставит перед студентами (на ритм, метр – при абстрактном проектировании, функциональные и градостроительные – при контекстуальном проектировании) перекликаются с двумя задачами, которые приводятся в теории архитектуры. В обеих задачах присутствует условие подбора точки восприятия (она динамична) – архитектурно-пространственные задачи, и условие передачи характера объема – архитектурно-художественные задачи. Таким образом, формообразование становится контекстуальным. В зависимости от ракурса восприятие объема может

меняться. И, наоборот, в зависимости от запроектированного объема, выбирается необходимый ракурс, что накладывает определенные условия дальнейшего проектирования пространственной среды объекта.

Заключение

Трудно переоценить значение творческих достижений мастерской Николая Ладовского и группы АСНОВА для формирования и развития советской и мировой архитектуры. Разработанный ими теоретический курс архитектурной композиции и методическое обеспечение обучения этому курсу публикуются во всех зарубежных профессиональных изданиях, включаются в обучающие программы и успешно функционируют не только в отечественных, но и во всех архитектурных школах мира.

Список библиографических ссылок

1. Хан-Магомедов С. О. Николай Ладовский. М. : Архитектура-С, 2007. 88 с.
2. Хан-Магомедов С. О. ВХУТЕМАС, 1920-1930. М. : Ладыя, 2000. 488 с.
3. Архитектура. Работы Архитектурного факультета ВХУТЕМАСа. 1920-1927. М. : ВХУТЕМАС, 1927. 45 с.
4. Хан-Магомедов С. О. Архитектура советского авангарда. В 2-х книгах: Книга первая. Проблемы формообразования. Мастера и течения. М. : Стройиздат, 1996. 709 с.
5. Казусь И. А. Советская архитектура 1920-х годов: организация проектирования. М. : Прогресс-Традиция, 2009. 464 с.
6. Локотко А. И. Архитектура. Авангард, абсурд, фантастика. Минск : Белорусская наука, 2012. 209 с.
7. Хан-Магомедов С. О. Рационализм – «формализм». М. : Архитектура-С, 2007. 496 с.
8. Ладовский Н. Основы построения теории архитектуры // Известия АСНОВА. 1926. С. 4-7.
9. AnnaBokov. Space: The Pedagogy of Nikolay Ladovsky. Minneapolis, MN. : Walker Art Center, 2017. // walkerart.org : The Walker Art Center. URL: <https://walkerart.org/magazine/space-the-pedagogy-of-nikolay-ladovsky> (дата обращения: 28.05.2018).
10. Agata Pyzik. VKhUTEMAS: The «Soviet Bauhaus», 2015 // thechanelhouse.org : Architectural Review: from bauhaus to beinhaus. URL: <https://thechanelhouse.org/2017/12/27/vkhutemas-the-soviet-bauhaus/> (дата обращения: 28.05.2018).

Pokka Ekaterina Vladimirovna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: ekaterina-p-83@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Works of the architect Nikolay Ladovsky

Abstract

Problem statement. Nikolay Ladovsky is a great avant-gardist of our country, the founder of school of rationalists, the reformer of architectural art education. In literature a huge number of educational projects of his pupils is presented. The purpose of article is generalization of a method of teaching of Nikolay Ladovsky and also studying of his theory of architecture.

Results. The analysis of researches of a method of teaching Nikolay Ladovsky has allowed to reveal the main types of tasks which he set for students. The theory of Architecture of Nikolay Ladovsky is studied. Approaches to formation of composition are revealed. Necessary missing images are executed (creation of orthogonal projections, axonometry and prospects).

Conclusions. The importance of the received results for architecture consists in the theoretical synthesis of approach to formation of architectural composition at the school of

rationalists including method and manner of teaching of Nikolay Ladovsky, and aspects designated in the theory of architecture.

Keywords: vanguard, creative groups, modern architecture, formation of architectural composition.

References

1. Khan-Magomedov S. O. Nikolay Ladovsky. M. : Arkhitektura-S, 2007. 88 p.
2. Khan-Magomedov S. O. VKHUTEMAS, 1920-1930. M. : Boat, 2000. 488 p.
3. Architecture. Works of Architectural faculty VHUTEMAS. 1920-1927. M. : VHUTEMAS, 1927. 45 p.
4. Khan-Magomedov S. O. Architecture of the Soviet vanguard. In 2 books: First book. Shaping problems. Masters and currents. M. : Stroyizdat, 1996. 709 p.
5. Kazus I. A. Soviet architecture of the 1920-th years: organization of design. M. : Progress-Tradition, 2009. 464 p.
6. Lokotko A. I. Architecture. Vanguard, absurdity, fantasy. Minsk : Belarusian science, 2012. 209 p.
7. Khan-Magomedov S. O. Rationalism – «formalism». M. : Arkhitektura-S, 2007. 496 p.
8. Ladovsky N. Bases of creation of the theory of architecture // ASNOVA News. 1926. P. 4–7.
9. Anna Bokov. Space: The Pedagogy of Nikolay Ladovsky. Minneapolis, MN. : Walker Art Center, 2017. // walkerart.org : The Walker Art Center. URL: <https://walkerart.org/magazine/space-the-pedagogy-of-nikolay-ladovsky> (reference date: 28.05.2018).
10. Agata Pyzik.VKhUTEMAS: The «Soviet Bauhaus», 2015 // thechanelhouse.org : Architectural Review: from bauhaus to beinhaus. URL: <https://thechanelhouse.org/2017/12/27/vkhutemas-the-soviet-bauhaus/> (reference date: 28.05.2018).

УДК 699.86

Хабибулина Альбина Гомеровна

кандидат экономических наук, доцент

E-mail: albgomer@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

К выбору конструкций фасадных систем с учетом теплозащитных характеристик при реконструкции объектов культурного наследия

Аннотация

Постановка задачи. Предложение вариантов конструктивных решений наружных ограждений для объектов культурного наследия (ОКН) приспособляемых к новым функциональным назначениям с учетом современных нормативных требований, позволяющих улучшить теплозащитные качества стеновых и оконных конструкций.

Результат. В процессе исследования были изучены различные методики и рекомендации по реконструкции исторических объектов архитектуры. К сожалению, следует отметить, что они зачастую не учитывают специфику работ инженерной направленности, в частности вопросов касающихся строительной физики. Как следствие, невозможность обеспечения соответствующей сохранности и надлежащей эксплуатации памятников архитектуры. В результате проведенных исследований были даны рекомендации по улучшению теплотехнических характеристик ограждающих конструкций, с учетом охранных регламентов предъявляемых к ОКН.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что проведенное исследование обобщает накопленный опыт теплозащиты реконструируемых ОКН и способствует расширению и развитию методологической базы реставрационного проектирования.

Ключевые слова: конструирование наружных ограждений, энергоэффективность зданий, фасадные системы, инновационные технологии светопрозрачных ограждений.

Введение

К настоящему времени разработаны и введены в практику проектирования и строительства типовые конструктивные решения наружных ограждений с повышенными требованиями теплозащиты. Для вновь возводимых зданий или домов массовых серий типовые проектные решения позволяют достигать требуемых нормативных значений. В случаях реконструируемых объектов, особенно уникальных зданий исторической застройки, имеющих статус памятников истории и культуры возможно говорить лишь о типовом подходе энергоэффективной реконструкции, но принятие типовых решений зачастую невозможно.

В данной статье автор проводит обзор различных современных способов утепления наружных стен и фасадных систем с точки зрения достижения эффективных теплотехнических показателей. Перед проектировщиком стоит сложная проблема, исходя из нетривиальности поставленной задачи, выбрать наиболее оптимальную конструкцию ограждения.

Конструкции стеновых ограждений

Рассмотрим наиболее известные фасадные решения. Распространенными на сегодня в практике строительства и ремонтов являются фасадные системы под названием «вентилируемый» и «мокрый» фасад [1].

«Вентилируемый фасад» получил в России, в том числе и в Татарстане широкую популярность. Наружная облицовка выполняется, как правило, из керамогранитных плит. Конструкция многослойная с включением воздушного зазора, организуемого для удаления конденсационной влаги, образующейся в толще стены, и кроме того, служащего температурным буфером. Несмотря на очевидную эффективность этой системы, рекомендовать её для утепления стен реконструируемых памятников не представляется возможным. Одна из причин – повышенная пожароопасность. Это объясняется тем, что в воздушном зазоре происходит движение восходящего потока

воздуха, который возникает из-за разности давлений в цокольной и карнизной частях здания. Перепад давлений создает тягу. В случае локального возникновения очага возгорания резкое возрастание скорости распространения огня по всему фасаду неприемлемо для столь ценных объектов, т.к. принесет невосполнимый ущерб. Кроме того, пожароопасность резко возрастает в случае применения в качестве утеплителя плит из пенополистерола и пенополиуретана. Еще одна причина, не позволяющая принимать «вентилируемый» фасад для объектов культурного наследия – это наличие облицовки слоя из керамогранита, материала, появившегося в строительной практике сравнительно недавно и чужеродного для исторических строений [2].

Фасадная система «Мокрый фасад». Плиты из базальтового волокна, прикрепленные к наружной стене фасадными дюбелями и клеевым штукатурным раствором защищаются от атмосферных воздействий двумя слоями улучшенной штукатурки по стеклосетке. Каменная минеральная вата обладает высокой паропроницаемостью, что позволяет образовавшемуся конденсату свободно проходить через слои штукатурки и утеплителя. К раствору для отделки следует предъявлять требования повышенной паропроницаемости [3]. Стена в этом случае «дышит», за счет чего достигаются нормируемые параметры микроклимата в помещении, а также снижается теплопроводность стены, ликвидируются мостики холода. Вместе с тем, особо значим тот факт, что оштукатуривание фасада позволяет, как нельзя лучше, воспроизвести первоначальное состояние фасада с его рустовками и декоративными элементами прошлых эпох. Считаем, что рассмотренная выше фасадная система может быть рекомендована для использования при реконструкции ОКН.

Наружный утеплитель «теплая» штукатурка состоит из смеси связующего и наполнителя. В качестве связующего используется цемент. Наполнителями могут служить крошка керамзита (от 1 до 4 мм), вермикулит, перлит и опилки. Созданные наполнителем воздушные поры, уменьшают плотность и теплопроводность. Отметим, что этот вид штукатурки отличается пожаробезопасностью, экологичностью. Снижение трудозатрат достигается за счет исключения, в технологии нанесения штукатурки, выравнивания поверхности, грунтовки. Также «теплая» штукатурка обладает свойством аккумулировать и распределять по всей поверхности солнечную энергию. Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции штукатурка толщиной 50 мм соответствует кладке в 2 кирпича [3].

Значительно сложнее обстоит вопрос, касающийся решения теплофизических задач, в том случае, если стены реставрируемого памятника выполнены из камня или кирпича не оштукатурены. Применение рассмотренных выше фасадных систем оказывается неприемлемым, т.к. будет противоречить принципам воссоздания и сохранения первоначального облика исторического здания.

Рассмотрим существующие варианты внутреннего утепления стен.

Преимущества использования при реконструкции ОКН внутреннего утепления наружных стен:

- выполнение работ в любое время года;
- исключается установка дорогостоящих строительных лесов по фасаду здания;
- снижение трудоемкости производства теплоизоляционных работ;
- сохранение элементов фасада.

Использование конструкции стенового ограждения с регулируемой температурой внутренней поверхности

Вариантом конструкции внутреннего утепления стены является разработка ученых из Поволжского государственного технологического университета (г. Йошкар-Ола). Предлагаемая ими конструкция представляет собой нагревательный элемент, монтируемый во внутренний штукатурный слой стены (рис. 1). Подобная конструкция позволяет сохранять перепад между температурой поверхности стены и температурой внутреннего воздуха в пределах нормы и будет способствовать решению проблемы выпадения конденсата путем повышения температуры внутренней поверхности стены выше температуры точки росы. Нагревательный элемент предотвращает увлажнение утеплителя путем сдвига точки росы вглубь конструкции стены.

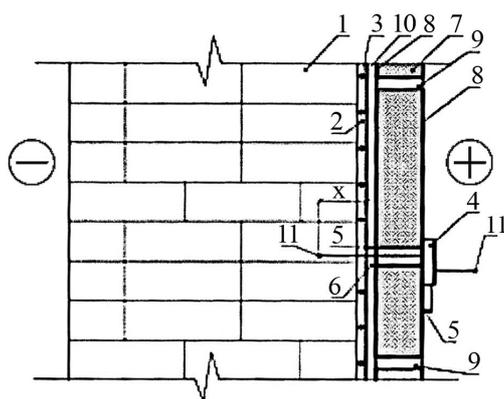


Рис. 1. Разработанная конструкция стенового ограждения с регулируемой температурой внутренней поверхности: 1 – наружная стена; 2 – штукатурный слой; 3 – нагревательный элемент; 4 – терморегулятор; 5 – датчик температуры поверхности; 6 – датчики влажности и температуры воздуха; 7 – утеплитель (минеральная вата $\delta = 100$ мм); 8 – гипсокартонный лист; 9 – продух; 10 – воздушная прослойка; 11 – датчик температуры

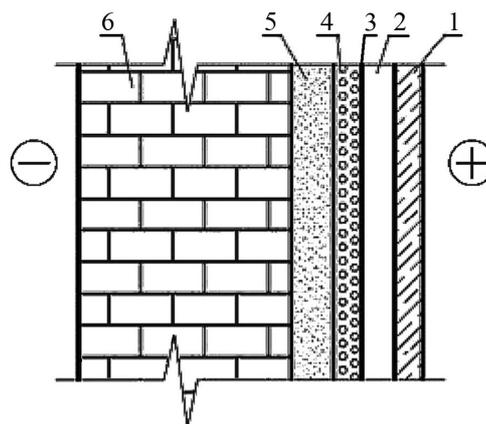


Рис. 2. Фрагмент утепленной наружной стены:

1 – гипсокартонные листы ГКЛО; 2 – воздушная прослойка; 3 – алюминиевая фольга; 4 – утеплитель (пенофол $\delta = 70$ мм); 5 – известково-песчаный раствор; 6 – кладка из кирпича на цементно-песчаном растворе

Апробация рассматриваемой конструкции была проведена на жилом объекте – здании общежития ПГТУ. Исходная ситуация: наружные стены из кирпича 640 мм, оштукатуренные с внутренней и наружной стороны цементно-песчаным раствором толщиной 20 мм. В угловых комнатах наблюдается образование плесневых грибов. После установки нагревательного элемента температурный перепад между поверхностью стены и внутренним воздухом сократился до 2°C , а температура невыпадения конденсата дошла до 21°C [4].

Следующим эффективным способом внутреннего утепления является метод напыления утеплителя на теплоизолирующие поверхности [5]. В качестве утеплителя используется пенополиуретан, целлюлозный утеплитель и пеноизол. Основным преимуществом использования пенополиуретана является его способность не поглощать влагу, что дает возможность исключать в конструкции влагозащитные мембраны. Также большим преимуществом является то, что при помощи напыления можно утеплить здание любой формы без мостиков холода. Напыление утеплителя происходит при помощи специального оборудования под высоким давлением. Происходит переход из жидкой фазы в пену. После того как пена окончательно полимеризуется, стена покрывается отделочным материалом.

Развитие данной технологии получила в разработках архитектурно-строительного института СамГТУ. Разработчики используют напыляемый пенополиуретан определенной марки. Предложенная технология имеет следующие преимущества: высокую адгезию (прочность сцепления с кирпичом, бетоном, деревом, металлом и т.д. 0,2-0,3 МПа); однородный теплоизоляционный слой; незначительная, согласно расчетам, толщина слоя изоляции по сравнению с другими теплоизоляционными материалами [6]. Применение напыляемого пенополиуретана для внутренней теплоизоляции получило положительные отзывы в НИИ Строительной физики РААСН.

Еще одним перспективным направлением теплозащиты можно отметить внутреннее утепление наружных стен с использованием экранной тепловой изоляции. Такой опыт энергоэффективной реконструкции был применен для исторического здания Самарского академического театра. Теплоизоляционный слой конструкции наружного ограждения был изготовлен из вспененного полиэтилена и защищен алюминиевой фольгой, в совокупности с невентилируемой воздушной прослойкой (рис. 2) [6].

В связи с вышеизложенным считаем, при всем многообразии вариантов утепления наружных ограждений проблемными участками в плане теплопотерь остаются оконные проемы. Целесообразно воспользоваться резервным способом улучшения теплотехнических характеристик объекта путем усовершенствования конструкций светопрозрачных ограждений: окон, витражей, атриумов и др.

Конструкции светопрозрачных ограждений

Наиболее приемлемыми для обеспечения комфорта и тепла считаются окна с двумя и более стеклопакетами, при этом максимальное энергосбережение обеспечивают окна, в которых расстояния между стеклами варьируются от 4 до 50 мм [7]. Приведем значение показателей сопротивления теплопередаче конструкций стеклопакетов, наиболее распространенных на российском строительном рынке в таблице.

Таблица

Показатели сопротивления теплопередаче конструкций стеклопакетов [3]

Конструкции стеклопакетов	Сопротивление теплопередаче R^c ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт
Однокамерные, заполненные воздухом	
4F – 12 – 4F	0,35
4F – 16 – 4F	0,36
4F – 16 – 4K	0,58
4K – 16 – 4K	0,65
Однокамерные, заполненные газом	
4F – 12Ar – 4F	0,37
4F – 12Kr – 4F	0,39
4F – 16Ar – 4K	0,66
4K – 16Ar – 4K	0,78
Двухкамерные, заполненные воздухом	
4F – 10 – 4F – 10 – 4F	0,50
4F – 12 – 4F – 12 – 4F	0,53
Двухкамерные, заполненные газом	
4F – 10Ar – 4F – 10Ar – 4F	0,55
4F – 12Kr – 4F – 12Kr – 4F	0,63

Примечание: Условные обозначения для стекол: F – оконное стекло, полученное флоат-способом; K – стекло с твердым низкоэмиссионным покрытием. Условные обозначения для газов, заполняющих стеклопакеты: Ar – аргон; Kr – криптон.

Инновационные решения светопрозрачных ограждений

Одним из эффективных инновационных решений является применение прозрачной теплоизоляции. При прохождении через стеклопакет с такой изоляцией солнечная энергия адсорбируется и аккумулируется в светопрозрачном ограждении, придавая ему высокие теплозащитные свойства и позволяя получать дополнительный источник тепла для обогрева помещений. Например, мельчайший размер пор в структуре силикогеля позволяет избежать конвекции воздуха. Исключительные теплозащитные характеристики обусловлены пористой структурой, состоящей на 95 % из воздуха [7]. Двадцатимиллиметровый слой такой изоляции имеет сопротивление теплопередаче $R_{0,1}$, превышающее сопротивление кирпичной стены толщиной в 2 кирпича.

В качестве еще одного варианта повышения теплоизоляционных свойств светопрозрачных ОКН целесообразно рекомендовать использование солнечных гибких батарей, имеющих прозрачность 70 %. Они представляют собой пленку, наклеиваемую на стеклянную поверхность стеклопакетов. Сопротивление теплопередаче возрастает более чем на 6 % [7].

Использование фотоэлементов весьма распространено во многих отраслях производства, но отнюдь не в строительстве. Вместе с тем, считаем целесообразным рекомендовать включать их в конструкцию светопрозрачных ограждений памятников архитектуры. Испытания конструкций, состоящих из прозрачных полимерных листов фотоэлемента на базе гидрогенизированного кристаллического кремния, показали, что

система столь эффективна, что способна в некоторых случаях перевести здание на самоэнергообеспечение [8]. Солнечные модули такого типа легче, тоньше, эластичнее за счет чего не боятся многократных перегибов и значительно дешевле традиционных аналогов. Особенно привлекательным является возможность придать таким полупрозрачным модулям различную окраску оконных вclusions и витражей культовых памятников, зданий выполняющих экспозиционную функцию (музеев, выставочных павильонов).

Еще одним резервом получения электроэнергии является рассеянное искусственное внутреннее освещение памятника. Стекла витражей, изготовленные из нескольких слоев полупроводниковых кристаллов и диоксида титана. Сенсибилизированные красителем фотоэлементы поглощают свет, который возбуждает электроны. Полученный электрический ток поступает в батарею. Преимущество таких систем перед обычным стеклом заключается в возможности создать в интерьере памятника приглушенную, рассеянную, спокойную комфортную световую атмосферу.

Немалый интерес представляет использование вакуумной изоляции, позволяющей в 10 раз уменьшить теплопроводность стеклопанелей, снизив её до $0,0046 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{С}$. Но, при использовании вакуумного теплоизоляционного стеклопакета для создания повышенной герметичности необходимо включить в конструкцию краевые прокладки по контуру и устанавливать уплотнители в промежутке между стеклами. Это позволит защитить стеклопакет от повреждений и выдерживать атмосферное давление до 1 гПа [9].

Среди инновационных материалов для остекления, которые можно было бы с успехом использовать в исторических зданиях, являются материалы с изменяющейся прозрачностью. Они позволяют создать комфорт, защитить помещение от яркого солнечного света и от перегрева, снизить затраты на кондиционирование воздуха. Фотохромные материалы меняют свою прозрачность под воздействием света, термохромные – тепла, электрохромные – электрического тока. Тонкий слой геля размещается между стеклами и обеспечивает изменение прозрачности. Под воздействием одного из вышеперечисленных факторов выстраивается большее или меньшее количество молекулярных цепочек, размером больше длины световой волны, которые не пропускают свет. При этом достигается снижение пропускания солнечной радиации до 40 % [7]. В то время как, традиционно используемое тонирование не способно реагировать на интенсивность воздействий и саморегуляцией не обладают.

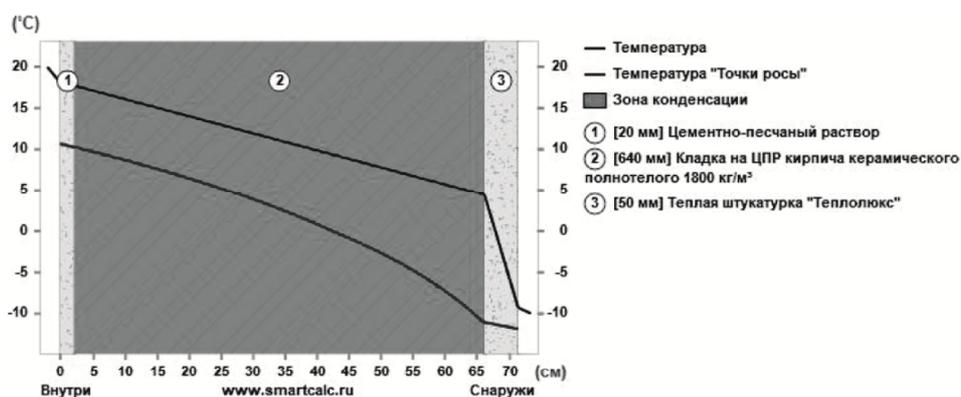
Заслуживает внимания способ экономии искусственного освещения за счёт максимального использования естественного освещения. Это рекомендуется достигнуть за счет создания равномерной освещенности помещения, которая может быть достигнута благодаря использованию самоуправляющихся оптических элементов [10]. Конструкция стеклопакетов, включающая тонкие пластины из гидрокарбонатного или акрилового стекла должна находиться в верхней части окна. При этом происходит то, что солнечный свет направляется на потолок и глубинные зоны помещения. Этот метод требует вмонтировать в потолок отражательные элементы, имеющие специальную рассеивающую структуру, состоящую из микропирамидок. Данный метод, благодаря которому, улучшается качество и увеличивается продолжительность естественного освещения, бы апробирован исследователями из Кёльна [11]. Результат превысил все ожидания: расход электроэнергии на освещение уменьшился на 80 %.

Дальнейшие исследования ученых ведутся с целью разработки комбинированного освещения. При необходимости недостаток естественного освещения будет автоматически компенсироваться искусственным светом. Использование подобных светоправляющих галограмм, в конструкциях «умных» окон, можно с успехом использовать в памятниках истории и архитектуры для создания комфортного светового режима и решения вопросов энергосбережения. В процессе реконструкции объектов культурного наследия приходится производить выбор материала для светопрозрачных ограждений. Обычные стекла и стеклопакеты не соответствуют европейским нормативам, касающимся энергосбережения. Поэтому необходимо искать и переходить на совершенные решения, такие как стекла с теплоотражающими покрытиями. Основную долю переносимого тепла составляет лучистый поток. Менее значимыми являются конвекция и теплопроводность газа, наполняющего стеклопакет. Отсюда следует, что, если нанести на стекла сверхтонкие покрытия из оксидов металла или металлов можно

перенаправить тепло, а именно лучистую долю излучения. Тепловой поток пойдет в обратную сторону, т.е в здание. Об эффективности предлагаемого решения говорит тот факт, что светопрозрачные ограждения, выполненные с использованием теплоотражающего стекла и газом аргоном в качестве наполнителя стеклопакета, имеет сопротивление теплопередаче выше, чем железобетонные стеновые панели [10]. При этом ни интерьер, ни экстерьер памятника не пострадают.

Опыт использования утепления фасада ОКН

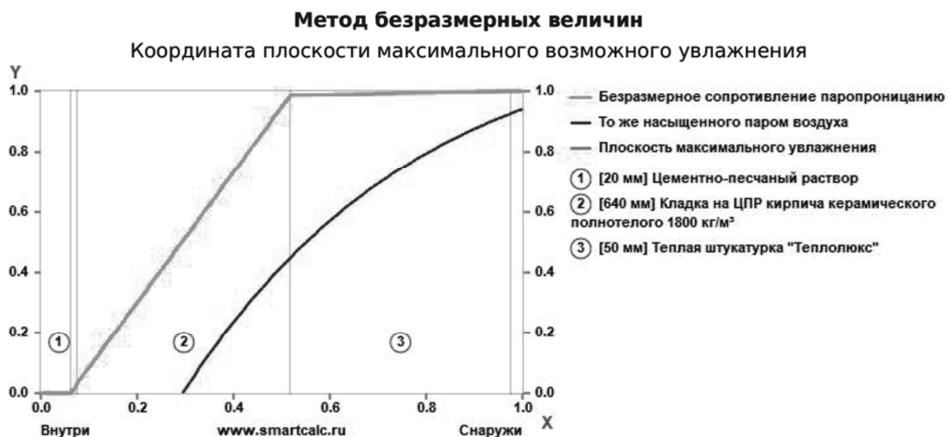
Объект реконструкции ОКН «Гарнизонный госпиталь» расположен по адресу: Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 76. Цель работы заключалась в том, чтобы в процессе общей реконструкции включить мероприятия, позволяющие реабилитировать физико-техническое состояние объекта. Одной из задач исследования было оценить теплотехнические характеристики здания, и в случае необходимости, разработать и осуществить мероприятия по приведению их в соответствие нормативным требованиям. Были определены сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, фактические показатели микроклимата помещений. При помощи тепловизора были выявлены слабые звенья ограждений, т.е. зоны утечек тепла, мостики холода. В результате чего были сделаны выводы, на основании которых были разработаны мероприятия по повышению теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и улучшению микроклимата помещений различного назначения. Произведенные теплотехнические расчеты показали, что наиболее приемлемым оказался вариант, предполагающий оштукатуривание декорированного фасада раствором специального состава. Используемая, так называемая, «теплая» штукатурка изготовлена на основе высококачественного цемента, гранул пеностекла, фракционированного песка и комплекса модифицирующих добавок. Выбор пал именно на такую штукатурку в связи с её низкой плотностью, и высокими теплозащитными качествами, огнестойкостью, долговечностью и экономичностью за счет российского производства. Наблюдение за поведением отделки в процессе эксплуатации позволяет подтвердить правильность выбора. В результате проведенных работ сопротивление теплопередаче увеличилось на 25 %. Данные теплотехнического расчета предложенной конструкции наружной стены ОКН «Госпиталь гарнизонный» приведены на рис. 3-5 [12].



Слои конструкции (изнутри наружу)

№	Тип	d[мм]	Материал	λ	R	T _{max}	T _{min}
			Сопротивление тепловосприятию		0.11	20.0	18.1
1	□	20	Цементно-песчаный раствор	0.93	0.02	18.1	17.7
2	□	640	Кладка на ЦПР кирпича керамического полнотелого 1800 кг/м³	0.81	0.79	17.7	4.5
3	□	50	Теплая штукатурка «Теплолюкс»	0.061	0.82	4.5	-9.3
			Сопротивление теплоотдаче		0.04	-9.3	-10.0
Термическое сопротивление ограждающей конструкции					1.63		
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]					1.79		

Рис. 3. Тепловая защита



Координата плоскости максимального увлажнения X 0.00 мм

В ограждающей конструкции переувлажнение невозможно.

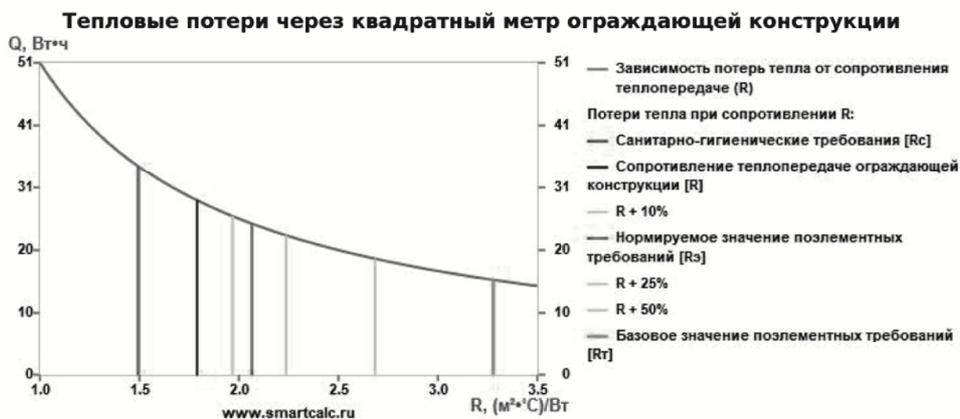
Послойный расчет защиты от переувлажнения

Слои конструкции (изнутри наружу)

№	d[мм]	Материал	μ	R_p	X	$R_p(v)$	$R_{p.tr1}$	$R_{p.tr2}$
1	20	Цементно-песчаный раствор	0.09	0.22	20(280.7)	0.22	0.00	0.00
2	640	Кладка на ЦПР кирпича керамического полнотелого 1800 кг/м³	0.1	6.40	416.8	4.39	0.00	0.00
3	50	Теплая штукатурка "Теплолюкс"	0.53	0.09	50(116.2)	0.00	0.00	0.00

Конструкция удовлетворяет требованиям защиты от переувлажнения

Рис. 4. Защита от переувлажнения



Потери тепла в час при сопротивлении теплопередаче (Вт·ч)

Сопротивление теплопередаче	R	$\pm R, \%$	Q	$\pm Q, \text{Вт}\cdot\text{ч}$
Санитарно-гигиенические требования [Rc]	1.49	-16.51	34.13	5.63
Нормируемое значение поэлементных требований [Rэ]	2.07	15.40	24.69	-3.80
Базовое значение поэлементных требований [Rт]	3.28	83.17	15.56	-12.94
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]	1.79	0.00	28.50	0.00
R + 10%	1.97	10.00	25.91	-2.59
R + 25%	2.24	25.00	22.80	-5.70
R + 50%	2.68	50.00	19.00	-9.50
R + 100%	3.58	100.00	14.25	-14.25

Потери тепла за отопительный сезон: 69.17 кВт·ч

Рис. 5. Тепловые потери

Заключение

В данной работе даны рекомендации, разработанные для улучшения теплотехнических характеристик объектов, представляющих историческую, архитектурную, художественную или культурную ценность. В процессе проведения реконструкции требуется производить комплексный подход к решению самых разносторонних задач. В данном исследовании была затронута лишь одна из них, а именно – улучшение теплотехнических характеристик наружных ограждений с целью создания комфортного температурно-влажностного режима, а также решения вопросов энергосбережения. Некоторые из предлагаемых инновационных решений основаны на идеях, использованных при создании конструкций, применяемых в различных производствах, в том числе в космической отрасли [13, 14]. Несмотря на весьма эффективный характер наших предложений, в массовом строительстве нереально рассчитывать на их внедрение в ближайшем будущем по причине дороговизны и отсутствия отечественной базы производства.

Однако, для уникальных объектов рекомендованные выше усовершенствования ограждающих конструкций являются целесообразными и экономически оправданными, а зачастую единственно приемлемыми для ОКН. Они раскрывают большие потенциальные возможности внедрения научных достижений в области инновационных технологий в практику строительного производства и реконструкции.

Список библиографических ссылок

1. Жадановский Б. В., Кужин М. Ф. Организационно-технологические решения устройства навесных фасадных систем при реконструкции жилых и общественных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 1. С. 62–64.
2. Габриель И., Ладенер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома. СПб. : БХВ-Петербург, 2011. 480 с.
3. Куприянов В. Н. Климатология и физика архитектурной среды. М. : АСВ. 2016. 194 с.
4. Макаров А. Н., Муреев П. Н., Макаров Р. А. Анализ изменения теплотехнических характеристик наружных кирпичных стен зданий жилой застройки. Разработка способа решения проблемы выпадения конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. 2017. № 1. С. 57–68.
5. Вытчиков Ю. С., Сапарёв М. Е. Повышение теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций зданий и сооружений культурного и исторического наследия // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 3. С. 52–55.
6. Вытчиков Ю. С., Сапарёв М. Е. Исследование термического сопротивления экранной тепловой изоляции // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й ВНТК по итогам НИР 2011 г. Самара : СГАСУ. 2012. С. 298–300.
7. Савин В. К., Савина Н. В. Архитектура и энергоэффективность окна // Строительство. 2015. № 4 (60). С. 124–130.
8. Мургул В. А. Повышение энергоэффективности реконструируемых жилых зданий исторической застройки Санкт-Петербурга // Архитектон. Известия вузов. 2012. № 40. С. 54–62.
9. Elsafty A. F., Joumaa C., Abo Elazm M. M., Elharidi A. M. Case Study Analysis for Building Envelop and its Effect on Environment // Energy Procedia. 2013. № 36. P. 958–966.
10. Araoz Gustavo. Preserving Heritage Places Under a New Paradigm // Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development. Emerald Group Publishing Limited. 2011. Vol. 1. Iss. 1. P. 55–60.
11. Drochytka R., Zach J., Hroudova J. Non-destructive Testing of Influence of Moisture on Properties of Autoclaved Aerated Concrete // E-Journal of Nondestructive Testing. 2011.

12. Онлайн калькуляторы теплотехники ограждающих конструкций // SMARTCALC.RU: сетевой ресурс. 2018. URL: <https://www.smartcalc.ru/thermocalc/?&gp=212&rt=0&ct=0&os=0&ti=20&to=-10&hi=55&ho=85> (дата обращения: 30.07.2017).
13. Satu Paiho, Isabel Pinto Seppä, Christel Jimenez An energetic analysis of a multifunctional façade system for energy efficient retrofitting of residential buildings in cold climates of Finland and Russia // Sustainable Cities and Society. 2015. № 15. P. 75–85.
14. Yuehong Lu, Shengwei Wang, Yang Zhao, Chengchu Yan Renewable energy system optimization of low/zero energy buildings using single-objective and multi-objective optimization methods // Energy and Buildings. 2015. № 89. P. 61–75.

Khabibulina Albina Gomerovna

candidate of economic sciences, associate professor

E-mail: albgomer@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

To the choice of designs of front systems taking into account heat-shielding characteristics at reconstruction of objects of cultural heritage

Abstract

Problem statement. The offer of options of constructive decisions of external protections for objects of cultural heritage (OCH) adapted to new functional appointments taking into account the modern standard requirements allowing to improve heat-shielding qualities of wall and window designs.

Results. In the course of the study, various methods and recommendations for the reconstruction of historical architectural objects were studied. Unfortunately, it should be noted that they often do not take into account the specifics of engineering work, in particular issues relating to building physics. As a result, it is impossible to ensure the appropriate preservation and proper operation of architectural monuments. As a result of the research, recommendations were made to improve the thermal characteristics of enclosing structures, taking into account the security regulations imposed on the OCH.

Conclusions. The study summarizes the experience of thermal protection of reconstructed OCH and contributes to the expansion and development of the methodological framework of restoration design.

Keywords: construction of external fences, energy efficiency of buildings, facade systems, innovative technologies of translucent fences.

References

1. Zhadanovskiy B. V., Kuzhin M. F. Organizational and technological solutions for the installation of hinged facade systems in the reconstruction of residential and public buildings // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2012. № 1. P. 62–64.
2. Gabriel I., Ladener Kh. Reconstruction of buildings according to energy-efficient house standards. SPb. : BKhV-Peterburg, 2011. 480 p.
3. Kupriyanov V. N. Climatology and physics of architectural environment. M. : ASV. 2016. 194 p.
4. Makarov A. N., Mureev P. N., Makarov R. A. Analysis of changes in thermal characteristics of exterior brick walls of residential buildings. Development of a method for solving the problem of condensation on the inner surface of the enclosing construction // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser: Materials. Construction. Technologies. 2017. № 1. P. 57–68.

5. Vytchikov Yu. S., Saparev M. E. Increase of heat-shielding characteristics of building enclosing structures of buildings and structures of cultural and historical heritage // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo*. 2014. № 3. P. 52–55.
6. Vytchikov Yu. S., Saparev M. E. The study of the thermal resistance of the on-screen thermal insulation // *Traditions and innovations in construction and architecture: materials of the 69th VNTK on the results of the NIR 2011 Samara: SGASU*. 2012. P. 298–300.
7. Savin V. K., Savin, N. V. Architecture and energy efficiency of the window // *Stroitelstvo*. 2015. № 4 (60). P. 124–130.
8. Murgul V. A. Energy efficiency improvement of reconstructed residential buildings of historical buildings of St. Petersburg // *Arkhitkton. Izvestiya vuzov*. 2012. № 40. P. 54–62.
9. Elsafty A. F., Joumaa C., Abo Elazm M. M., Elharidi A. M. Case Study Analysis for Building Envelop and its Effect on Environment // *Energy Procedia*. 2013. № 36. P. 958–966.
10. Araoz Gustavo. Preserving Heritage Places Under a New Paradigm // *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*. Emerald Group Publishing Limited. 2011. Vol. 1. Iss. 1. P. 55–60.
11. Drochytka R., Zach J., Hroudova J. Non-destructive Testing of Influence of Moisture on Properties of Autoclaved Aerated Concrete // *E-Journal of Nondestructive Testing*. 2011.
12. Online calculators of heat engineering of enclosing construction // SMARTCALC.RU: network share. 2018. URL: <https://www.smartcalc.ru/thermocalc?&gp=212&rt=0&ct=0&os=0&ti=20&to=-10&hi=55&ho=85> (reference date: 30.07.2017).
13. Satu Paiho, Isabel Pinto Seppä, Christel Jimenez An energetic analysis of a multifunctional façade system for energy efficient retrofitting of residential buildings in cold climates of Finland and Russia // *Sustainable Cities and Society*. 2015. № 15. P. 75–85.
14. Yuehong Lu, Shengwei Wang, Yang Zhao, Chengchu Yan Renewable energy system optimization of low/zero energy buildings using single-objective and multi-objective optimization methods // *Energy and Buildings*. 2015. № 89. P. 61–75.

УДК 72.023: 691.11 (-17)

Чайникова Олеся Олеговна

аспирант

E-mail: restavr2015@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4

Эволюция сохранения памятников традиционного деревянного зодчества

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – рассмотреть процесс эволюции деятельности сохранения памятников деревянного зодчества, в том числе методом воссоздания. Выявить методы и приемы сохранения деревянных строений нашими предками, а также критерии значимости воссоздаваемых памятников в разные периоды.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в выявлении возможности воссоздания памятников деревянного зодчества с определенной степенью подлинности. Определена классификация основных методов сохранения памятников деревянного зодчества, в том числе методом воссоздания. Выявлены критерии, влияющие на выбор метода сохранения памятника, в том числе воссозданием.

Выводы. Значимость полученных результатов для современной архитектуры и реставрационной деятельности состоит в установлении потребности общества в воссоздании некогда существовавших памятников деревянной архитектуры, в определении вариантных форм и методов их воссоздания. Анализ примеров воссозданных памятников деревянного зодчества привел к разработке классификации способов сохранения памятников, выявлению особенностей и условий, обосновывающих возможность применения каждого способа сохранения, а также основных критериев оценки ценности воссозданных памятников.

Ключевые слова: воссоздание, возрождение, музей под открытым небом, этнопарк, деревянная архитектура, памятники деревянного зодчества.

Введение

Памятники деревянного зодчества занимают отдельное место в мировом культурном наследии, являясь народным зодчеством. Архитектор А.Ф. Гольштейн толкует это понятие следующим образом: «под народным зодчеством понимается деятельность мастеров-строителей, творчество которых основано на традициях»¹. Основная часть деревянных строений, сохранившихся до сегодняшнего дня, представляет собой особенные черты культуры народа, традиций, национальности.

Наиболее характерными представителями памятников деревянного народного зодчества являются территория Севера России, страны Балтики и Скандинавии [1-5].

Деревянные постройки русского Севера, от хозяйственных построек до культовых строений – неповторимы, оригинальны и единственны в своей природе. Сохранившиеся до сегодняшнего дня деревянные строения насчитывают свой возраст до 500 лет, их сумели сохранить до наших дней, и главная задача современников – передать их будущим потомкам. Таким образом, в современном обществе на фоне все возрастающего интереса к культуре и истории нашего народа, его быту вновь обратились к вопросам сохранения памятников деревянного зодчества как к «самой хрупкой части нашего наследия», говоря словами И.В. Маковецкого².

Методы сохранения памятников деревянного зодчества

Сохранение памятников архитектуры деревянного зодчества, как одной из самых хрупких и уязвимых частей культурного наследия, находящегося в современных условиях на грани полного исчезновения, особенно актуально для реставраторов,

¹ Гольштейн А. Ф. Зодчество. М. : Просвещение, 1979. С. 200.

² Маковецкий И. Архитектура русского народного жилища. Север и Верхнее Поволжье. М. : АН СССР, 1962. 338 с.

стремящихся продлить их жизнь. Как зарубежные, так и отечественные реставраторы-практики на протяжении многих десятилетий ищут и разрабатывают возможные методы, способы и формы сохранения деревянных памятников.

Специалисты музея-заповедника «Кижи» много лет занимаются исследованиями, связанными с атрибуцией памятников деревянного зодчества, особенно хронологическими, которые являются основополагающими при определении стратегии и тактики ремонтно-реставрационных работ, выявлении закономерностей и тенденций развития архитектуры³.

В середине XX века в России наибольшую популярность получил опыт сохранения памятников путем создания музеев под открытым небом, этнопарков. За рубежом этот опыт стал популярен еще раньше – в конце XIX века, при этом их отличительной особенностью было то, что они не стремились экспонировать памятники и их комплексы в исторически сложившихся условиях⁴ [1-5]. Музеи под открытым небом призваны сохранять наследие деревянного зодчества, при этом памятники ограниченно используются по своему историческому назначению, основная их функция – развлекательно-просветительская. Проекты и реализация решений по приспособлению исторических поселений для воссоздания музеев под открытым небом и этнопарков имеют возможность отступления от исторической действительности, более свободного композиционно-пространственного решения, но, как правило, на исторической подоснове. Воссозданные постройки сохраняют традиции деревянного строительства региона, района, местности. Зачастую с целью наглядной демонстрации отличительных строительных приемов, деталей и элементов деревянного зодчества, их выразительности намеренно отражают все их многообразие в одном проекте [6, с. 80-82].

В Европе, например, в Норвегии, этнографические музеи встречаются практически повсеместно, они органично и естественно вписаны в средовую застройку, а порой являются частными домами, превращенными в музей. Наибольшее количество представленных экспонатов в музеях под открытым небом составляют образцы культового деревянного зодчества, также насчитывающие возраст более 500 лет [там же, с. 89, 3].

Таким образом, создание музеев под открытым небом и этно-парков является одним из способов сохранения памятников деревянного зодчества, в том числе методом воссоздания.

Б.В. Гнедовский, рассматривая приспособление памятников деревянного зодчества, затрагивает вопрос технологии перемещения деревянных памятников. В качестве примера упомянута Михайлоархангелогородская часовня 1614 года постройки, которая в 1973 году была перевезена из города Слободского Кировской области во Францию. Памятник был разобран и промаркирован для перемещения, собран для экспозиции на выставке «Русская деревянная пластика от древнейших времен и до наших дней» в выставочном зале Парижа «Гран-Пале», а по завершению выставки часовню вернули на место⁵. Автор статьи данным примером доказывает мобильность деревянных памятников архитектуры и подтверждает возможность создания «специальных резерватов» для размещения наиболее ценных объектов, которые будут там под сохранностью, доступны для изучения и обозрения, при этом будут открыты широкие возможности их приспособления.

Гнедовский разделяет такие музеи по масштабам, принципам организации экспозиции, по их значимости – архитектурно-этнографические, историко-мемориальные. В качестве примеров исторических музеев приводятся музей «Сибирская ссылка В.И. Ленина» в Шушенском, в котором собраны 24 мемориальные крестьянские усадьбы, здания местной администрации, волостной управы и пересыльной тюрьмы, и музей «Декабристы в Иркутске» – в центре города заповедник из деревянных жилых домов, украшенных резьбой. При этом автор отмечает высокую степень достоверности основных воссозданных строений на период XIX века в обоих музеях, даже при том, что не все жилые здания воссозданы с учетом их этнографических особенностей. Главный

³Гольштейн А. Ф. Зодчество. С. 209.

⁴Ушаков Ю. С. Деревянное зодчество русского Севера. Л. : Знание, 1974. 32 с.

⁵Андросов Н. К. Вопросы охраны, реставрации и пропаганды памятников истории и культуры. М. : Министерство культуры РСФСР, Научно-исследовательский институт культуры, Объединение «Реставрация», 1978. С. 179.

акцент делается на различных возможностях приспособления и использования воссозданных строений, которые «входят в структуру музея лишь внешними формами»⁶.

В качестве основных ошибок при создании таких музеев Ушаков называет смешение понятий «этнографический музей» и «архитектурный музей-заповедник», в которых только первый может быть создан в искусственной среде, а второй – исключительно в исторически сложившемся окружении⁷. В случае демонтажа здания неизбежны значительные утраты подлинных частей и элементов памятника так, например, при демонтаже кровли, перекрытий и прочих конструктивных элементов их неизбежно приходится воссоздавать в новом материале.

Особенностью организации музеев под открытым небом также является ряд преимуществ, таких как сосредоточение памятников деревянного зодчества в более доступных местах, обеспечение их постоянной охраны, контроль за их состоянием. К недостаткам относят изъятие строений из исторически сложившейся природной среды, игравшей одну из важных ролей в художественно-эстетическом восприятии архитектурного строения. Внедрение памятников в сложившиеся архитектурные комплексы без учета их связи с окружающими постройками, с природной средой лишает их идентичности, выразительности и градостроительной значимости.

Наиболее известным музеем под открытым небом является музейный комплекс Кижского, в котором к середине 1960-х годов было сосредоточено большое количество культовых, жилых и хозяйственных сооружений. Музейные экспонаты были привезены из разных мест, воссозданы на новом месте, при том, что на территории сохранились и исторические постройки. Церковь Преображения Господня реставрируется методом частичного воссоздания и в наши дни. Демонтаж конструкций сруба осуществляется с помощью системы лифтинга с последующим восстановлением исторических конструкций памятника, его интерьеров и иконостаса в аналогичных материалах с соблюдением исторических методов, приемов и технологий. Важной составляющей при сохранении ансамбля Кижского погоста является ценность его исторического окружения, ландшафта. Ревитализация исторического окружения Кижского архитектурного ансамбля – основное необходимое условие, как развития, так и сохранения объекта Всемирного наследия [8, с. 10].

Аналогичные музеи создавались под Костромой, Суздалем, Вологодой, Новгородом, Архангельском, из современных – этнопарк под Санкт-Петербургом в усадьбе Богословка на территории Невской Дубровки, главной доминантой которого является воссозданная копия 22-главой Покровской церкви Вытегорского погоста [9]. Отличительная особенность данного объекта воссоздания заключается в том, что воссоздана копия ранее существовавшего памятника деревянного зодчества по подробным архитектурным обмерам, на новом месте, в иной, но схожей историко-ландшафтной среде, в историческом материале, с приспособлением под современные нужды.

Таким образом, способов и методов сохранения архитектуры деревянного зодчества немного, в отличие от других типов построек. С развитием химической промышленности появился огромный выбор средств для обработки и пропитки деревянных конструкций. Но даже при современном развитии химической отрасли и технологий строительства залогом долговечности бревна является способ его «изготовления» – топор, о чем хорошо знали и что всегда учитывали плотники с древних времен⁸.

Воссоздание памятников деревянного зодчества – как метод сохранения

При этом памятники деревянного зодчества подвержены износу, дерево – гниению, горению и требуют ремонтов и поновления, зачастую воссоздания значительной части здания, конструктивных элементов, декоративного убранства, что подтверждается сегодня выявлением ремонтных вставок, поздних замен бревна и целых венцов в строениях.

Известные исследователи архитектуры Севера М.И. Мильчик и Ю.С. Ушаков указывают на многие свидетельства воссоздания деревянных строений в масштабах целого города. Так, например, благодаря сведениям Полного собрания русских летописей, мы имеем документальное свидетельство полного воссоздания города: в

⁶ Андросов Н. К. Вопросы охраны, реставрации и пропаганды памятников истории и культуры. С. 181.

⁷ Ушаков Ю. С. Деревянное зодчество русского Севера. С. 28.

⁸ Рзянин М. И. Русская архитектура. Академия архитектуры СССР. М. : 1947. С. 78.

1692 г. на Северной Двине «Холмогорской город почи-ниван и перебран весь от подошвы, и башни рублены новы, все так же...»⁹.

Свидетельства же частичного воссоздания утрат деревянных строений выявлены в одной из грамот XVII в.: «гнилые бревна выметывать, а в те места вставлявть бревна новые...»¹⁰. Также исследователи подтверждают многочисленные упоминания в летописях, писцовых книгах и других исторических документах о различных деревянных строениях, не дошедших до наших дней. Бесценным вкладом в историю архитектуры являются фиксационные материалы многих исследователей деревянной архитектуры [6, 13]. Практически все они указывают на печальное состояние деревянных строений. При этом сегодня не хватает сведений и информации о существующих и утраченных памятниках, технологиях их строительства, архитектурных особенностях. Так, Ю.П. Спегальский доказывает, что на протяжении веков многие строительные формы исчезали бесследно, облик древнейших построек Руси мало напоминал поздние. Автор предложил серию смелых графических реконструкций остатков деревянных строений, открытых археологами¹¹.

Таким образом, потребность в воссоздании памятников деревянного зодчества актуальна давно, и их современные исследователи, предшественники приходили к важному итогу – к графическим реконструкциям, в которых сегодня «предположения и допущения ... неизбежны... Попытка обойтись без гипотез привела бы не к объективности, а, наоборот, к явному искажению фактов... Значение гипотезы нельзя не только отрицать, но и не в меру ограничивать – она должна получать место и в решении широких вопросов, и при реконструкции отдельных зданий» [10, с. 73-74].

Понятия «реставрация» и «воссоздание» тесно переплетаются в современной практике реставрационных работ, но на памятниках деревянного зодчества сегодня наблюдается большой объем именно воссоздания, восстановления разрушений и утрат.

Так, Л.В. Прибега приводит наиболее характерные принципы реставрации деревянных ветряных мельниц, главный из которых – «восстановление подлинного архитектурного облика традиционных строений», ...«укрепление его с помощью современных инженерно-технических мероприятий» с заменой частей, утративших прочность [11, с. 115, 119]. Замена выполняется в соответствии с существующими образцами из аналогичных пород древесины при максимальном соблюдении параметров и традиционных строительно-технологических приемов при их изготовлении, то есть обеспечивается достоверность, в том числе с помощью документа-памятника [там же, с. 120]. Таким образом, воссоздание утраченных элементов и частей вызвано необходимостью восстановления первоначального облика памятника. При этом воссоздавать утраты можно только на основании тщательного исследования самого памятника, что является невыполнимым условием для полностью утраченных строений.

Но отличительной особенностью воссоздания полностью утраченных памятников архитектуры деревянного зодчества является возможность обратиться к «региональной общности архитектурно-строительных традиций» [там же, с. 122]. Это позволяет при воссоздании прибегать к аналогам, при этом встает вопрос подлинности и ряда таких ценностных критериев, как архитектурно-исторический, художественный, градостроительный, культурно-эстетический [12, 13, 15].

Технологии строительства, заготовки и рубки леса для постройки деревянного строения со временем утрачиваются. Пользуясь одним природным строительным материалом – бревном, крестьянин, «хорошо усвоив основное правило – природа не терпит повторения (и действительно, невозможно обнаружить в природе два одинаковых элемента или сочетания)», создал стройную и логичную тектоническую систему в дереве, лишённую однообразия. В основе этой системы лежал принцип неповторимости каждого сооружения при повторяемости его элементов»¹².

Исследователи русского Севера восторженно отзываясь о предках и их природном чутье при строительстве селений, точном определении в нем места каждому сооружению.

⁹Мильчик М. И., Ушаков Ю. С. Деревянная архитектура русского Севера. Л. : Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1981. С. 5.

¹⁰Романов М. И. История одного северного захолустья. Великий Устюг, 1925. С. 14.

¹¹Мильчик М. И., Ушаков Ю. С. Деревянная архитектура русского Севера. С. 9.

¹²Ушаков Ю. С. Деревянное зодчество русского Севера. С. 19.

Так, Ушаков следующим образом описывает принцип ансамблевости и определяет место всем строениям: «избы ставились так, чтобы жилая ее часть «глядела» на воду и максимально была обращена к солнцу. ...Амбары ставились в достаточном удалении от дома, но так, чтобы их было видно всегда. ...На высоких открытых местах вокруг села ставились ветряные мельницы. Внизу у самой воды сооружались бани, причалы для лодок. Самым важным был вопрос – выбора места и размеров для общественных сооружений – церкви, часовни, колокольни, эти вопросы решались всем миром»¹³.

Особую важность имело взаиморасположение отдельных сооружений при формировании силуэта храмово-поселенческого комплекса северорусских селений. Строители опытным и интуитивным путем достигали интересных и разнообразных приемов размещения, при которых вся группа строений просматривалась с разных сторон, и они не закрывали друг друга. Все это также учитывалось при выборе места строительства, как правило, у воды, но расстановка строений происходила таким образом, чтобы они все были максимально раскрыты при направлениях по суше или воде¹⁴ [12, 13].

Природное окружение являлось важной составляющей каждого комплекса, что и сегодня выделено как особое условие при восстановлении ансамбля Кижского погоста. Различная природная ситуация определяла и новые решения при выборе места для строительства, что также исключало однообразие, и являлось главным секретом обаяния и привлекательности деревянного зодчества русского Севера¹⁵. Способ и форма воссоздания памятников деревянного зодчества – на прежнем или на новом месте, в составе комплексов этнопарков или музеев под открытым небом – влияют на такие критерии ценности памятника, как историко-архитектурный, художественный, градостроительный, культурно-эстетический, мемориальный.

Таким образом, памятники деревянного зодчества сохраняют, в том числе методом воссоздания, на прежнем месте на основании достаточных, достоверных историко-архивных, иконографических материалов (Церковь Святого Спиридона Тримифунтского в г. Ломоносов (1895-1896 гг. архитектор В.И. Щеглов, воссоздана в 2008-2015 гг.); Церковь Святого Пантелеймона, г. Сестрорецк, Тарховский проспект, 32 (воссоздана в 2003 г.); перемещают на новое место в музей или этнопарк с целью обеспечения его дальнейшей сохранности методом полного демонтажа и воссоздания вновь (Деревянная синагога д. Волпа, возведена в г. Билгорай, Польша в 2010-2016 гг. [1]); сохраняют с воссозданием значительных утрат памятника (нередко до 90 %), называя эти работы – реставрацией (Дача Громова в Лопухинском саду, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, 13; постройки комплекса Кижского); перемещают с полной разборкой для экспонирования памятника и возвращают на историческое место.

Нельзя не вспомнить также метод воссоздания памятника деревянного зодчества Санкт-Петербурга в новых материалах, что особенно недопустимо для деревянной архитектуры, когда памятник воссоздают, например, в бетоне с обшивкой деревянной вагонкой, имитирующей брус (Дача Бенуа, г. Санкт-Петербург, Приморская ул., 8/4 – Тихорецкий проспект, 17, литера А; Дача Воронихина, г. Санкт-Петербург, Каменноостровский проспект, 62).

Чаще основные виды работ на памятниках деревянного зодчества принято называть реставрацией, если это не касается полного воссоздания на новом месте или воссоздания в неаутентичных материалах.

Критерии оценки ценности сохраняемых памятников деревянного зодчества, в том числе методом воссоздания, в каждом отдельном случае различны и зависят от таких условий, как:

- степень сохранности памятника, его подлинности как исторического документа;
- наличие достаточного объема достоверных исторических материалов, авторских проектов, чертежей, иконографии – гравюр, портретов, карт, брошюр и пр.;
- выбор метода дальнейшего сохранения памятника, в том числе методом воссоздания (включая выбор материалов, соблюдение исторических технологий и пр.);

¹³Ушаков Ю. С. Деревянное зодчество русского Севера. С. 17–18.

¹⁴Ополовников А. В. Русский Север. М.: Стройиздат, 1977. С. 57.

¹⁵Орфинский В. П. Деревянное зодчество Карелии. Л.: Стройиздат, 1972. С. 22.

- определение функционального назначения сохраняемого памятника деревянного зодчества;
- определение способа воссоздания памятника – на прежнем месте, на новом, в музее под открытым небом или этнопарке;
- сохранение и/или восстановление исторической окружающей архитектурной среды, пейзажного вида (территории) в результате воссоздания памятника;
- исключение демонтажа поздних наслоений без предварительного глубокого изучения и исследования времени их появления, функционального и художественного значения.

Сохранение памятников архитектуры деревянного зодчества также возможно, в том числе и методом воссоздания при соблюдении ряда условий с целью обеспечения критериев ценности памятника.

В качестве сложностей и проблем в деятельности по сохранению памятников деревянного зодчества следует назвать утрату исторических технологий заготовки дерева, способов рубки, а также строительства. Современный строительный рынок не имеет потребности (в масштабах целого объекта) в качественно заготовленном материале – дереве, в его постоянном наличии ввиду широкого спектра современных, технологичных, доступных строительных материалов [13-15].

Потребность в развитии и востребованности сохранения памятников деревянного зодчества, включая их воссоздание, достаточно высока и особенно актуальна с учётом стремительной утраты этого «хрупкого наследия». Наиболее важным в этой деятельности является сохранение памяти, сохранение историко-культурного, архитектурно-градостроительного значения памятника в данной местности, его исторической самобытности, подлинности. Сохранение памятника в музее или этнопарке с перемещением его на новое место – это сохранение архитектурно-художественного значения памятника, стиля, эпохи. В случае сохранения или возвращения памятнику деревянного зодчества его былого функционального назначения повышается социальный аспект, культурная и туристическая привлекательность местности, музея, этнопарка.

Результаты рассмотрения исторических и современных примеров сохранения памятников традиционного деревянного зодчества позволили вывести классификацию методов сохранения (табл.).

Таблица

Классификация и особенности методов сохранения памятников деревянного зодчества

№ п/п	Метод сохранения	Характерные особенности метода сохранения	Условия методов сохранения
Сохранение методом воссоздания на прежнем месте:			
1.1	Частичное воссоздание в исторических конструкциях и материалах	- чаще всего работы называются реставрацией; - применение исторических материалов (породы дерева, материалы гидроизоляции и пр.); - технология работ по сохранению максимально приближена к исторической (топор, выдержка древесины, способы врубки и пр.);	- максимальная сохранность исторического памятника; - воссоздаются путем частичной замены в историческом материале – дереве – утраченные элементы, конструкции; - высокая научно-реставрационная ценность памятника;
1.2	Частичное воссоздание в новых конструкциях и материалах	- чаще всего работы называются реставрацией (реконструкцией); - сохранение подлинности исторических конструкций и материалов с воссозданием утрат путем «сигнации» – выделение материалами и фактурой новых элементов; - отсутствие исторических конструкций и материалов соответствующих параметров (диаметр, длина, порода дерева); - отсутствие достоверных сведений об исторических материалах или технологиях отдельных работ (покрытие кровли – тес, гонт; материалы гидроизоляции);	- максимальная сохранность исторического памятника; - воссоздаются путем частичной замены в новом материале утраченные, разрушенные элементы, конструкции (металлические балки, материалы покрытия кровли, гидроизоляционные материалы и пр.); - высокая научно-реставрационная ценность памятника;

Продолжение таблицы

1.3	Полное воссоздание в исторических формах, конструкциях и материалах	<ul style="list-style-type: none"> - способ сохранения предметного представления об утраченном памятнике; - воссоздание исторических форм памятника; - применение исторических материалов (породы дерева, материалы гидроизоляции и пр.); - технология работ по сохранению максимально приближена к исторической (топор, выдержка древесины, методы врубки и пр.); 	<ul style="list-style-type: none"> - наличие достаточных достоверных историко-архивных, иконографических материалов; - уникальность (единичность) памятника; - сохранность историко-архитектурной среды; - высокая научно-реставрационная ценность памятника; - высокая историко-архитектурная, градостроительная ценность разрушенного, утраченного памятника;
1.4	Полное воссоздание в новых конструкциях, но исторических формах и материалах (отделка)	<ul style="list-style-type: none"> - способ сохранения предметного представления об утраченном памятнике; - воссоздание исторических форм памятника; - частичное применение новых материалов (в конструкциях) и исторических материалов (некоторые конструкции, материалы отделки, покрытия, гидроизоляции и пр.); - технология работ в большей степени – современная, но имеет место и историческая (методы врубки, способ отделки стен и покрытия кровли, шатров и пр.)¹⁶ [14, 15]; 	<ul style="list-style-type: none"> - наличие достаточных достоверных историко-архивных, иконографических материалов; - сохранность историко-архитектурной среды; - высокая научно-реставрационная ценность воссоздаваемого памятника; - высокая историко-архитектурная, градостроительная ценность разрушенного или вовсе утраченного памятника;
2	Сохранение методом воссоздания на новом месте:		
2.1	Перемещение в музей под открытым небом, в этнопарк	<ul style="list-style-type: none"> - способ сохранения памятника; - воссоздание исторических форм, материалов и конструкций памятника; - применение сохранившихся исторических материалов (дерево, материалы покрытия кровли, шатров, глав, гидроизоляции и пр.) [14, 15]; - технология работ по сохранению максимально приближена к исторической (топор, методы врубки и пр.); - неизбежность утраты при перемещении материалов отделки, покрытия кровли, шатров, глав, гидроизоляции и пр. с последующим их воссозданием вновь в аутентичных материалах; 	<ul style="list-style-type: none"> - угроза утраты памятника; - высокая научно-реставрационная ценность памятника; - утрата историко-архитектурной среды;
2.2	Воссоздание вновь в музее под открытым небом, в этнопарке	<ul style="list-style-type: none"> - способ сохранения предметного представления об утраченном памятнике; - воссоздание исторических форм памятника; - частичное применение новых (в конструкциях) и исторических материалов (некоторые конструкции, материалы отделки, покрытия, гидроизоляции и пр.); - технология работ в большей степени – современная, но имеет место и историческая (методы врубки, способ отделки стен и покрытия кровли, шатров и пр.)¹⁷ [14, 15]; 	<ul style="list-style-type: none"> - наличие достаточных достоверных историко-архивных, иконографических материалов; - высокая научно-реставрационная ценность воссоздаваемого памятника; - утрата историко-архитектурной среды;
3.	Разборка с перемещением и полным воссозданием памятника вновь на историческом месте – экспонирование памятника		
	Разборка, перемещение и полное воссоздание памятника вновь на историческом месте	<ul style="list-style-type: none"> - «обратимость» памятников деревянного зодчества; - неизбежность утраты материалов отделки, покрытия кровли, шатров, глав, гидроизоляции и пр. при перемещении с последующим их воссозданием вновь в аутентичных материалах; 	<ul style="list-style-type: none"> - максимальная сохранность исторического памятника; - высокая научно-реставрационная ценность памятника;

¹⁶Суслова А. В., Славина Т. А. Владимир Суслов. Л. 1978. С. 37¹⁷Там же, с. 42

Заключение

В результате рассмотрения принципиальных подходов, методологии и предпосылок к воссозданию памятников деревянного зодчества или их утраченных элементов выявлены различия и индивидуальные особенности в каждом отдельном случае, при обязательном требовании научно обоснованного, документально подтвержденного подхода.

Значимость полученных выводов при рассмотрении способов и методов сохранения памятников деревянного зодчества состоит в выявлении относительного многообразия способов их сохранения, в том числе методом воссоздания.

Список библиографических ссылок

1. Синагога в Волпе. URL: <http://www.drewnopedia.pl/3,7,43,synagoga-w-wolpie.html> (дата обращения: 16.06.2018).
2. Galro. URL: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=962506&page=60> (дата обращения: 27.05.2018).
3. Norsk Folkemuseum. The DNT Cabin – Hovinkoia. URL: <https://norskfolkemuseum.no/en/the-dntcabin-hovinkoia> (дата обращения: 07.11.2017).
4. Ставкирки – каркасные деревянные церкви. URL: <http://yourwo.com/2011/02/stavkyrkje/> (дата обращения: 17.06.2018).
5. Muzeul Satului Maramureșean. URL: <http://www.muzeulmaramuresului.ro/> (дата обращения: 17.10.2017).
6. Яксляйнен А. Т., Козлов В. А. О повышении эффективности историко-архитектурных обследований памятников деревянного зодчества Заонежья : опыт музея «Кижь», проблемы и перспективы. Петрозаводск: Заонежье, 1993. 230 с.
7. Шатковская Е. Ф. Культурное наследие Кенозерья, как важный социальный фактор и ресурс развития территории. Москва – Ростов Великий. 2010. 199 с.
8. Кижь. Реставрация Преображенской церкви. Отчет 2013. URL: https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B_vfJ5pt0keOQ0w1U0k2dzhRWGc/ (дата обращения: 17.10.2017).
9. Чайникова О. О. Воссоздание зданий православных храмов в Санкт-Петербурге // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 1 (60). С. 61–71.
10. Деревянное зодчество. Выпуск IV. Новые материалы и открытия. М.-СПб. : Коло, 2015. 352 с.
11. Проблемы исследования, реставрации и использования архитектурного наследия Российского Севера : Межвузовский сборник / Петрозаводск, 1991. 184 с.
12. Пруцын О. И., Рымашевский Б., Борусевич В. Архитектурно-историческая среда. М. : Стройиздат, 1990. 408 с.
13. Малков Я. В. Древнерусское деревянное зодчество. М. : Муравей, 1997. 208 с.
14. Попов А. Конструкции русских деревянных сооружений XVII-XVIII веков. Ферапонтово, 2007. 53 с.
15. Возняк Е. Р., Горюнов В. С., Семенцов С. В. Архитектура православных храмов на примере храмов Санкт-Петербурга. СПб. : СПбГАСУ, 2010. 80 с.

Chainikova Olesya Olegovna

post-graduate student

E-mail: restavr2015@gmail.com

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

The organization address: 190005, Russia, Saint Petersburg, 2 Krasnoarmeyskay st., 4

The evolution of preservation of monuments of traditional wooden architecture

Abstract

Problem statement. The aim of the study is to examine the evolution of activity on preservation of monuments of wooden architecture, including the method of reconstruction. To

identify the methods and techniques of preservation of wooden structures by our ancestors, as well as the significance of the restored monuments in different periods.

Results. Main results of the study consist of identifying the possibility of recreating monuments of wooden architecture with a certain degree of authenticity. The classification of the main methods of preservation of monuments of wooden architecture, including the method of reconstruction is identified. The criteria influencing the choice of the method of preservation of the monument, including the reconstruction, are revealed.

Conclusions. The significance of the results for modern architecture and restoration activities is to establish the needs of society in the reconstruction of the once existing monuments of wooden architecture, in the definition of variant forms and methods of their reconstruction. Analysis of examples of recreated monuments of wooden architecture led to the development of the classification of methods of preservation of monuments, identifying features and conditions that justify the possibility of using each method of preservation, as well as the main criteria for assessing the value of the recreated monuments.

Keywords: the restoration, the rebuilding, the reconstruction, the Museum under the open sky, ethno-Park, wooden architecture, wooden architecture monuments.

References

1. Synagogue in Wolpie. URL: <http://www.drewnopedia.pl/3,7,43,synagoga-w-wolpie.html> (reference date: 16.06.2018).
2. Galro. URL: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=962506&page=60> (reference date: 27.05.2018).
3. Norsk Folkemuseum. The DNT Cabin – Hovinkoia. URL: <https://norskfolkemuseum.no/en/the-dntcabin-hovinkoia> (reference date: 07.11.2017).
4. Stavkirke – frame wooden Church. URL: <http://yourwo.com/2011/02/stavkyrkje/> (reference date: 17.06.2018).
5. Muzeul Satului Maramureşean. URL: <http://www.muzeulmaramuresului.ro/> (reference date: 17.10.2017).
6. Yakslainen A. T., Kozlov V. A. On enhancing the effectiveness of the historical-architectural survey of monuments of wooden architecture of Karelia: experience of the Museum «Kizhi», problems and perspectives. Petrozavodsk : Zaonezh'e, 1993. 230 p.
7. Shatkovskay E. F. Cultural heritage Kenozeriay as an important social factor and resource of development of the territory. Proceedings of the International scientific-practical conference. Moscow – Rostov The Great. 2010. 199 p.
8. Kizhi. Restoration of the Preobrazhenskaya Church. Report 2013. URL: https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B_vfJ5pt0keOQ0w1U0k2dzhRWGc (reference date: 17.10.2017).
9. Chainikova O. O. Reconstruction of buildings of Orthodox churches in Saint Petersburg // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2017. № 1 (60). P. 61–71.
10. Wooden architecture. Issue IV. New materials and discoveries : M.-SPb. : Colo, 2015. 352 p.
11. Problems of research, restoration and use of architectural heritage in the Russian North: interuniversity collection / Petrozavodsk, 1991. 184 p.
12. Prusin O. I., Rymashevsky B., Borusevich V. Historical and Architectural environment. M. : Stroyizdat, 1990. 408 p.
13. Malkov Y. V. Old Russian wooden architecture. M.: Muravey, 1997. 208 p.
14. Popov A. construction of Russian wooden buildings of XVII-XVIII centuries. Ferapontovo, 2007. 53 p.
15. Vozniak E. R., Goryunov V. S., Sementsov S. V. Architecture of Orthodox churches on the example of the churches of Saint Petersburg. SPb. : SPSUACE, 2010. 80 p.



УДК 72.03

Брундукова Виктория Александровна

архитектор

E-mail: alvika001@gmail.com

ООО «NVStroi»

Адрес организации: 420059, Россия, г. Казань, ул. Ботаническая, д. 10

Денисенко Елена Владимировна

старший преподаватель, кандидат архитектуры

E-mail: e.v.denisenko@bk.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Принципы формирования образовательных центров

Аннотация

Постановка задачи. Образовательное пространство – крупнейший центр в формировании городской среды, который играет значительную роль в социальной и культурной жизни города. Цель статьи – описание характерных признаков, приемов и схем организации архитектурного пространства современных образовательных центров в структуре города.

Результаты. Проведение анализа теоретических исследований позволило раскрыть ряд принципов образовательных потребностей в формировании архитектурной среды с целью дальнейшего внедрения выявленных принципов при проектировании образовательного центра; определить структуру, взаимосвязь городского пространства и формирование образовательных пространств.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении принципов архитектурно-пространственной организации подобных комплексов или отдельных образовательных пространств, которые формируют основу проектирования элементов образовательных центров в структуре города.

Ключевые слова: образовательный центр, планировочная структура, образовательное пространство.

Введение

Первоочередная задача для России в сфере образования – повышение уровня образованности населения как фактора конкурирующей страны и общества в целом. В связи с данным фактором логично, что система преподавания должна соответствовать современным стандартам, нормам и мировому уровню. Исследования различных российских архитекторов в сфере проектирования образовательных объектов свидетельствуют о том, что возникает потребность сформулировать основные архитектурно-планировочные критерии формирования образовательных центров, создание которых основывается на базе высших учебных заведений. Многие высшие учебные заведения переходят на трехступенчатую структуру обучения, в этой связи, функционально-планировочная организация в городском пространстве – актуальная область формирования учебно-научной и организационной базы образовательного процесса.

Роль образовательных центров в городском пространстве

Одним из основных критериев проявления качественно сформированной городской среды – уровень общественных потребностей, решаемый на региональном, архитектурном и градостроительном уровнях [1]. Городские сооружения и здания, городская среда, пространственные формы распределения функциональных зон создают материальную основу реализации такого рода потребностей. Следовательно, формирование образовательных центров в структуре городского пространства – мощное средство социального управления обществом.

В этой связи, актуальность проектирования образовательных учреждений проявляется посредством проектирования и реализации модели комплекса

образовательных центров в рамках соответствия функционально-планировочной пластичности объекта и его прилегающей среды, индивидуальность и оригинальность в создании уникального архитектурного облика городского пространства с учетом требований к организации архитектурной среды и к современным тенденциям.

В настоящее время организация территориально-пространственных образовательных центров скоординирована с установлением территориальных взаимосвязей, разделением социально-общественных функций, расположенных между собой пространств и комплексов различного назначения. Общественный центр в городском пространстве характеризуется следующими признаками:

- масштабность, взаимодействие человека с проектируемым пространством с учетом общих пропорций, производящих впечатление простора или замкнутости данной площадки;
- расположение, которое влияет на чувство цельности или разделения, фокусирует внимание при восприятии;
- взаимодействие ограждающих пространств и разрывов между ними, определяют связи данной площадки с городской структурой и прилегающими территориями.

Характер образовательного центра в структуре городского пространства, его динамика и тенденции развития носят сложный многоплановый характер. На данный момент социальное образование уходит от единообразия в сторону вариативности. В старом здании современному уровню преподавательской деятельности становится «тесно», в связи с этим, многие школы стремятся соответствовать новым принципам организации архитектурного пространства – стать более открытыми, трансформируемыми и многофункциональными.

Принципы формирования образовательных центров

На основе анализа зарубежного опыта проектирования школ выявлены принципы, применяемые при проектировании образовательного пространства:

1. Трансформируемость планировочной структуры: способность к изменению размеров необходимого пространства в зависимости от количества обучающихся и необходимой функции пространства (передвижные перегородки); возможность изменение учебного пространства в малое, среднее и большое по принципу «ученик – группа – класс – поток»;

2. Сценарность и модульность использования уровней/этажей школьного пространства. Каждый функциональный блок формирует отдельный объем с возможностью быстрого доступа с помощью галерей. Например, разделение научного блока (лаборатории и библиотека), творческого блока (мастерские и музыкальные классы) и спортивного блока. Сценарность также может быть выражена в перемещении детей по вертикальным и горизонтальным коммуникациям; наличии пространственного ядра – многофункционального общего пространства для всех учащихся; формировании крупных функционально-планировочных зон: классов-студий, помещений для конференций и т.п.;

3. Уникальность архитектурного образа образовательного учреждения. Трансляция художественного образа школы: характеристики пространства на интуитивном уровне идентифицируются как пространство образования, развития, творчества, просвещения.

4. Экологичность и энергоэффективность. Использование современных технологий энергосберегающих систем и экологически чистых материалов способствует формированию нравственно-экологического императива.

5. Разнообразный дизайн школьного пространства. Цветовая гамма, высота потолка в помещениях влияет на готовность детей работать вместе. Эргономика: кроме принятых норм удобства, комфорта и здоровья, необходима «сомасштабность» формы мебели возрасту обучающегося.

Одна из основных особенностей при создании интерьера заключается в том, что интерьер активно взаимодействует с человеком, который в нем находится. Активно взаимодействуют с людьми только три, ниже приведенных, уровня здания: витрины, входные зоны, открытые торговые точки и другие объекты общественного назначения. Организация пространства для обеспечения жизнедеятельности человека составляет внутреннюю композицию интерьера. Интерьер формируется единством оформления декоративного аспекта и предметным наполнением. Экстерьер создает полное ощущение

комплексности и завершенности объекта, как с точки зрения визуального аспекта, так и функционального предназначения.

Архитектурная среда образовательного центра в структуре городского пространства неразрывно связана с деятельностью предметно-пространственного каркаса. Следовательно, при планировке общеобразовательного центра необходимо соблюдать ряд требований:

1. Социально-общественные требования – сосредоточение в общеобразовательном центре на проектируемой территории всей общественной жизни населения;
2. Функциональные требования – разнообразные услуги, предоставляемые населению культурно-бытовыми объектами, объектами торгового назначения и общественными учреждениями;
3. Требования градостроительного аспекта – доступное взаимодействие центра со всеми структурными элементами комплекса поселения и внешней средой;
4. Требования художественного аспекта – приоритетное участие при создании выразительного архитектурного облика всего городского пространства.

Основные критерии функционального состава образовательного центра

В учебных комплексах, а также отдельных учебных учреждениях необходимо учитывать развитие триединства различных профессиональных образовательных учреждений – практика, учеба, обслуживание, формирующие структурную основу учебного комплекса. Структурная модель развития комплекса учебных заведений (рис. 1) демонстрирует, сложное разветвление взаимодействий образовательных учреждений.

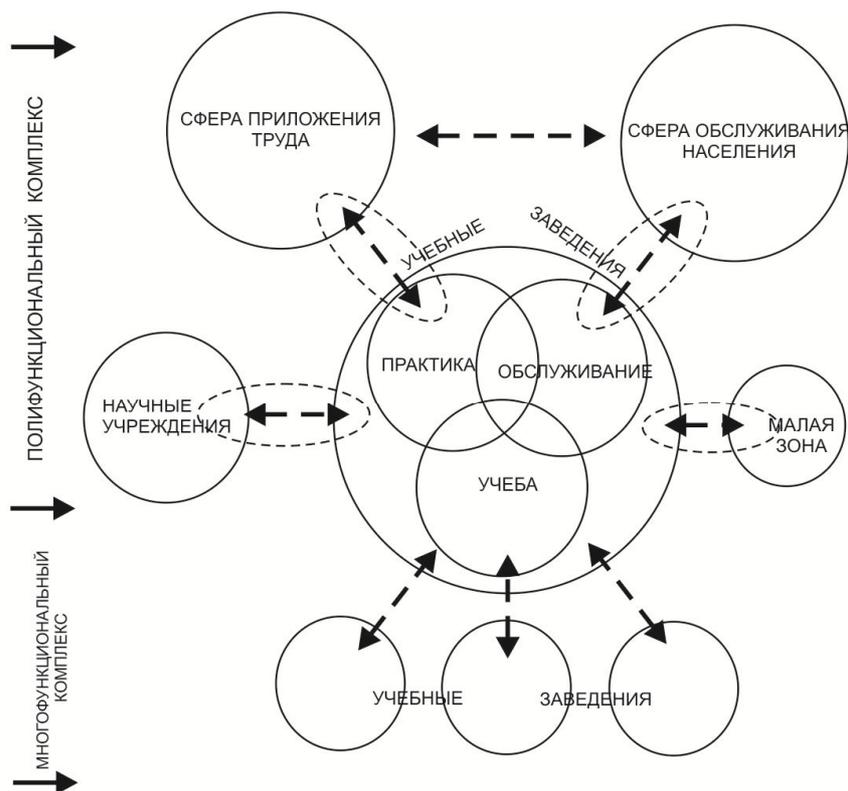


Рис. 1. Модель структурного развития комплекса учебных заведений

Исходя из данной структурной модели, важно выделить три основных типологические группы:

- группа I – монофункциональные учебные комплексы, в их состав входят только учебные учреждения;
- группа II – полифункциональные комплексы, в их состав входят: научные учреждения, производственные предприятия, а также учебные учреждения;

- группа III – обслуживающие предприятия [2].

Под архитектурой образовательных учреждений подразумевается комплекс помещений, которые напрямую связаны с процессом преподавания и обучения теоретическим навыкам и знаниям – лаборатории, помещения для проведения лекций, аудитории для проведения групповых занятий, библиотека. Терминологическое понятие «практика» включает в себя изучение проектной составляющей зданий и помещений, которые предназначены для изучения практических занятий (мастерские, цехи и лаборатории) и профессиональных знаний. Под это понятие попадает: концертные залы, помещения под учебные театры, аудитории консерваторий – в культурной отрасли; клиники и лаборатории – в медицине; здания детских садов, школ и других учреждениях базового уровня. Функции обслуживания в образовательных учреждениях осуществляются по средствам специально оборудованных помещений, которые располагаются при образовательных учреждениях – в зданиях, предназначенных для функции общепита, бытового и медицинского обслуживания, развитие культурного направления и отдыха [3].

На основании данной модели автор рассмотрел несколько схем общественных центров на территории городского пространства.

Структура взаимосвязи города и образовательного пространства

Центры с административно-общественным назначением должны иметь пешеходную связь с общеуниверситетскими зданиями, а также взаимосвязь с учебными корпусами и с близлежащими остановками городского транспорта [4]. В крупных учебных заведениях, состоящих из нескольких зданий и объединённых в целый комплекс (кампус, учебный городок) необходимо размещать все значимые общественные учреждения вокруг общинститутского форума (места массового проведения торжественных мероприятий). Схемы принципиального расположения системы общественных центров в высших учебных заведениях различного масштаба представлены на рис. 2.

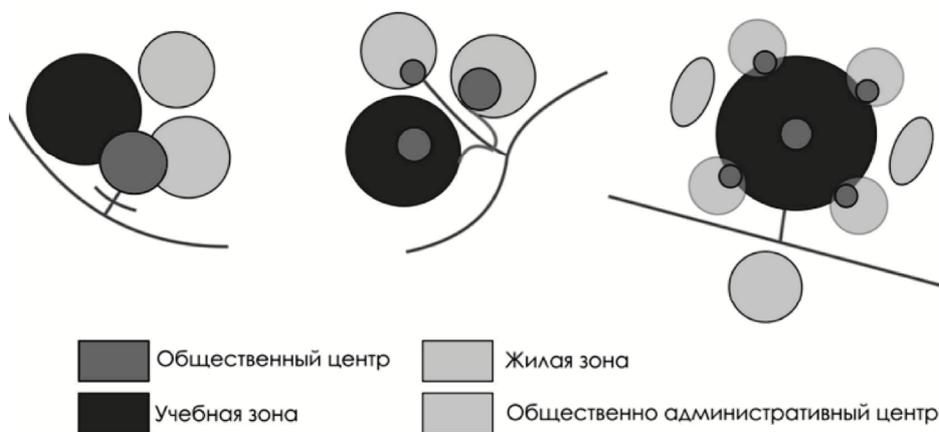


Рис. 2. Построение системы общественных центров высших учебных заведений.
Проектирование учебных комплексов и центров

При проектировании с расчетным числом учащихся до 1550 человек зону физического развития (спорт комплексы, площадки) рекомендуется сгруппировывать с зонами спортивных комплексов других образовательных учреждений (высших и средне специальных), соблюдая расстояние пешеходной доступности от основной учебной зоны и предполагаемого переноса спроектированного учебного объекта.

Одним из главных условий при проектировании образовательных учреждений и комплексов – изолированность территории от шума исходящих от городского транспорта [6], транзитных потоков городского транспорта и возможным пересечением территориального развития другого направления (рис. 3).

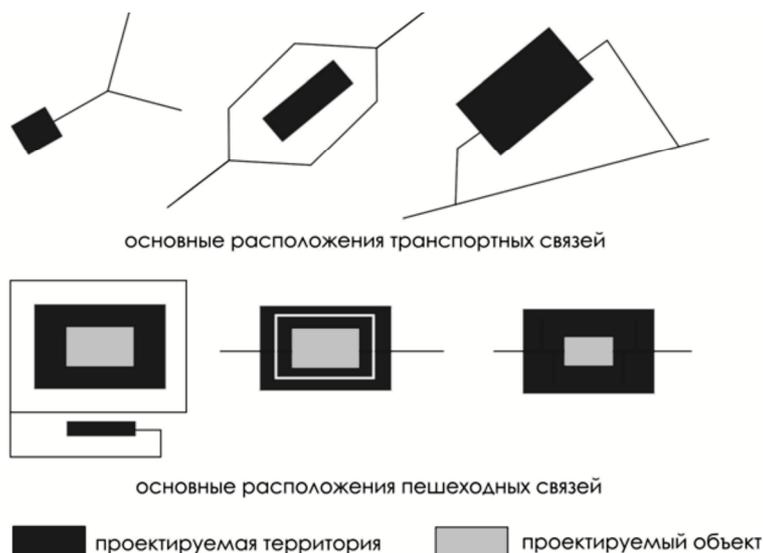


Рис. 3. Схемы организации транспорта на территории общеобразовательного центра

Существуют примеры, показывающие, как транзитная магистраль разделяет территорию студенческого городка на две основные части: жилую и учебную (например, Кампус Копенгагенской школы бизнеса – расширение). Данное решение взаимодействия встречается обычно в масштабных комплексах образовательных учреждений (университетах, технических высших учебных заведениях), не нарушая целостности учебно-научной зоны.

Таким образом, архитектурная среда образовательного центра в структуре проектирования территории в городском пространстве – важнейшее условие для осуществления учебно-воспитательной деятельности населения.

На уровне градостроительного проектирования предполагается:

- расширение сети образовательных центров и создание просторного диапазона изменчивости и доступности образовательных центров благодаря разнообразному рабочему режиму образовательных центров и вариантов их расположения в структуре города (встроенные или стоящие отдельно, пристроенные, встроенные), присоединение образовательных центров в систему социально значимых центров города;
- эстетическое повышение архитектурных свойств здания и создание необходимых условий для защиты экологии при проектировании и функционировании образовательных центров [7];
- создание условий безопасности в образовательном центре, а также на его территории;
- создание динамичного развития на прогулочном участке с дидактической функцией;
- внедрение дополнительных функциональных образовательно-просветительских объектов на территории прилегающего образовательного учреждения.
- формирование городских улиц по принципу организации многофункциональных мостов, таких как: мост-улица, мост-бульвар, мост-здание, мост-площадь [8].

Принцип взаимодействия архитектурного и градостроительного образовательно-просветительского пространства

Образовательное пространство делится на две основные типологии:

1. Субстационарный (то есть, образовательное пространство доминирует среди «пользователей» услугами систем образовательно-просветительской функцией);
2. Реляционный набор функциональной системы образовательного центра (влияющий) на соотношение связей макро- и микро- сред образовательно-просветительского пространства.

Первый тип отражает метафизический процесс (это процесс оказания воздействия окружающей среды на человека равным счетом так же, как и человек оказывает воздействие на окружающее пространство) на образовательно-просветительское

пространство/среду; второй – диалектическую («спор» между образовательным учреждением и образовательно-просветительским пространством) [9].

Пространственное восприятие основывается на потенциальных или реальных, но мысленно продуманных событиях образовательно-просветительского процесса. События можно классифицировать, относить к различным типам:

1. Отсутствие участия в образовательном пространстве. Пассивность получения знаний не несет за собой активное участие или соучастие в просветительском процессе, что влечёт за собой организацию «пассивной деятельности» образовательно-просветительской среды. Формирование взаимодействий архитектурного и градостроительного аспекта образовательно-просветительского пространства и образовательного центра проявляется посредством информационных сетей, ярко выраженных и открытых функций образования как арт объектов, так и создание целостной композиции на конкретной территории.

2. Пассивное соучастие. Процессе нахождения в образовательно-просветительской среде с целью культурно развлекательного аспекта, создание сети просветительского пространства посредством развлечения [10].

3. Активное участие в получении информации с целью общего развития, как образовательной среды, так и личностных качеств, желание человека приводит к более глубокому процессу изучения предмета значения посредством размещения локальных точек образовательно-просветительского процесса [11]. Формирование взаимодействий архитектурного и градостроительного аспекта образовательно-просветительского пространства и образовательного центра выражается посредством коммуникационных связей, визуального аспекта и системы расположения функционального значения посредством размещения локальных точек образовательно-просветительского процесса.

Заключение

Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в развитии видов проектирования образовательных центров, наличии внутриквартальных центров с развитием комплексом социальных функций в системе городского пространства. Необходимо перейти от «школы-завода», где царит конвейерная и безликая атмосфера, к «школе-парку», в котором подразумевается, что каждый человек – автор своей жизни. Дружелюбный дизайн и привлекательные внутренние пространства повышают желание детей находиться в образовательном учреждении и способствовать их мотивации к учебе.

Список библиографических ссылок

1. Цвечиц А. В. Образовательный комплекс – комплекс новых возможностей // Архитектон. 2012. № 27. С. 38–42.
2. Глазгачев В. Л. Архитектура: энциклопедия. М. : Дизайн. Информация, 2002. 680 с.
3. Пучков М. В. Архитектура в эпоху информационных технологий // Архитектон известия ВУЗов. 2006. № 36. С. 118–125.
4. Квентин П. Р. The Architects' Handbook // Blackwell Science Ltd Reprinted 2003. С. 72–78.
5. Ламехова Н. В. Психология восприятия как формообразующий фактор в архитектуре // Архитектон известия ВУЗов. 2009. № 42. С. 158–163.
6. Колясников В. А. Теория градостроительства: современные направления и концепции. Екатеринбург, 2003. 322 с.
7. Вагнер Е. А. Процессы урбанизации и развитие пешеходных коммуникаций (на примере формирования городов центральной Европы, России и планировочных зон) // Архитектон. 2012. № 17. С. 38–46.
8. Покка Е. В., Агишева И. Н. Влияние социально-градостроительных факторов на формирование полифункциональных пешеходных мостов // Приволжский научный журнал, 2013. № 1. С. 101–106.
9. Нойферт Э. Architects' Data, – third editions // Лондон. 2002. № 38. С. 24–45.
10. Школа Дар-эль-Марефа // Elcroquis – RCR Arquitectes. 2017. № 190. С. 210–216.
11. Архитектура и конструктивные детали // Detail – Concept: structures. 2018. № 3. С. 88–94.

Brundukova Victoria Alexandrovna

architect

E-mail: alvika001@gmail.com**LLC «NVStroi»**

The organization address: 420059, Russia, Kazan, Botanicheskay st., 10

Denisenko Elena Vladimirovna

senior lecturer, candidate of architecture

E-mail: e.v.denisenko@bk.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

Principles of the formation of educational centers**Abstract**

Problem statement. The educational space is the largest center in the formation of the urban aspect, which plays a big role in the social and cultural life of the city. The purpose of the article is to describe the characteristic features, methods and schemes of the organization of the architectural space of modern educational centers in the structure of urban space.

Results. The analysis of theoretical research has made it possible to identify a number of principles of educational needs in architecture, for the purpose of its further use in the design of an educational center. Identify the structure and interconnection of urban space and the formation of educational spaces.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture in identifying the principles of the architectural and spatial organization of such complexes or separate educational spaces that can form the basis for the design of fragments of educational centers in the urban space system.

Keywords: educational center, planning structure, educational space.

References

1. Tsvetiche A. V. Educational complex, – a complex of new opportunities // *Architecton*. 2012. № 27. P. 38–42.
2. Glazychev V. L. *Architecture: encyclopedia*. M. : Design. Information. 2002. 680 p.
3. Puchkov M. V. Architecture in the Information Technology Age *Arkhitekton izvestiya VUZov*. 2006. № 36. P. 118–125.
4. Quentin P. R. *The Architects' Handbook* // First published 2002 by Blackwell Science Ltd Reprinted 2003. P. 72–78.
5. Lamekhova N. V. Psychology of Perception as a Form-Forming Factor in Architecture // *Arkhitekton izvestiya VUZov*. 2009. № 42. P. 158–163.
6. Kolyasnikov V. A. *Theory of Urban Development: Modern Directions and Concepts*. Ekaterinburg, 2003. 322 p.
7. Wagner E. A. Processes of urbanization and development of pedestrian communications (on the example of the formation of cities in central Europe, Russia and planning zones) // *Architecton*. 2012. № 17. P. 38–46.
8. Pokka E. V., Agisheva I. N. Influence of socio-urban factors on the formation of polyfunctional pedestrian bridges // *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal*. 2013. № 1. P. 101–106.
9. Neufert E. *Architects' Data*, – third editions // London. 2002. № 38 P. 24–45.
10. *School Dar-el-Maref* // *Elcroquis – RCR Architectes*. 2017. № 190. P. 210–216.
11. *Architecture and structural details* // *Detail – Concept: structures*. 2018. № 3. P. 88–94.

УДК 721.012

Федан Анастасия Николаевна

ассистент

E-mail: fanarhitect@gmail.com

Сибирский федеральный университет, институт архитектуры и дизайна

Адрес организации: 660041, Россия, г. Красноярск, Свободный пр., 82, стр. 6

Открытые общественные пространства в структуре архитектурных объектов

Аннотация

Постановка задачи. Определить тенденции взаимодействия открытых общественных пространств и пространств, входящих в структуру архитектурных объектов.

Результаты. Анализ перетекания открытых общественных пространств на примере реализованных и проектных решений позволяет выявить общие тенденции и особенности возникающего взаимодействия городской среды и архитектуры. Определены основные типы взаимодействия и особенности расположения общественных пространств в составе зданий.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в фиксации и раскрытии явления перетекания и взаимодействия открытых общественных пространств города с общественными пространствами как элементами архитектурного сооружения.

Ключевые слова: открытое общественное пространство, внутренняя структура объекта, архитектурное сооружение, сценарий перемещения, пространственная связность, объемно-пространственная организация.

Введение

Типология объектов современной архитектуры обширна: появляются новые задачи, новые запросы и новые технологии. Как реакция, возникают здания с новой функциональной организацией. Все чаще запрос на проектирование не однозначен: появляются театры, библиотеки, музеи, которые помимо своей основной функции могут выполнять целый ряд дополнительных функций. Архитектура реагирует на изменения в обществе и в структуре города [1-4]. Она усложняется, становится более многогранной и многоликой.

Основными компонентами архитектурной композиции любого здания являются его внешний объем и внутреннее пространство, которые вместе образуют объемно-пространственную структуру сооружения. При принятии проектных решений архитектор руководствуется функциональным назначением объекта, контекстом места и своим художественным видением. Однако, в современной архитектуре отчетливо проявляется тенденция, при которой традиционное структурное построение архитектурного сооружения дополняется третьим элементом – открытым общественным пространством, которое подчинено закономерностям формообразования и является композиционным элементом объекта. Это пространство определяется геометрией ограждающих конструкций – опор, ограждений, перекрытий и покрытий, делая его неотъемлемой частью общей структуры сооружения. Проявление такой тенденции достаточно заметно, т.к. большое количество зданий по всему миру демонстрирует такую трехчастную структуру.

Открытые общественные пространства в структуре современных зданий

Примером может послужить новое здание банка Landsbankinn в Рейкьявике. Здание банка располагается в прибрежной части общегородского центра на одной из городских магистралей. Это прогулочная зона с возможностью выхода к воде и в городской парк. Здание банка реагирует не столько на изгиб улицы, сколько на направление пешеходных потоков между парком и пирсом на набережной (рис. 1). Объем сооружения формируется четырьмя отдельными блоками разной формы и этажности со сдвижкой относительно оси улицы. Эта сдвижка образует пространственный узел, который является передаточным звеном в системе общественных пространств в этой части города.

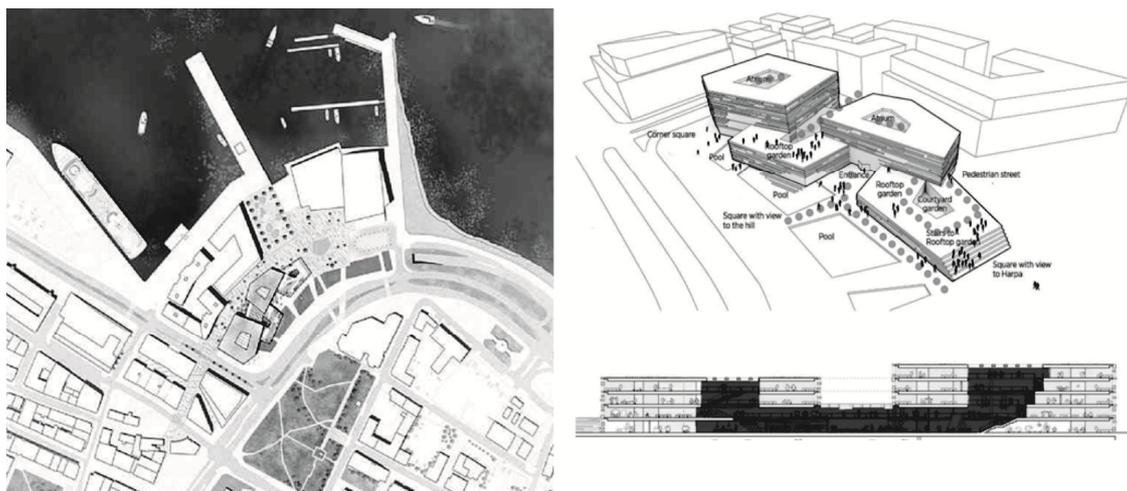


Рис. 1. Банк Landsbankinn в Рейкьявике. Бюро С. F. Møller и Arkthing.
(Источник: <https://archi.ru/world/78086/povsednevnyaya-dostoprimechatelnost/>)

Что бы сделать привлекательным и удобным пешеходное перемещение в заданном направлении, через здание банка организованы сквозные проходы – своеобразное продолжение улицы в структуре сооружения. Здесь весь первый этаж отдан под общественные функции и посетителем может стать любой прохожий. Служебные помещения банка располагаются на верхних этажах. В каждом из блоков здания есть атриум – как источник дополнительного освещения и как внутреннее общественное пространство. Большая часть кровли отдана под зеленые зоны, открытые для публичного доступа. Таким образом, открытое общественное пространство пронизывает весь объем здания банка, реагируя на средовой запрос, помогает сохранить пешеходный характер улиц, разнообразить сценарии передвижения и времяпровождения горожан. Благодаря такому решению здание активно участвует в уличной жизни и стимулирует активные общественные проявления в этой части города.

Комплекс музея современного искусства в Осло – музей Аструп-Фернли – расположен в новом районе Тьювхольмен на конце насыпного мыса, который достаточно далеко выдается в воды фьорда и входит в структуру вновь сформированной набережной в этой части города. Архитектурное развитие сооружения происходит вдоль оси новой пешеходной зоны, протянувшейся от причальной платформы на крайней точке набережной, до застройки на материке (рис. 2). Комплекс включает в себя художественный музей с десятью выставочными залами, культурно-развлекательный центр и офисный блок. Линейная планировочная схема комплекса строится на системе продольных и поперечных пешеходных проходов. Планировочной осью, по сути, является водный канал, который пронизывает сооружение и делит его на две неравные части, соединенные пешеходными мостиками. С восточной стороны на набережной расположены небольшой парк, сад скульптур, устроен пляж. Сюда выходят помещения музейного кафе с террасой под навесом. С западной стороны, на пешеходной части улицы расположена небольшая площадь с лестницей-театром, принимающая потоки из музея.

Таким образом, на прилегающих к сооружению территориях, сформирована система общественных пространств, являющихся естественным продолжением существующих пешеходных связей. Музей, тем самым, вовлечен в активную городскую жизнь, привлекая внимание не только ценителей искусства, но и прохожих, жильцов близ расположенных домов и работающих неподалеку горожан. В результате город получил нечто большее, чем многофункциональный общественный центр – появилось место средоточия городской жизни в природном окружении [1].

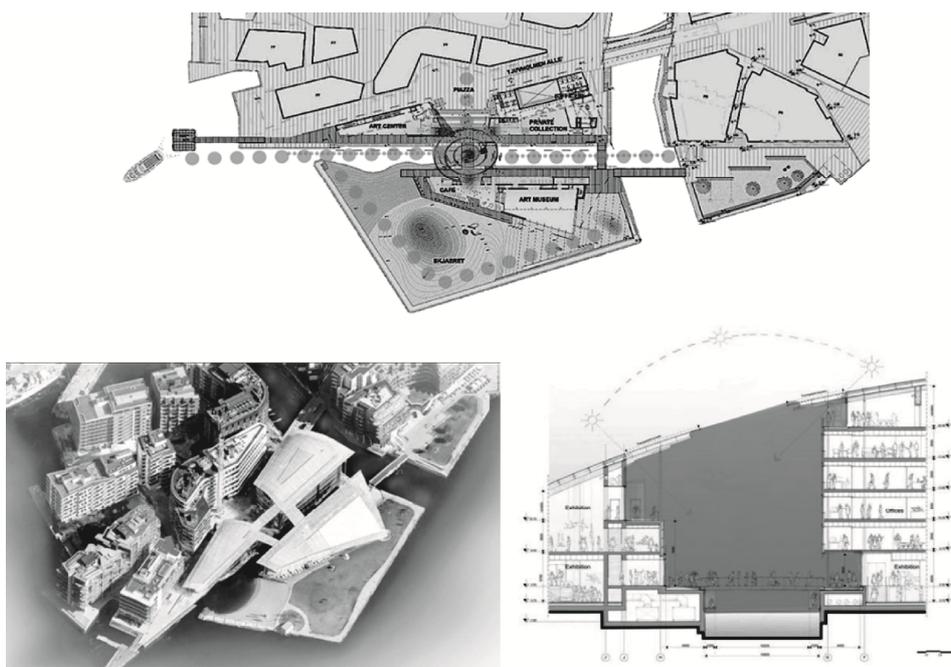


Рис. 2. Музей современного искусства Аstrup-Фернли в Осло. Ренцо Пьяно.
(Источник: <https://archi.ru/projects/world/6886/muzei-sovremennogo-iskusstva-astrup-fernli/>)

Особый интерес вызывает здание центрального рынка в Роттердаме (рис. 3). Здесь в одном объеме соединились рынок, кафе, рестораны, отель, супермаркет, парковки и жилые квартиры. Арка перекрытия рынка – это 12-этажный жилой дом на 250 квартир. Под арочной формой здания находятся десятки прилавков-павильонов продовольственного рынка. После окончания рыночной торговли, пространство под аркой превращается в «городскую гостиную» с открытыми вечером нижними ярусами здания, которые заняты продовольственными магазинами, ресторанами и кафе.

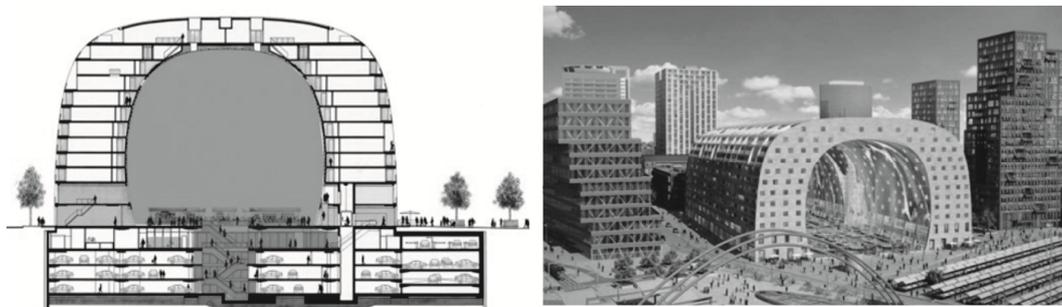


Рис. 3. Маркетхолл в Роттердаме. MVRDV.
(Источник: <http://www.archfacade.ru/2011/02/centralnyj-rynok-v-rotterdam.html>)

Примечательна отделка внутренней стены рынка – на нее нанесена картина современных художников «Рог изобилия» с изображением рыночной снеди и цветов. Здание снаружи, как и площадь вокруг него, облицованы серым камнем: он служит нейтральным фоном для буйства цвета внутри. С торцов сооружение закрыто стеклянными витражами, которые позволяют, максимально использовать естественное освещение и визуально связать интерьер рынка с окружением. Он стал не только местом для покупок, но и привлекательным городским пространством. Удалось создать посещаемое, притягивающее к себе людей место: тело арки – это квартиры, а пространство внутри – это место торговли, развлечений и пешеходного транзита. Городская площадь при этом стала оживленной и привлекательной. Этот пример показывает, что визуально организованное перетекание общественного пространства может быть эффективным.

Перетекание городского общественного пространства может иметь место и в небольших архитектурных сооружениях. Примером служит магазин Apple на Мичиган-авеню в Чикаго. Здание магазина расположено на перепаде высот, – между площадью Пайонир-корт, которая целиком принадлежит интенсивной городской среде и набережной реки, где преобладает размеренность, покой и медленное движение. Этот объект со стеклянными стенами выполняет скорее роль городского пространства, нежели свою непосредственную функцию. Визуальная граница между внешним окружением и интерьером магазина практически исчезает. Стеклянные наружные стены организуют пространственную связность элементов площади и набережной (рис. 4).

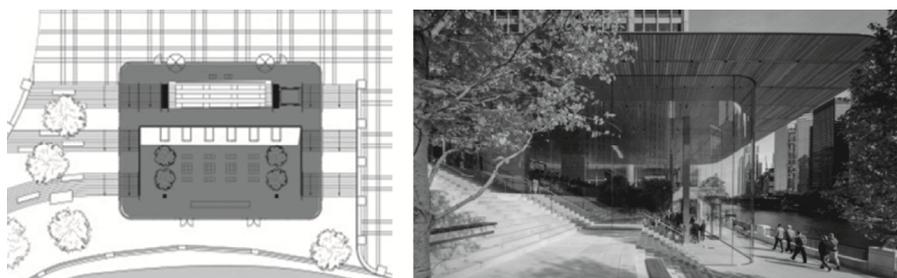


Рис. 4. Магазин Apple на Мичиган-авеню в Чикаго. Норман Фостер и партнеры.
(Источник: <https://www.archdaily.com/882147/apple-store-michigan-avenue-chicago-foster-plus-partners/>)

Здание со стороны площади имеет всего один этаж и лестницы по бокам, что в масштабах многоэтажных зданий поблизости воспринимается естественным продолжением площади и обеспечением спуска к воде. Выстраивается связка города с набережной. Под торговлю непосредственно отдано меньше половины общей площади. Торговые помещения спрятаны в глубине здания на уровне набережной. Ближе к реке организовано пространство с лавками и столами – здесь можно отдохнуть, полюбоваться рекой, заняться работой или учебой. В этом объекте внутреннее общественное пространство служит связующим звеном между интенсивным городом и спокойной рекой, давая человеку возможность перестроиться и подготовиться к новой обстановке. Таким образом, внутреннее пространство магазина является буферной зоной, пространством-связкой, которое и обеспечивает перетекание общественных пространств в этом месте.

Открытое пространство в структуре общественного здания может возникнуть и в отрыве от поверхности земли. В этом случае оно становится камерным и имеет особые связи со структурой здания. Такую ситуацию можно наблюдать при изучении архитектуры Эльбской филармонии в Гамбурге. В здании, помимо концертных залов, разместился пятизвездочный отель, жилые апартаменты, ресторан, фитнес-центры и конференц-залы. Здание состоит из 2 частей: нижняя часть – кирпичная историческая, здесь размещались складские помещения; верхняя – новый объем, в котором размещается непосредственно филармония (рис. 5). На стыке этих двух частей возникло общественное пространство, с открытыми террасами и обзорными площадками, сюда может попасть любой желающий. На этом этаже так же размещены бары, рестораны, магазинчики с сувенирами, кассы и вход в фойе филармонии.



Рис. 5. Филармония в Гамбурге. Herzog & de Meuron.
(Источник: <https://hqroom.ru/mnogofunktsionalnyi-kompleks-elbphilharmonie-v-gamburge.html/>)

Публичный доступ организован так же на кровлю здания: здесь разместились небольшие обзорные площадки, позволяющие человеку отдохнуть, оглянуться, полюбоваться видами, собраться с мыслями. Здесь мы видим, что основная задача открытого пространства состоит в организации визуальных связей с окружающими городским и речным пейзажами. Таким образом, это здание, кроме культурной миссии, исполняет роль общественного пространства особого вида.

Как показывает пример Биомедицинский института Фрэнсиса Крика в Лондоне, открытое общественное пространство может существовать и в научно-исследовательском учреждении. Новое здание института расположилось по соседству с вокзалом Сент-Панкрас и комплексом Британской библиотеки. Оно призвано демонстрировать потенциал лаборатории как общественного сооружения, привлечь к себе внимание туристов, поддержать научные интересы и начинания. На первом этаже устроены две «улицы», куда выходят аудитория для публичных лекций, выставочное пространство, кафе и вход в учебную лабораторию. На остальных этажах размещены лаборатории и кабинеты исследователей. Помещения сгруппированы в четыре блока, разделенных «улицей» и пересекающим ее атриумом (рис. 6). Созданные в результате визуальные связи между разными частями здания и широкие возможности межличностных контактов должны способствовать успешной исследовательской работе, основанной на общении между специалистами разных направлений.



Рис. 6. Биомедицинский института Фрэнсиса Крика в Лондоне.
(Источник: <http://www.plparchitecture.com/the-francis-crick.html/>)

Эти «улицы» первого этажа имеют хорошее освещение, они хорошо воспринимаются, каждая из них имеет явно выраженное начало и конец. У главного входа организовано уличное пространство: озеленение, элементы городского дизайна, удобные подходы к пешеходным переходам.

Различное функциональное назначение находит прямое отображение во внешнем облике: разный масштаб детализации элементов фасада, разность материалов и фактур, остекленные последние этажи – помогают прочесть «дорожную карту» этого здания.

Целенаправленное формирование именно такого открытого общественного пространства является прямой проекцией характера окружающей среды: транзит, поток пешеходов, поиск кратчайших путей. Организация планировочных карманов и курдонеров обеспечивают возможность остановиться и сделать паузу. Благодаря такому сочетанию пространство становится более разнообразным, но уравновешенным.

Открытое общественное пространство может быть организовано в структуре жилого комплекса. Жилой комплекс Valley является частью делового центра, в котором преобладает офисная застройка. Появление здесь жилого пространства помогает разнообразить городскую среду и выровнять соотношение основных функциональных притяжений района.

Концепция объекта предусматривает организацию максимального количества зеленых пространств, проектирование квартир с индивидуальными планировками и открытыми террасами, а также активные общественные пространства.

Конфигурация первых этажей, своеобразной базы всего комплекса, обусловлена геометрией участка. Начиная с четвертого этажа общий объем делится на три отдельные башни, это позволяет добиться максимального проникновения солнечных лучей и организовать большее количество зеленых открытых пространств. С уровня улицы

организован подъем по внешней стороне здания на 4 этаж (рис. 7). Жители получили рекреационное пространство, обеспеченное сквозными визуальными связями и транзитным пешеходным движением.



Рис. 7. Жилой комплекс Valley, Амстердам. MVRDV.
(Источник: <https://www.mvrdv.nl/en/projects/valley/>)

Типология открытых общественных пространств и теоретический обзор

Рассмотрение открытых общественных пространств, включенных в структуру архитектурного объекта, показало, что пространства такого типа являются естественным продолжением окружающей его городской среды. Это перетекание может происходить в уровне улицы, когда мы говорим о сохранности пешеходных связей в сложившихся общественных пространствах на прилегающих к зданию территориях. В этом случае тип взаимодействия можно определить как «транзит» или «путь», а основные действия как динамичные (банк в Рейкьявике, жилой комплекс Valley, музей Аструп-Фернли, институт Фрэнсиса Крика). Перетекание общественных пространств может осуществляться опосредовано – взаимодействие обусловлено необходимостью «добраться» до открытой зоны в структуре объекта (как в здании филармонии Гамбурга). Такая ситуация определяется приемом пространственного извлечения части объема. В таком случае открытое общественное пространство становится камерным, а действия, происходящие здесь, направлены на созерцание, общение и спокойное времяпровождение. Тип взаимодействия можно определить как «плаза» (фиксированная с нескольких сторон горизонтальная поверхность), а действия как ограниченные. Выявляется третий вариант включения общественного пространства в структуру архитектурного сооружения – его визуальное проникновение, когда прилегающее открытое общественное пространство может быть не связанным с функциональным назначением здания (как Маркетхолл в Роттердаме или магазин Apple в Чикаго). Такое решение помогает связать городское окружение и архитектурный объем, обеспечивая целостность и многосложность среды.

Анализ рассмотренных выше примеров позволяет осознать, что процесс перетекания городского пространства в архитектурные объекты – это устойчивая тенденция больших городов. Вопросами образования и развития общественных пространств занимались Л.В. Гайкова [1], А.А. Сидоров [2], Т.А. Серебренникова [3], Г.Н. Черненко [4], А.Л. Гельфонд [5], М.В. Пучков [6], Ян Гейл [7, 8], А. Лефевр [9], Лео Холлис [10], Сета М. Лоу [11], Д. Джейкобс [12] и др.

В частности, в работе Т.А. Серебренниковой встречается мысль о том, что в условиях современности архитектура требует подхода, ориентированного в первую очередь на интересы городской среды, то есть окружение во многом диктует формообразование архитектурных объектов [3].

Изучая вопросы формирования общественных пространств в структуре зданий современных университетских библиотек, Г.Н. Черненко обращает внимание на социально-культурную ограниченность помещений исключительно библиотечного направления: «Ведь уже сейчас психологи бьют тревогу по поводу того, что люди перестают общаться «вживую», предпочитая общение через социальные сети» [4]. Автор предполагает, что наличие общественных пространств, назначение которых не связано с основной целевой функцией здания, обеспечивают межличностное общение, отдых, способствуют гармонизации ощущений посетителей.

Л.В. Гайкова в своей работе подчеркивает, что «сосредоточие разнообразных функций повышает социальную и культурную значимость территории, обуславливает успешную реализацию коммерческой, просветительской, рекреационной и др. деятельности, способствует росту привлекательности городских пространств как мест концентрации общественной жизни и индивидуальной самореализации» [1]. Это означает, что возникновение и развитие общественных пространств в структуре зданий оказывает позитивное влияние на качество не только определенного объекта, но и городской среды в целом.

М.В. Пучков в своей работе пишет о том, что «общественные пространства являются «театром» городской жизни и сосредоточием городского стиля жизни, который отличается от способа общественного существования вне городских территорий. Гармонизация существующего городского общественного пространства возможна путем разработки форм, включенных в поведение городских «актеров» (участников «театра городской жизни»), что подразумевает не только разнообразие форм и типов пространств, но и их благоустройство в соответствии с запросами различных субкультур и городских сообществ» [6].

Заключение

Таким образом, изучение современной проектной практики и теоретических разработок в области формирования открытых общественных пространств дают возможность сформулировать ряд положений:

- открытое общественное пространство является частью городской ткани и может существовать в разных формах – как крупное образование (в виде городской площади, парка, улицы или набережной), как образование средней величины (в виде участка, территории непосредственно примыкающей к общественному зданию) и как структурный элемент архитектурного сооружения;

- очевидно устойчивое взаимодействие трех уровней городского пространства (городского района, участка, архитектурного сооружения), соответственно закономерностью является перетекание открытых общественных пространств с уровня на уровень с индивидуальной формой существования, в том числе и в структуре общественного здания или комплекса;

- назначение, смысл и философия открытых общественных пространств в структуре общественного здания определяются городской средой, зависят от масштаба и условий взаимодействия архитектурного сооружения и его окружения и связаны с потребностью во множественности, компактности и доступности средового насыщения;

- открытые общественные пространства в структуре общественного здания являются многоцелевыми, чаще всего не связанными с основным видом деятельности объекта и предназначены для коммуникативной функции – межличностного общения, отдыха, переключения с одного вида деятельности на другой, свободной ориентации в сложном окружении, получения необходимой информации и т.д.;

- принципы формообразования и организационная структура архитектурного сооружения, определяют типологию открытых общественных пространств в его составе: это пространства-транзиты, пространства-площади («плаза») и визуальные пространства-связи (представленная типология является предварительной и будет уточняться при более развернутых исследованиях).

Изучение практики проектирования зданий и комплексов в структуре современного города показало, что их архитектура является итогом сложного урбанистического процесса, в основе которого лежит формирование открытого общественного пространства и организация взаимодействия его составных частей. Выявление природы и условий существования открытых общественных пространств в структуре архитектурных сооружений может стать базой для научно обоснованных разработок по определению направлений, принципов и приемов дальнейшего развития общественных зданий и комплексов.

Список библиографических ссылок

1. Гайкова Л. В. Общественное пространство архитектурно-градостроительных образований как многофункциональная структура // Город пригодный для жизни: Современные проблемы архитектуры, градостроительства, дизайна: сборник статей I Международной научно-практической конференции. 2013. С. 60–67.
2. Сидоров А. А. Модели управления общественными пространствами. URL: http://enotabene.ru/urb/article_19789.html/ (дата обращения: 05.05.2018).
3. Серебренникова Т. А. Принципы формообразования в архитектуре в эпоху информационного взрыва // Архитектон: известия вузов. 2010. № 30. URL: http://archvuz.ru/2010_22/16/ (дата обращения: 28.05.2018).
4. Черненко Г. Н. Формирование системы общественных пространств в объемно-планировочной структуре зданий современных университетских библиотек // АМИТ. 2011. № 4 URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2011/4kvart11/chernenko/abstract.php/> (дата обращения: 29.05.2018).
5. Гельфонд А. Л. Общественное здание и общественное пространство. Дуализм отношений // Academia. Архитектура и строительство. 2015. С. 18–32.
6. Пучков М. В. Город и горожане. Общественное пространство как модератор поведения людей // Архитектон: известия вузов. 2014. № 45. URL: http://archvuz.ru/2014_1/4/ (дата обращения: 29.05.2018).
7. Ян Гейл. Города для людей. М. : Альпина Паблишер. 2012. 158 с.
8. Ян Гейл, Биргитт Сварре. Как изучать городскую жизнь. Island Press. 2013. 16 с.
9. Анри Лефевр. Производство пространства. Strelka press. 2015. 186 с.
10. Лео Холлис. Города вам на пользу. Гений мегаполиса. Strelka press. 2015. 139 с.
11. Сета М. Лоу. Пласа. Политика общественного пространства и культуры. Strelka press. 2016. 284 с.
12. Дж. Джейкобс. Смерть и жизнь больших американских городов. М. : Новое издательство. 2011. 48 с.

Fedan Anastasiia Nikolayevna

assistant

E-mail: fanarhitect@gmail.com

Siberian Federal University, School of Architecture and Design

The organization adress: 660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny pr, 89, build. 6

Open public spaces in the structure of architectural objects

Abstract

Problem statement. Identify trends in the interaction of street public spaces and spaces as the part of architectural objects.

Results. Analysis of the interaction of public spaces and architectural objects on the example of realized and design solutions. It allows us to identify common trends and features of the emerging interaction of the urban environment and architecture. The main types of interaction and peculiarities of the location of public spaces in buildings are defined.

Conclusions. The significance of obtained results for architecture consists in fixing and revealing the phenomenon of overflow and interaction of city public spaces and open public spaces as elements of architecture.

Keywords: public space, multifunctional building, urban, environment script, functional zoning, spatial organization of space.

References

1. Gaikova L. V. The public space of architectural and town-planning formations as a multifunctional structure // City fit for life: Modern problems of architecture, urban

- planning, design: a collection of articles I International Scientific and Practical Conference. 2013. P. 60-67.
2. Sidorov A. A. Models of management of public spaces. URL: http://e-notabene.ru/urb/article_19789.html/ (reference date: 05.05.2018).
 3. Serebrennikova T. A. Principles of shaping in architecture in the era of the information explosion // *Arkhitekton: izvestiya vuzov*. 2010. № 30. URL: http://archvuz.ru/2010_22/16/ (reference date: 05.28.2018).
 4. Chernenko G. N. Formation of the system of public spaces in the space-planning structure of buildings of modern university libraries // *AMIT*. 2011. № 4 URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2011/4kvart11/chernenko/abstract.php/> (reference date: 05.29.2018).
 5. Gelfond AL. Public building and public space. Dualism of relations // *Academy. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2015. P. 18–32.
 6. Puchkov M.V. City and townspeople. Public space as a moderator of people's behavior // *Arkhitekton: izvestiya vuzov*. 2014. № 45. URL: http://archvuz.ru/2014_1/4/ (reference date: 05.29.2018).
 7. Ian Gale. *Cities for people*. M. : Alpina Publisher. 2012. 158 p.
 8. Ian Gale, Birgitt Svarre. *How to study urban life*. Island Press. 2013. 16 p.
 9. Henri Lefevre. *Production space*. Strelka press. 2015. 186 p.
 10. Leo Hollis. *Cities to your advantage. The genius of the metropolis*. Strelka press. 2015. 139 p.
 11. Seth M. Lowe. *Plas. Politics of public space and culture*. Strelka press. 2016. 284 p.
 12. J. Jacobs. *Death and life of major American cities*. M.: Novoye izdatel'stvo. 2011. 48 p.



УДК 712

Абдуллина Айсылу Минсагитовна

архитектор

E-mail: fyw.yachs@yandex.ru

ООО «Архитектурная мастерская Антонова»

Адрес организации: 420029, Россия, г. Казань, Сибирский тракт, д. 34

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

Архитектурно-градостроительные аспекты развития биоразнообразия в городах на примере Казани

Аннотация

Постановка задачи. Целью работы является постановка проблемы биоразнообразия в городах, выявление аспектов ее воздействия на живые организмы природной среды и на людей, выработка способов решения и апробация на примере Казани.

Результаты. Систематизированы архитектурно-градостроительные меры и элементы благоустройства, способствующие развитию биоразнообразия в урбанизированной среде, выявлены данные о видовом разнообразии в Казани. Предложена концепция создания системы общественных комплексов – биопроходов в городе Казань.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры и градостроительства состоит в обосновании необходимости пересмотра принципов благоустройства общественных пространств Казани и других городов с учетом аспекта биоразнообразия, формирования системы непрерывного озеленения, обеспечения связей городских зеленых зон с пригородной лесной зоной посредством биопроходов, обеспечивающих доступ в город дикой фауны.

Ключевые слова: биоразнообразие, ландшафт, урбанизация, ресурсосбережение, экосистема города, зеленая инфраструктура города, экодуки.

Введение

В настоящее время более половины населения мира живет в городах и по прогнозам к 2050 году достигнет 6,3 млрд. человек, что составит 70 % всего населения планеты. Большинство из них будут проживать в городах с населением менее 1 млн. человек [1, с. 3].

Среди многочисленных издержек урбанизации – негативное влияние на экологию, разделение города и природы. Расползание городов, которое в 2 раза превышает рост их населения, в результате которого урбанизируются даже удаленные сельские территории, тем самым уничтожаются под застройку ценные природные ландшафты, с ростом потребления уходит в прошлое сельский образ жизни, построенный на рациональном использовании природы. В городах происходит фрагментация открытых природных территорий, уменьшение водных ресурсов, потеря природного баланса, изменение среды обитания животных и растений, гибель естественной растительности, снижение биоразнообразия («разнообразия всех форм жизни – растений, животных, микроорганизмов и экосистем, которые они формируют» [2, с. 861]) на 10-15 %. Например в городах Центральной Европы число видов сосудистых растений уменьшается с более чем 400 до менее, чем 50 видов на квадратный километр [3].

Помимо очевидного вреда для природы, эти тенденции снижения биоразнообразия и снижают качество жизни в городах [4]. Природные зоны в городах могут быть не только декоративным окружением зданий, но и собирать поверхностные воды, обеспечивать питанием дикую фауну, поддерживать климат и здоровье [5]. Необходимость интеграции

вопросов о биоразнообразии в городское планирование и развитие с целью улучшения жизни горожан закреплена в «Куритибской декларации о городах и биоразнообразии»¹.

Архитектурно-градостроительные меры, способствующие развитию биоразнообразия

1. Дендрарии и ботанические сады – живые музеи растений. Изначально создававшиеся для интродукции экзотических видов растений, в настоящее время выступают больше как образовательные и рекреационные зоны в условиях города. В качестве примеров городских ботанических садов можно привести крупнейший в Европе Главный ботанический сад РАН в Москве площадью более 330 га, внесенные в список всемирного наследия ЮНЕСКО Королевские ботанические сады Кью в Лондоне (132 га), Нью-Йоркский ботанический сад (101 га). Интересны компактные решения – ботанический сад Mugar в Оклахома-сити, США (около 7га) и нереализованный проект сада Darwin на урбанизированной территории в центре Бостона площадью 1,62 га².

2. Климатроны, фитотроны и оранжереи – помещения для воспроизведения искусственным путем климатических условий, соответствующих климату определенных географических зон, созданные, как правило, на основе геодезических куполов. Самые известные климатроны – проект «Эдем» в Великобритании и оранжерея ботанического сада в Сент-Луисе в США. Известный теоретик градостроительства И.Г. Лежава, рассуждая о будущем восточных регионов России, отмечает заинтересованность к городам-климатронам в России уже с 1960-х годов [6]. Сложность состоит в дороговизне таких построек, тем не менее, включение их в состав торгово-развлекательных комплексов как в Тэйбэйском Экспо-парке³ позволяет достичь необходимой окупаемости.

3. «Зеленые крыши» и вертикальное озеленение – дополнительная возможность для озеленения и повышения биоразнообразия в условиях высокой плотности городской среды. Вертикальный многоэтажный парк «MFO» в Цюрихе, представляющий собой многоэтажное металлическое каркасное строение, обвитое множеством вьющихся растений – это современный образ парка, в котором зеленый фасад реализуется не только как эстетическая составляющая города, но и как дополнительная среда обитания для небольших животных и птиц [7]. «Зеленые крыши» планировочно реализуются двумя способами, представленными на рис. 1.

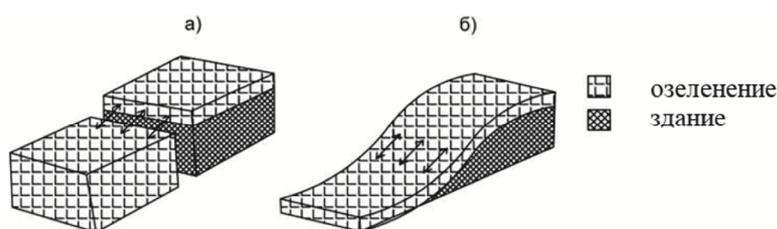


Рис. 1. Связь окружающего ландшафта и «зеленой крыши» здания:

- а) высота кроны деревьев соответствует этажности здания с озелененной крышей;
- б) непрерывная связь окружающего ландшафта с зеленой крышей здания

Пример «зеленой крыши» второго типа – проект начальной школы со спортзалом в Булонь-Бийанкур, Франция (архитектурная группа Chartier-Dalix).

4. Эко-архитектура – возможность свести к минимуму негативные воздействия на окружающую среду, уменьшить гомогенные и агрессивные визуальные поля, создаваемые массовой застройкой и негативно влияющие на все живые организмы города, в том числе и на синантропные виды фауны. Распространение домов на деревьях; домов, спрятанных в ландшафте (например эко-санаторий Monterey Bay Shores или здание центра Пауля Клее); построек подражающих объектам природы (павильон Pinecote в дендрарии Кросби, США) и тп. будет с течением времени визуаль-

¹ <https://www.cbd.int/doc/meetings/city/mayors-01/mayors-01-declaration-en.pdf>.

² <https://www.darwinboston.org>.

³ <http://www.enexpopark.taipei/index.aspx>.

приближать городской ландшафт к природному и, тем самым, косвенно способствовать улучшению биоразнообразия.

5. «Зеленые коридоры», соединяющие городские зеленые насаждения с пригородными зелеными зонами в единую «зеленую инфраструктуру». Это важно не только для людей, но и для животных и растений, которые могут мигрировать в города. Доступное питание, отсутствие хищников помогает им приживаться и разнообразить тем самым впечатления горожан, особенно детей. В качестве «зеленых коридоров» могут выступать не только парки, сады и скверы, но и так называемые экодуки – особые наддорожные сооружения, предназначенные для перехода животными автомагистралей или железнодорожных путей, декорированные растениями под окружающую среду, имеющие плавный подъем и спуск. В европейских странах экодуки с XX века имеют широкое применение. В России первый экодук был построен в Калужской области в 2016 году, и на сегодняшний момент он остается единственным, что связано, прежде всего, с высокой стоимостью постройки.

Мосты для животных могут иметь различные конструктивные особенности. Проход может представляться в виде массивного озелененного моста над дорогой для крупных животных (рис. 2 в), небольшого тоннеля под рельсами для членистоногих (рис. 2 д), отвесных стен для вскарабкивания ракообразных (рис. 2 г), крупного тоннеля под автомагистралью (рис. 2 а), канатного моста для лазящих по деревьям млекопитающих или нелетающих птиц (рис. 2 б). Также возможно обустройство целой подземной инфраструктуры для земноводных в среде города с естественным освещением над основными путями (рис. 2 е).

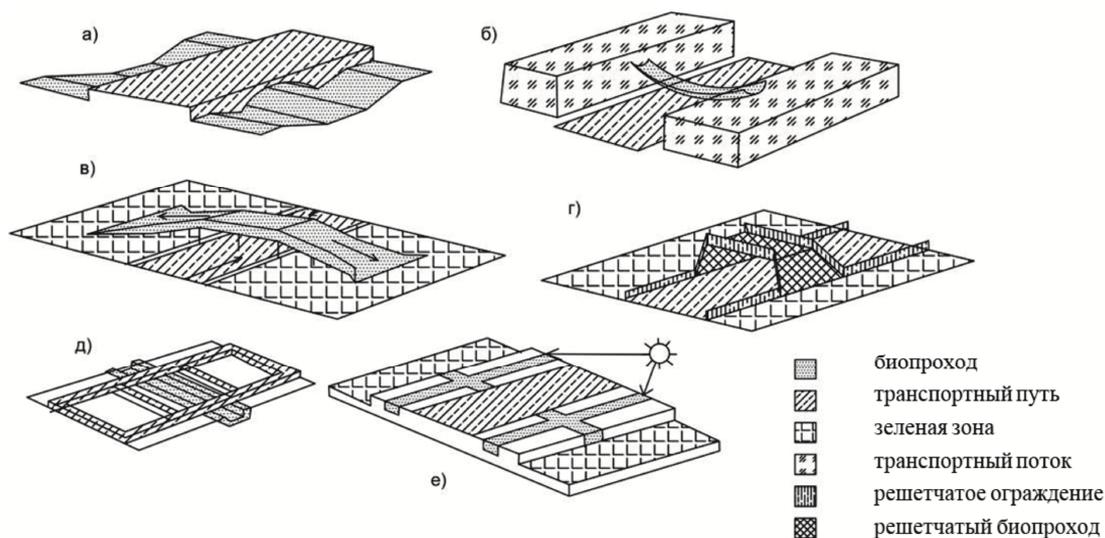


Рис. 2. Виды экодуков: а) биопроезд под дорогой для крупных животных;
б) канатный биопроезд; в) биопроезд-мост над дорогой;
г) решетчатая конструкция над дорогой для ракообразных;
д) черепаший проход под железной дорогой;
е) инфраструктура для членистоногих и амфибий с естественным освещением

6. Внедрение в город агрохозяйственной деятельности, также способно положительно влиять на биоразнообразие, распространяя на город особые экосистемы, например пчел. Сельская зона может находиться на окраине города или же являться его частью. Как часть города агрозона может быть также и как единая обособленная область, например в виде Агропарка, и как структура отдельных небольших участков в виде дворовых огородов (рис. 3). Такие огороды могут частично обеспечивать пищей и компенсировать дачные впечатления для маломобильных групп населения, заполнять городские «пустоты», выступать объектом городского агротуризма по примеру португальских «Рекреационных ферм» (Quintas de Recreio) [8].

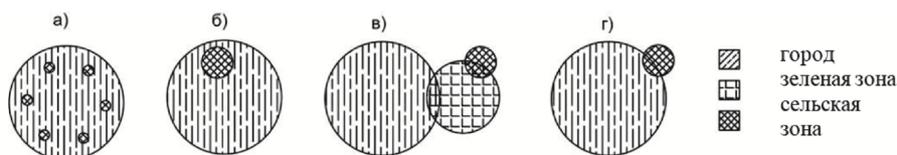


Рис. 3. Связь города с сельской зоной а) небольшие сельские зоны в виде дворовых огородов; б) крупная сельская зона в виде Агропарка; в) связь города с сельской территорией через лесную зону; г) сельская местность на окраине города

7. Для развития биоразнообразия также необходимо **устранять сорные виды растений**, например клен ясенелистный (американский клен) или в некоторых случаях березу, подавляющие развитие других видов деревьев. В случае птиц это можно отнести к воронам. Они вытесняют другие виды птиц, обдирают позолоту на куполах церквей. Известны случаи столкновения птиц с самолетами, что часто приводит к авариям. Для борьбы с ними в Московском кремле, например, специальной орнитологической службой разводятся ястребы-тетеревятники.

8. Необходимо **минимизировать**, по крайней мере, в охраняемых зонах, **визуальные раздражители в ночное время**, которые, согласно исследованиям, все чаще приводят к бодрствованию животных в городе ночью. Актуально и снижение шумовой нагрузки, например, за счет внедрения велосипедов или электротранспорта.

Описанные меры повышения биоразнообразия классифицированы и оценены в следующей таблице.

Таблица

Анализируемый аспект	Элементы инфраструктуры, способствующие развитию биоразнообразия							
	архитектурные				элементы среды			социальные
	Дендрарии и ботанические сады	Климатроны, фитотроны и оранжереи	«Зеленые крыши» и вертикальное озеленение	Эко-архитектура	«Зеленые коридоры»	«Внедрение в город агрохозяйственной деятельности»	Устранение сорных видов	Минимизация визуальной и шумовой нагрузки
Эффективность	2	2	2	1	3	1	2	1
Капиталоемкость	3	3	1	3	2	1	1	1
Оперативность	1	1	3	2	1	2	3	2

Примечание: 1 – низкий показатель, 2 – средний показатель, 3 – высокий показатель.

Биоразнообразие в городе Казань

Площадь озеленения общего пользования в городе Казань составляет 9,7 м²/чел или 16 % от общей площади города, что почти в 3 раза меньше нормативного показателя. В городе насчитывается около 33 га ботанических садов и около 100 га питомников по продаже растений. Согласно нормативам эта цифра также может быть увеличена как минимум втрое.

Собственное исследование на примере территории КГАСУ и прилегающих жилых кварталов, выявило, что 86 % площади естественного озеленения составляют сорные виды растений (клен ясенелистный 75 % и береза 11 %). Эта ситуация характерная и для других районов.

Водные объекты города Казань отличаются значительным разнообразием водных и околоводных растений и животных [10], однако, площадь водных ресурсов в процессе роста города уменьшается. В XIX-XX вв. в Казани исчезло около 50 малых озер площадью менее 1 га. Большое количество околоводных экосистем было разрушено в результате подготовки к Универсиаде-2013 [11]. Добавим здесь и то, что связанное со спортивными мероприятиями развитие транспортной сети усугубило изоляцию отдельных внутригородских зеленых зон между собой и с пригородным озеленением.

Анализируя численность птиц в Казанском парке «Миллениум», Мударисов Р. Г. отметил необходимость организации искусственных мест гнездования птиц; регулярность и упорядоченность подкормки мелких воробьиных птиц, зимующих в городских парках; необходимость ограничения посещения людьми участков массового гнездования и пропаганды важности охраны птиц. Также была отмечена важность ярусного формирования мест обитания птиц города в целях учета особенностей питания - на земле, в воздухе, в кроне деревьев, на кустарниках. Стабильное положение занимают птицы, кормящиеся в воздухе, поскольку они в меньшей степени подвергаются негативной антропогенной нагрузке. Стрижка газона в свою очередь негативно влияет на виды птиц, кормящихся с земли [12].

В исследовании Закирова А. было отмечено положительное влияние на популяцию птиц в Казани, благодаря зооботаническому саду, так как в зимнее время здесь размещают кормушки для зимующих птиц. Таким образом, Казанскому Зооботсаду удается поддерживать стабильность популяции орнитофауны в Казани. Это приводит к устойчивости биоты в пределах антропогенного ландшафта города, и к привлечению и адаптации новых видов птиц на территории [13].

В отношении растительности города дендрологом И. Сафиуллиным отмечена характерность ландшафта Казани в преобладании сосновых культур, высказана необходимость их поддержания в городе для сохранения естественного биоценоза и идентичного облика города⁴.

Недавняя практика благоустройства городских общественных пространств Казани несет в себе стремление к сохранению естественных экосистем (гнездования уток в зарослях камыша на набережной оз. Кабан) и к видовому разнообразию высаживаемых растений, однако в целом ландшафт таких пространств остается искусственным и находится вне «зеленой инфраструктуры» города, что вместе со скоплением людей отталкивает природных обитателей.

Проектное предложение общественного центра с функцией биопрохода для диких видов фауны в городе Казань

Представляется целесообразным учесть в дальнейших разработках по благоустройству общественных пространств фактор биоразнообразия и включения в городскую среду элементов дикой природы. Учет этих факторов должен проводиться на разных уровнях проектирования – от градостроительного до уровня городского дизайна. Наши предложения на градостроительном уровне состоят в обеспечении непрерывности зеленых зон, коридоров и связь пригородной лесной зоны с крупными городскими водоемами (рис. 4).



Рис. 4. Авторская модель развития зеленой инфраструктуры в городе Казань

⁴ Интервью в АКБ «Атриум» 17.02.2018.

На архитектурном уровне эту задачу радикально может решить система архитектурно-природных комплексов биопроходов над крупными транспортными артериями, разделяющими зеленые и околородные зоны города и пригорода. При этом в зависимости от рельефа участка трассы могут быть заглублены, что предпочтительно, или же оставаться на поверхности и тогда экодук представляет собой мост.

Один из таких экодуков можно было бы разместить в районе Республиканской клинической больницы, нейтрализуя барьер Оренбургского шоссе. Также в этом районе можно предложить связать Горкинско-ометьевский и Ноксинский леса, обеспечив переходы через проспект Победы и ул. Фучика. Аналогичные предложения могут быть сделаны и для других районов Казани.

Предполагается интеграция в комплексы тематических общественных функций (музей дикой природы, минизоопарк и др.) для их самоокупаемости. При этом зона животных должна быть обозреваема людьми, а зона людей для животных должна быть незаметна. Также комплекс может включать климатрон для тропических растений. Для птиц должны быть размещены кормушки и устройства для гнездовий.

Авторская функционально-планировочная схема комплекса представлена на рис. 5.

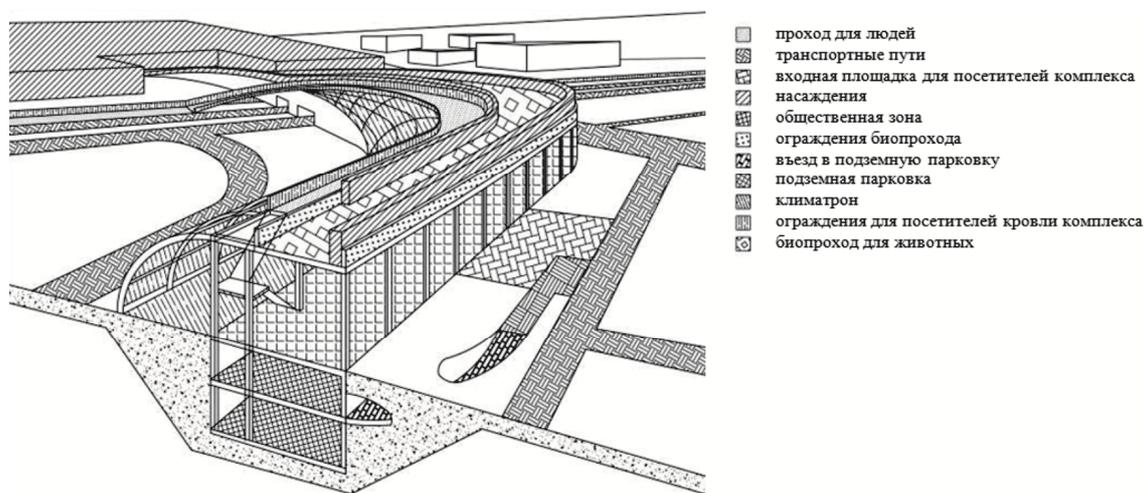


Рис. 5. Авторская модель биопрохода с общественной функцией в городе Казань

На уровне дизайна необходимо учесть и негативное воздействие гомогенных и агрессивных полей на животных и птиц. В проекте комплекса будут закладываться более шершавые неровные поверхности, с минимальным применением одинаковых повторяющихся архитектурных элементов, то есть, масс колонн, окон, плиток на фасадах и дорожках. В комплексе не должны присутствовать зеркальные гладкие отражающие поверхности, так как они могут пугать животных. Объем комплекса должен повторять природные плавные перетекающие формы.

Необходимо также исключить шумовую нагрузку, путем замыкания шумовых потоков за пределами зон, предназначенных для животных и птиц, и исключить яркие подсветки вблизи данного комплекса. Освещение в ночное время должно быть тусклым, свет должен рассеиваться в воздухе.

В озеленении и оформлении биопрохода могут использоваться хвойные породы деревьев, местные виды растений, пчелиные ульи, прогнившие пни – места обитания насекомых.

Заключение

Биоразнообразие является важным фактором качества городской жизни, отчасти компенсируя издержки урбанизации по разделению города и природы, имеет и природоохранное значение. В проектах благоустройства города недостаточно оперировать только количеством озеленения, но учитывать его качество, исключая сорные растения, приближая растительность к естественному биоценозу региона, обеспечивать связь городских и пригородных зеленых зон, формируя тем самым зеленую инфраструктуру города и способствуя наполнению зеленых зон дикой фауной.

Растущее международное значение Казани подразумевает соответствие зарубежным стандартам жизни в городе, прежде всего в качестве общественных зон. Рассмотренный иностранный опыт дает понимание большого объема вложений в экологическую составляющую в благоустройство мегаполисов. Предложенная система общественных комплексов – биопроходов, которая призвана сократить разделение городских зеленых зон друг от друга и от достаточно развитой в Казани пригородной зеленой зоны, несмотря на капиталоемкость может вывести город на принципиально новый уровень жизни.

Список библиографических ссылок

1. Seto K., Parnell S., Elmqvist T. A global outlook on urbanization / Urbanization, biodiversity and ecosystem service: challenges and opportunities. Dordrecht : Springer, 2013. P. 1–13.
2. Uslu A., Shakouri N. Urban landscape design and biodiversity / Advances in Landscape Architecture. London : InTechOpen, 2013. P. 427–456.
3. Ozyavuz M., Korkut A., Ozyavuz A. Native vegetation / Advances in Landscape Architecture. London : InTechOpen, 2013. P. 861–884.
4. 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.
5. Samiei K. Architecture and Urban Ecosystems: From Segregation to Integration 2013 // THE NATURE OF CITIES : официальный сайт международной общественной организации. 2013. URL: <https://www.thenatureofcities.com/2013/05/26/architecture-and-urban-ecosystems-from-segregation-to-integration/> (дата обращения: 25.06.2018).
6. Лежава И. Г. Будущее восточных регионов России // Academia. Архитектура и строительство. 2017. № 3. С. 84–92.
7. Мхитарян К. О. Многоэтажный вертикальный парк «MFO» // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 104–109.
8. Matos R.S., Batista D.S. Urban Agriculture: The Allotment Gardens as Structures of Urban Sustainability / Advances in Landscape Architecture. London : InTechOpen, 2013. P. 457–512.
9. Куликова Е. Ю. Архитектура и экология современных городов-мегаполисов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2000. № 8. С. 44–49.
10. Мингазова Н. М., Деревенская О. Ю., Палагушкина О. В. и др. Биоразнообразие водных объектов г. Казани // Ученые записки Казанского Государственного университета. 2008. Том 150, кн. 4. С. 258–259.
11. Замалетдинов Р. И., Хайрутдинов И. З. Влияние развития города на условия существования фауны амфибий и рептилий на примере Казани // Вестник ТГУ. 2013. Том 18, вып. 6. С. 3006–3008.
12. Мударисов Р. Г. Формирование видового состава птиц на территории парка «Миллениум» г. Казани // Вестник ТГПУ. 2011. № 3 (25). С. 78–81.
13. Закиров А. А. Синантропное население птиц территорий зооботанических садов в осенне-зимний период (на примере г. Казани) // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2015. № 9. С. 34–35.

Abdullina Aisylu Minsagitovna

architect

E-mail: fyw.yachs@yandex.ru

LLC «Antonov Architectural Studio»

The organization address: 420029, Russia, Kazan, Sibirskiy trakt, 34

Krasnobaev Ivan Vasilievich

candidate of architecture, associate professor

E-mail: tia.kgasu@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Architectural and urban planning aspects of biodiversity development in the cities on the example of Kazan

Abstract

Problem statement. This work states a problem of urban biodiversity, it reveals aspects of its impact on natural life-forms and humans, develops ways of its solution by the example of Kazan.

Results. Architectural and urban design means of increase of biodiversity in cities were systematized, data about biodiversity in Kazan was detected, and the concept of public complexes with ecoducts in Kazan was suggested.

Conclusions. Significance of the results consists in justification of review of principles of reconstruction of public urban spaces of Kazan and other cities considering the aspect of biodiversity, providing continuous greenery and relation of urban parks with suburban green spaces and assuring access to city of wild fauna by means of ecoducts.

Keywords: biodiversity, landscape, urbanization, resource saving, ecosystem of a city, green infrastructure of a city, ecoducts.

References

1. Seto K., Parnell S., Elmqvist T. A global outlook on urbanization / Urbanization, biodiversity and ecosystem service: challenges and opportunities. Dordrecht : Springer, 2013. P. 1–13.
2. Uslu A., Shakouri N. Urban landscape design and biodiversity / Advances in Landscape Architecture. London : InTechOpen, 2013. P. 427–456.
3. Ozyavuz M., Korkut A., Ozyavuz A. Native vegetation / Advances in Landscape Architecture. London: InTechOpen, 2013. P. 861–884.
4. Husnutdinova S. R., Dembich A. A., Zakirova Y. A. Social and ecological factors of formation of comfortable environment of urban areas // Geograficheskiy vestnik. 2016. № 4 (39). P. 28–35.
5. Samiei K. Architecture and Urban Ecosystems: From Segregation to Integration 2013 // THE NATURE OF CITIES : official site of international public organization. 2013. URL: <https://www.thenatureofcities.com/2013/05/26/architecture-and-urban-ecosystems-from-segregation-to-integration/> (reference date: 25.06.2018).
6. Lejava I. G. Future of eastern Russian regions // Academia. Architecture and construction. 2017. № 3. P. 84–92.
7. Mhitarjan K. O. Multi-storey vertical Park «MFO» // Izvestiya KGASU. 2016. № 4 (38). P. 104–109.
8. Matos R. S., Batista D. S. Urban Agriculture: The Allotment Gardens as Structures of Urban Sustainability / Advances in Landscape Architecture. London : InTechOpen, 2013. P. 457–512.
9. Kulikova E. Y. Architecture and ecology of modern megalopolises // Gorniy informacionno-analiticheskiy bulletin. 2000. № 8. P. 44–49.
10. Mingazova N. M., Derevenskaya O. Y., Palagushkina O. V., Pavlova L. P., Nabeeva E. G., Zariyova N. P., Zamaletdinov R. I., Kondratyeva T. A., Pavlov Y. I., Uncovskaya E. N., Borisovich M. G., Haliullina L. Y. Biodiversity of water bodies in Kazan // Ucheniye zapiski Kazanskogo Gosudarstvennogo universiteta. 2008. Part 150. Book 4. P. 258–259.
11. Zamaletdinov R. I., Hayrutdinov I. Z. Influence of city development on the living conditions of amphibian and reptile fauna on the example of Kazan // Vestnik TGU. 2013. Part 18. Edit. 6. P. 3006–3008.
12. Mudarisov R. G. Formation of species composition of birds in the Park «Millennium» Kazan city // Vestnik TGGPU. 2011. № 3 (25). P. 78–81.
13. Zakirov A. A. Synanthropic bird populations of the territories of Zoological and Botanic gardens in the autumn-winter period (by the example of Kazan) // International scientific journal «Innovacionnaya nauka». 2015. № 9. P. 34–35.

УДК 712.25

Залетова Елена Александровна

старший преподаватель

E-mail: salen07@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

Вопросы структурно-планировочной реорганизации сложившихся городских территорий

Аннотация

Постановка задачи. Цель статьи заключается в выявлении приемов и принципов структурно-пространственных преобразований сложившихся городских территорий.

Результаты. В результате исследования сформулирована необходимость переосмысления отношения к городскому планированию в целом, а также того каким потенциалом к устойчивому развитию обладают коммунально-складские территории (Brownfields) при их комплексном использовании. Разработаны принципы и приемы структурно-плотностных и морфологических преобразований, которые могут быть использованы в проектах устойчивого развития и преобразования сложившихся урбанизированных поселений. Строится формализованная модель структурной реорганизации исследуемой территории, на базе которой происходит апробация выявленных принципов регенерации.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры и градостроительной науки состоит в развитии новых подходов к выявлению и формированию структуры разукрупняемых городских территорий; в формулировании основных принципов, лежащих в основе структурно-планировочных преобразований и построении модели градостроительной реновации коммунально-складской зоны. Нарботанные практические приемы воплощения подобных стратегий могут быть применены в дальнейшем развитии урбанизированных территорий, как новых, так и уже сложившихся.

Ключевые слова: регенерация, структурно-планировочная реорганизация, каркас, структура центральности, денсификация.

Введение

Сегодня вопросы регенерации сложившейся городской структуры становятся ключевым трендом планирования в мире, мы, безусловно, не можем игнорировать эти процессы. Одним из направлений smart-развития, также являются структурные преобразования уже сложившихся территорий, а не освоение новых. В основе процессов регенерации городских структур лежат тесно интегрированные рыночные условия, государственное планирование и локальные интересы сообществ [1]. Ключевое значение придается изменению плотностных параметров застройки, при этом плотность рассматривается как инструмент и возможность создания жизнепригодной среды в урбанизированных поселениях разных уровней развития. Это достигается путем тесной интеграции ландшафтной инфраструктуры, структурно-планировочной реорганизации городской ткани и изменения структуры городской мобильности, которая, в свою очередь, подразумевает создание системы пешеходной мобильности, интегрирующей линейные и узловыe компоненты пространственно-планировочной инфраструктуры города.

Проблематика и терминология исследования

Не существует однозначной трактовки самого термина «городская регенерация», разные авторы приводят достаточно широкий спектр определений, но что их объединяет, так это понимание комплексности, многоуровневости и масштабности процессов, вовлеченных в преобразования такого рода. Этим обусловлен и набор терминов, сопутствующих городской регенерации, как то реновация, ревитализация, структурно-планировочная реорганизация.... и т.д. Использование разнообразной терминологии приводит к некоторой неопределенности, однако, в основе всего этого разнообразия

формулировок лежит нацеленность на преобразование структуры и функционирования города для совершенствования социальных, экономических, морфологических, транспортных и ландшафтных параметров системы.

По мере эволюционирования урбанизированных поселений разного уровня все чаще начинают обращать внимание на бывшие, так называемые, промышленные и коммунально-складские территории, как правило, расположенные в достаточно привлекательных для девелопмента срединных зонах городов. Но чаще всего это загрязненные, пришедшие в упадок и даже опасные для освоения территории. В Западной практике, для обозначения подобных территорий, используют термин «Brownfields». Он вошел в обиход в начале 1990-х годов и, по сути, характеризует перспективы и возможности, заложенные в площадках такого рода. Американское Агентство по Защите Окружающей Среды определяет Brownfield, как площадки с нефункционирующими объектами недвижимости, дальнейшее развитие которых в значительной степени осложнено действительными или возможными загрязнениями. Как правило, именно такие загрязнения становятся основной общественной проблемой и самым серьезным препятствием к возвращению их к жизни. К типичным Brownfields-площадкам относят:

- предприятия легкой промышленности;
- объекты газоснабжения;
- предприятия металлообработки;
- фармацевтические заводы;
- химические и автомобильные предприятия.

Многочисленные зарубежные исследования приходят к парадоксальному выводу – по сравнению с Greenfields (природные территории), Brownfields обладают гораздо большим потенциалом к устойчивому развитию, поскольку могут использовать все возможности существующей инфраструктуры и являются центральным фактором планировочных стратегий в борьбе с расползанием города, сохранением открытых и природных пространств, уменьшением воздушного загрязнения, реинвестирования в урбанизированные территории, а также достижения баланса в стратегиях территориального планирования и регенерации городских территорий [2]. В настоящее время поиски стратегии создания устойчивости урбанизированной среды, как новых, так и существующих территорий являются приоритетными, но задача становится значительно сложнее при реорганизации уже сложившейся городской среды, где преобладает застройка промышленного и/или коммунально-складского характера. Поэтому темой исследования, приведенного в данной статье и стали вопросы структурно-планировочной реорганизации сложившихся городских территорий.

Приемы и принципы преобразования территорий

Цель исследования заключалась в выявлении приемов и принципов структурно-пространственных преобразований урбанизированных территорий.

Основные задачи исследования:

1. Проанализировать этапы формирования, развития и современное состояние исследуемой территории с проведением комплексного градостроительного анализа и выявлением градостроительного потенциала.
2. Выявить структурообразующие принципы и приемы преобразования сложившихся территорий в структуре города.
3. Разработать концептуальную модель разукрупнения участка городской территории на основе выявленной методики.

Объект исследования – участок сложившейся городской территории с преобладанием объектов коммунально-складского назначения.

Предмет исследования – принципы формирования и структурообразующие приемы реорганизации сложившихся городских территорий.

Границы исследования – пространственные рамки исследования складываются на основе 800-1000 метровой доступности от центра рассматриваемой территории.

Методика исследования включала использование метода комплексного пофакторного анализа для выявления градостроительного потенциала территории. Применяются методы научного познания, с применением системного подхода и

структурного анализа. В исследовании используются методы натурного обследования, изучения графических, картографических, нормативных и теоретических материалов, затрагивающих вопросы структурно-планировочной и ландшафтной организации урбанизированной среды.

Гипотеза исследования: Взаимоналожение двух каркасов – природной (зелено/голубой) инфраструктуры и общественного транспорта становятся структурообразующим компонентом при разработке проектов реорганизации сложившихся городских территорий.

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанные принципы и приемы структурно-плотностных и морфологических преобразований могут быть использованы в проектах устойчивого развития и преобразования сложившихся урбанизированных поселений.

Научная новизна проведенного исследования состоит в развитии новых подходов к выявлению и формированию структуры разукрупняемых городских территорий, что в дальнейшем позволяет сформировать систему основных коммуникационно-активных узлов и связей. На этой основе формируются ключевые аспекты исследования:

1. Структурообразующие параметры формирования транспортно-планировочного каркаса реорганизуемой территории.
2. Система основных принципов, лежащих в основе структурно-планировочных преобразований объекта исследования.
3. Модель (концепция) градостроительной реновации коммунально-складской зоны г. Казани.

В качестве апробации предлагаемого исследования была выбрана территория в Советском районе г. Казани. Площадь в границах проектирования составляет 810 га. Участок расположен на юго-восточной стороне города, имеет треугольную геометрическую форму. Граничит с улицами Проспект Победы, Братьев Касимовых, Гвардейская, Аделя Кутуя (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение исследуемой территории в структуре города¹

По результатам комплексного анализа рассматриваемого промышленного района г. Казани выявлено, что 50 % территории занимает коммунально-складская зона, значительная доля которой не несет в себе никакой функциональной нагрузки и в настоящее время не используется. Высокая концентрация складских помещений оказывает неблагоприятное влияние на имидж территории и определяет ее неудовлетворительное состояние с точки зрения возможностей социального обслуживания. На территории объем последнего недостаточен, соответствующие объекты распределены неравномерно. Отсутствуют общественные пространства, которые при условии грамотного развития многофункциональности, несут не только социально-

¹Проектное предложение представлено в магистерской работе Галиуллиной А.И. «Особенности структурно-планировочной реорганизации сложившихся городских территорий», 2018 г. Руководитель Залетова Е.А.

значимую функцию обеспечения качественной среды межличностного и культурно-массового взаимодействия, но и экономическую выгоду.

На проектируемой территории функционируют автобусные, трамвайные и троллейбусные линии, метро и железная дорога. Однако, транспортные линии распределены неравномерно, что определяет недостаточное покрытие территории общественным транспортом (насыщенность по периметру и полное отсутствие в центральной части территории). При этом на территории имеется жилая застройка различной этажности, от 1 до 16 этажей с низкой доступностью общественным транспортом.

Территория характеризуется достаточно высоким уровнем озеленения, что содержит в себе высокий потенциал развития благоприятных многофункциональных общественных пространств. Имеются лесопосадки в юго-восточной части территории, два небольших водоема, ряд бульваров. Единой системы расположения озелененных участков нет, они хаотично разбросаны по территории. Наблюдается отсутствие внятных архитектурно-планировочных и художественных решений, соответствующих современным тенденциям в организации городских ландшафтов.

По результатам SWOT-анализа выявлено равное соотношение сильных и слабых характеристик рассматриваемой территории. При этом спектр возможностей, которые могут быть реализованы через преобразование данного участка, в 3 раза превышают список потенциальных угроз для реализации проектных решений.

При формировании гипотезы исследования отправной точкой стало понимание того, что при создании устойчивой среды ландшафтно-планировочный аспект подразумевает не только сохранение и восстановление природных систем, но также изменение структуры мобильности, включающее инфраструктуру общественного транспорта и совершенствование качеств коммуникационных пространств [3].

МОДЕЛЬ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ КОНЦЕПЦИИ (ЭСКИЗ)

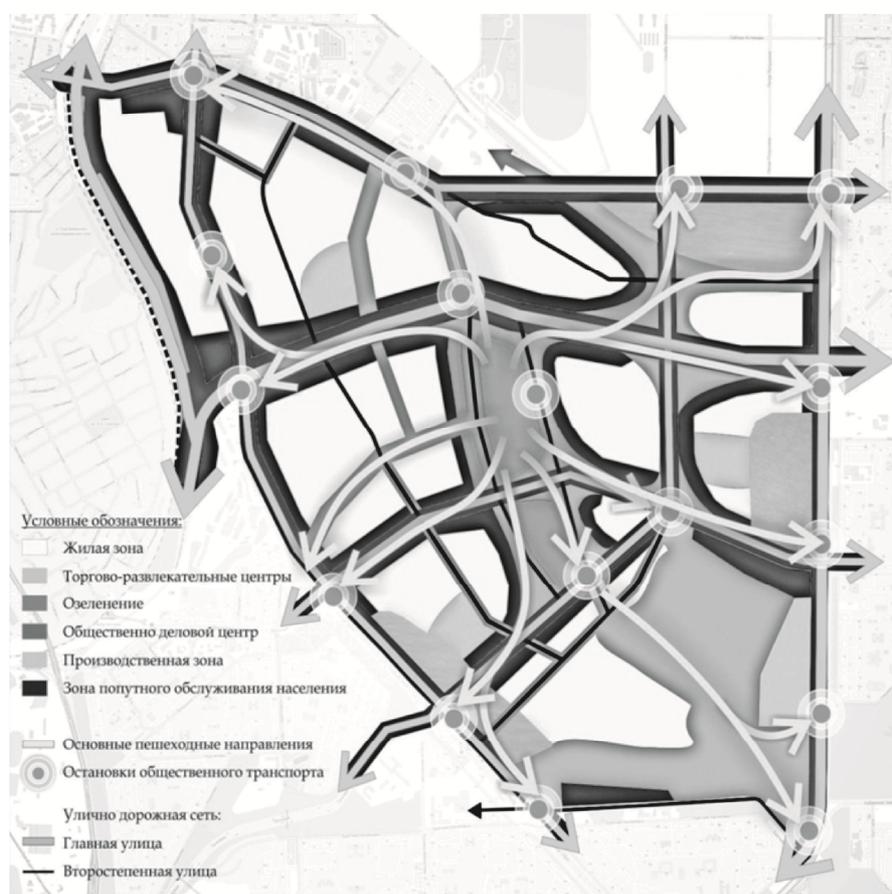


Рис. 2. Концептуальная модель разукрупнения участка исследуемой территории

Формализованная модель структурной организации исследуемой территории складывалась на основе совмещения двух каркасов (рис. 2):

- ландшафтно-экологическая структура района;
- интегрированная система мобильности формирует инфраструктуру активности района, включающую узловые объекты (центры), вокруг которых появляется возможность увеличения плотностных параметров среды, и линейные пространственные структуры, тесно взаимодействующие с окружением, с активным использованием ландшафтного компонента.

В данном контексте ландшафтно-урбанистический подход призван преодолеть противостояние транспорта и ландшафта и с помощью гибридных решений объединить морфологию, природные и инженерные системы в единую инфраструктуру [4].

Комплексное предложение по функционально-планировочной реорганизации и развитию территории было сформировано на основе следующих принципов:

1. Создание структуры центральности:

- уплотнение фронта застройки через регенерацию структуры;
- смешанное функциональное использование и активность, организацию новых рабочих мест и культурных возможностей;
- стимулирование использования общественного транспорта.

Уплотнение фронта застройки происходит за счет модернизации жилых домов, ликвидации ветхой и неиспользуемой застройки и преобразования структуры УДС (рис. 3).

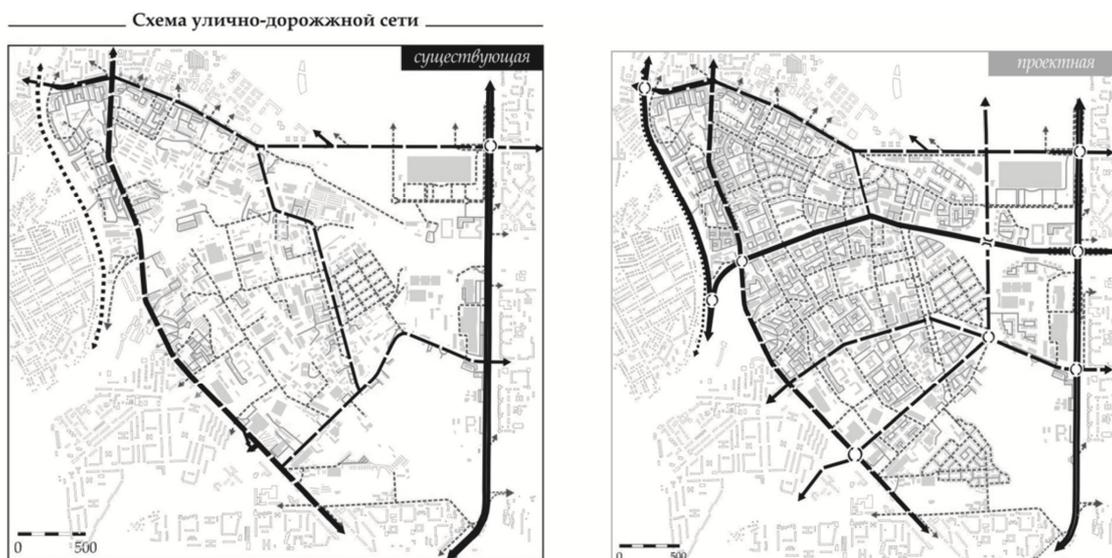


Рис. 3. Схема преобразования структуры улично-дорожной сети исследуемой территории

Разнообразие функций позволяет людям жить, работать, отдыхать, делать покупки в одном месте, которое затем становится местом жизнедеятельности для людей из других районов, следовательно, может повысить экономическую жизнеспособность и безопасность места за счет увеличения числа людей на улице и в общественных местах. Также позволяет снизить транспортную нагрузку благодаря росту пешеходной доступности мест приложения труда и снижению количества поездок на автомобилях личного пользования. Объекты общественного обслуживания распределены и сосредоточены вдоль основных планировочных осей и пешеходных связей. Спортивные, культурные, досуговые и медицинские учреждения взаимосвязаны с озелененными территориями и транспортной системой района. А так же в узлах пересечения существующих и вновь создаваемых транспортных коридоров размещены общественно-деловые функции, сформированы коммерческие и торговые территории. Насыщение первых этажей различными дополнительными функциями в условиях реконструкции и новой застройки способствует изменению монотонного, однотипного характера улиц, обогатит и сделает разнообразной жизнь спальных районов. Интеграция дополнительных

функций привлечет большее количество разных социальных групп, определит разнообразие пешеходных маршрутов и высокую социальную интенсивность использования территории, а следовательно и социальный контроль.

2. Регенерация и реновация сложившейся застройки:

- использование различных приемов по ее изменению;
- формирование компактных полуобщественных и жилых пространств;
- разнообразие типологии застройки.

Застройка микрорайона представлена индивидуальными, блокированными, среднеэтажными секционными и высокоэтажными точечными жилыми домами. По проекту сохраняется существующая жилая застройка, тем самым сохраняется и исторически сложившееся своеобразие застройки района. Композиционный рисунок жилых кварталов направлен на создание полузамкнутых дворовых пространств, внутри кварталов располагаются участки школ и детских учреждений со стадионами и спортивными площадками. Разнообразие категорий и типов жилых домов, конструктивных и планировочных решений жилищного фонда соблюдают интересы различных групп населения. На проектируемой территории встречаются 6 типов жилой застройки: периметральная, усадебная, строчная, ковровая, групповая, свободная (рис. 4). По проекту планируется застроить территорию следующими видами построек: частной застройкой – 1-2 этажной высотности, жилыми секционными домами высотой в 5 и 9 этажей и точечными домами 12-16 этажной высоты. Высотная застройка предположительно должна расположиться вдоль магистральных улиц, тем самым обеспечивая шумоизоляцию района.

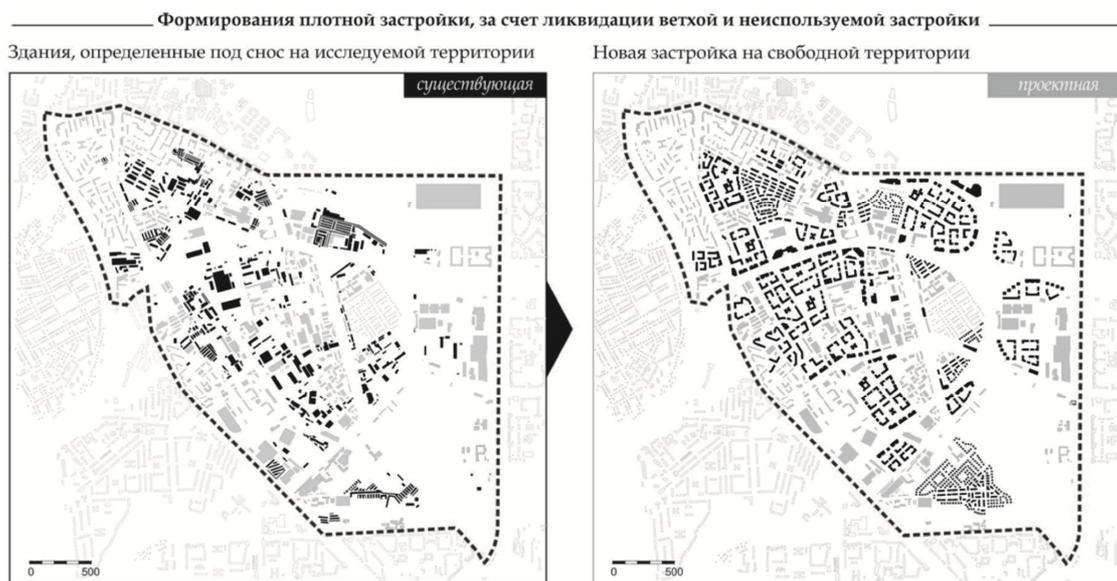


Рис. 4. Схема изменения морфологии застройки территории

3. Создание среды комфортной для жизни:

- высокая плотность среды, наряду с разнообразным социальным составом населения;
- привлекательные и разнообразные общественные пространства;
- высокий уровень доступности микрорайонов;
- формирование непрерывной системы озеленения территории с помощью зеленых коридоров, бульваров.

В проекте последовательно реализованы три ключевых приема: увеличение связности; активизация и насыщение функциями различных типов пространств; изменение структуры мобильности в пользу общественного транспорта. Также активно используется вариативность и многофакторность концепции плотности, которая фактически должна стать инструментом управления не только количественными, но и

качественными параметрами, влияющими на формирование и регенерацию морфологии застройки района [5].

В связи с дискретным характером существующих озелененных участков, с помощью спроектированных зеленых коридоров, бульваров и скверов формируется непрерывная система озеленения территории. Бульвары ориентированы на проектируемую центральную зону микрорайона, где предусмотрена зона коммерческой и деловой активности, и на остановки общественного транспорта. Предусмотрена рекреационно-парковая зона вокруг пруда. Новые пешеходные направления нацелены на обеспечение наиболее коротких и комфортных связей между значимыми объектами микрорайона и остановками общественного транспорта.

Выводы

В результате исследования с целью выявления приемов и принципов структурно-пространственных преобразований урбанизированных территорий проанализированы этапы формирования, развития и современное состояние исследуемой территории с проведением комплексного градостроительного анализа и выявлением ее градостроительного потенциала.

Разработаны принципы и приемы структурно-плотностных и морфологических преобразований, которые могут быть использованы в проектах устойчивого развития и преобразования сложившихся урбанизированных поселений.

Построена концептуальная модель разукрупнения участка городской территории на основе выявленной методики. Нарботанные практические приемы воплощения подобных стратегий могут быть применены в дальнейшем развитии урбанизированных территорий, как новых, так и уже сложившихся.

Заключение

В Западной практике регенерацию рассматривают, как современный и интегрированный подход к решению городских проблем, приводящий к устойчивому развитию и улучшению экономических, структурных, социальных и ландшафтных условий территории [7]. Данное определение подразумевает отход от понятия «приоритета собственности» при девелопменте, к более сбалансированной концепции устойчивости (экономической, социальной и природно-ландшафтной), стратегического видения и партнерства. Это дает возможность подойти к проблеме структурно-планировочного преобразования урбанизированных территорий, как к многоуровневому процессу, при котором регенерация отдельной площадки должна приводить к изменению природы города в целом. В этом случае процессы рассматриваются не изолированно (независимо от размера изменений и территории), но комплексно с целью превращения в «драйверы» для дальнейшего развития [6, 8]. Сегодня город становится своего рода мозаикой из проектов и процессов по преобразованию, инициированных частными инвесторами, государством либо их партнерством.

Список библиографических ссылок

1. Winston N. Regeneration for sustainable communities? Barriers to implementing sustainable housing in urban areas. *Sustainable Development*. 2010. № 18 (6). P. 319–330.
2. Justin Hollander, Niall Kirkwood Principles of brown field regeneration: cleanup, design and reuse of derelict land. Washington: IslandPress. 2010. 138 p.
3. Исмагилова С. Х., Залетова Е. А. Вопросы структурно-планировочных преобразований районов массовой жилой застройки // *Известия КГАСУ*. 2015. № 4 (34). С. 129–134.
4. Исмагилова С. Х., Залетова Е. А. Формирование ландшафтно-рекреационного и транспортного каркасов городского округа г. Казань // *Известия КГАСУ*. 2016. № 3 (37). С. 110–117.

5. Залетова Е. А. Возможности изменения ландшафтно-плотностных параметров застройки, как современная парадигма планирования и реорганизации урбанизированных поселений // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 67–74.
6. Набиуллина К. Р. Управленческие инновации при реализации проектов формирования комфортной городской среды (на примере республики Татарстан) // European Social Science Journal. 2017. № 6. С. 129–134.
7. Roberts P., Sykes H. Urban Regeneration: A Handbook. London : SAGE Publications. 2000. 273 p.
8. Kristian Ruming. Urban regeneration in Australia: policies, processes and projects of contemporary urban change. New York : Routledge. 2018. 380 p.
9. Jeffrey Tumlín. Sustainable transportation planning: tools for creating vibrant, healthy, and resilient communities. Wiley. 2012. 310 p.
10. Mike Lydon, Anthony Garcia. Tactical urbanism. Island Press, 2015. 255 p.

Zalyotova Elena Alexandrovna

senior lecturer

E-mail: salen07@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Questions of structural regeneration of the developed urban areas

Abstract

Problem statement. The purpose of the article consists in identification of receptions and the principles of structural and spatial transformations of the developed urban areas.

Results. As a result of research the need of reconsideration of the relation to city planning in general and potential to sustainable development of municipal and warehouse territories (Brownfields) at their complex use is formulated. The principles and methods of structural and density and morphological transformations which can be used in projects of sustainable development and transformation of the developed urbanized settlements are developed. The formalized model of structural reorganization of the explored territory on the basis of which there is an approbation of the revealed principles of regeneration is under construction.

Conclusions. The importance of the received results for town-planning science consists in development of new approaches to identification and formation of structure of the broken up into smaller units urban areas; in formulation of the basic principles which are the cornerstone of structural and planning transformations and creation of model of town-planning renovation of municipal and warehouse zone. The acquired practical receptions of the embodiment of similar strategy can be applied in further development of the urbanized territories, both new, and already developed.

Keywords: regeneration, structural and planning reorganization, framework, structure of centrality, densification.

References

1. Winston N. Regeneration for sustainable communities? Barriers to implementing sustainable housing in urban areas. Sustainable Development. 2010. № 18 (6). P. 319–330.
2. Justin Hollander, Niall Kirkwood Principles of brown field regeneration: cleanup, design and reuse of derelict land. Washington: IslandPress. 2010. 138 p.
3. Ismagilova S. H., Zaletova E. A. Questions of restructuring of large scale housing estates // Izvestiya KGASU. 2015. № 4 (34). P. 129–134.
4. Ismagilova S. H., Zaletova E. A. Forming of landscape-recreational and transport frameworks of the city of Kazan // Izvestiya KGASU. 2016. № 3 (37). P. 110–117.

5. Zaletova E. A. The possibilities of change the green-dense features, as modern paradigm of planning and reorganization of the urban settlements // *Izvestiya KGASU*. 2017. № 3 (41). P. 67–74.
6. Nabiullina K. R. Management innovations at implementation of projects of formation of the comfortable urban environment (on the example of the Republic of Tatarstan) // *European Social Science Journal*. 2017. № 6. P. 129–134.
7. Roberts P., Sykes H. *Urban Regeneration: A Handbook*. London : SAGE Publications. 2000. 273 p.
8. Kristian Ruming. *Urban regeneration in Australia: policies, processes and projects of contemporary urban change*. New York : Routledge. 2018. 380 p.
9. Jeffrey Tumlín. *Sustainable transportation planning: tools for creating vibrant, healthy, and resilient communities*. Wiley, 2012. 310 p.
10. Mike Lydon, Anthony Garcia. *Tactical urbanism*. Island Press, 2015. 255 p.



УДК536.2.022, 697.137.2

Добросмыслов Сергей Сергеевич

научный сотрудник

E-mail: dobrosmislov.s.s@gmail.com

Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук

Адрес организации: 660036, Россия, г. Красноярск, ул. Академгородок, д. 50

Пылаева Марина Махмудовна

аспирант

E-mail: marina_khodjaeva@mail.ru

Огорельцева Нина Валерьевна

аспирант

E-mail: xomyak1994@gmail.com

Перькова Марина Александровна

аспирант

E-mail: dero-gai@mail.ru

Сибирский федеральный университет

Адрес организации: 660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 82а

Изменение теплофизических характеристик наружных ограждающих конструкций в условиях реального температурно-влажностного режима

Аннотация

Постановка задачи. В наружных ограждающих конструкциях вследствие изменения влажности материалов в течение года изменяются теплофизические характеристики. Целью исследования является повышение достоверности расчетов тепло- и влагопереноса через наружные ограждающие конструкции и их сопротивления теплопередаче с учетом зависимости теплопроводности от сорбционной влажности.

Результаты. Полученные результаты показали, что в процессе эксплуатации зданий слои наружной ограждающей конструкции работают при различных влажностных условиях и использование для всех слоев в одной конструкции условий А и Б некорректно. По результатам вычислений значения сопротивления теплопередаче отличаются от проектной величины, представленной в СП 50.13330.2012, на 1-16 %.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в совершенствовании нормативной документации путем повышения точности вычисления коэффициента теплопроводности и, следовательно, повышения точности вычислений сопротивления теплопередаче.

Ключевые слова: теплопроводность, сорбционная влажность, режим эксплуатации, наружные ограждающие конструкции, сопротивление теплопередаче.

Введение

Наружные ограждения зданий защищают помещения от атмосферных воздействий, а также выполняют функции защиты и регулирования воздушного, теплового и влажностного режимов. Влажностный режим влияет на теплофизические свойства применяемых материалов [1]. В свою очередь от теплофизических свойств зависят энергозатраты необходимые на эксплуатацию здания.

Основной величиной, от которой зависят теплофизические свойства, является сорбционная влажность, которая, в свою очередь, зависит от температуры и влажности материалов. Под сорбцией строительных материалов чаще всего понимается физическая адсорбция водяного пара из воздуха на внутренних капиллярах, щелях, пустотах и прочих поверхностях, а также капиллярная конденсация водяного пара в его порах [2].

В процессе эксплуатации зданий происходит изменение температурных и влажностных полей, как в зависимости от времени, так и по толщине ограждающих конструкций. В ряде случаев, в связи с существенной тепловой инерцией зданий, данный процесс можно не рассматривать как зависящий от времени и, следовательно, решать

задачу можно в стационарном приближении. В этом случае теплофизические свойства определяются эксплуатационной влажностью.

Эксплуатационная влажность материала – это влагосодержание в слоях ограждения относительно воздействующих на него температурно-влажностных факторов внутренних и наружных сред. Влагосодержание в материале конструкции становится равновесным после продолжительной эксплуатации здания [3, 4] и меняется в течении года.

В действующем СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» при оценке теплотехнических характеристик многослойных конструкций стен зданий влажность учитывается для двух условий эксплуатации – А или Б, которые в свою очередь определяются климатом района строительства. Коэффициент теплопроводности материалов при данных условиях эксплуатации выбирается постоянным. В реальных условиях влажностное состояние меняется в зависимости от расположения и температуры рассматриваемой области [5, 6]. Следовательно, при расчете сопротивления теплопередаче допускается неточность, связанная с использованием постоянных значений теплофизических свойств ограждающих конструкций. В работах [7-11] показано, что относительная влажность воздуха в материалах при эксплуатации зданий изменяется, как правило, в диапазоне 20-85 %. В этом диапазоне относительной влажности воздуха и будут формироваться теплофизические свойства материальных слоев ограждающих конструкций. В случае учета реальных температурных и влажностных полей будет повышена точность расчетов, выполняемая при проектировании здания.

Цель работы – повышение достоверности расчетов тепло- и влагопереноса через наружные ограждающие конструкции и сопротивления теплопередаче с учетом зависимости теплопроводности строительных материалов от сорбционной влажности.

Постановка задачи

В процессе эксплуатации зданий и сооружений через пористую ограждающую конструкцию проходит два потока – поток тепла и поток влаги. Процесс переноса тепла определяется уравнением теплопроводности, а процесс переноса влаги можно рассмотреть при помощи уравнения диффузии. Для задач влагопереноса при проектировании зданий уравнение диффузии записывается через парциальные давления водяного пара и коэффициента паропроницаемости. Зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры аппроксимируется аналитической зависимостью, а зависимость теплопроводности от сорбционной влажности и сорбционной влажности от относительной влажности воздуха целесообразно взять из результатов экспериментальных исследований. Следовательно, при решении поставленной задачи можно воспользоваться следующей системой уравнений (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \lambda \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial e}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial e}{\partial y} = 0 \\ E = 1,84 \times 10^{11} \exp\left(\frac{-5330}{T}\right) \\ \varphi = \frac{e}{E} 100\%; l = f(W); W = f(\varphi) \end{array} \right. , \quad (1)$$

где l – коэффициент теплопроводности, Вт/(м град); T – температура, К; μ – коэффициент паропроницаемости, кг/(смжПа); E – давление насыщенного водяного пара, Па; j – относительная влажность, %; e – парциальное давление водяного пара, Па.

Условия однозначности

В исследовании был рассмотрен конструкционно-теплоизоляционный блок – красный полнотелый кирпич, плиты пенополистирольные, кирпич глиняный пустотелый и штукатурка из цементно-песчаного раствора. Геометрические размеры расчетной области представлены на рис. 1.

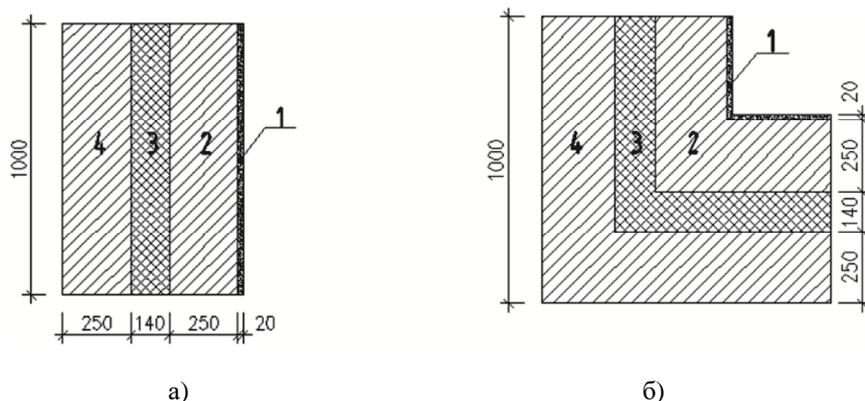


Рис. 1. Расчетная схема конструкции: а) по глади стены, б) угловое сопряжение стены:
 1 – штукатурка из цементно-песчаного раствора; 2 – кирпич глиняный пустотелый;
 3 – плиты пенополистирольные; 4 – красный полнотелый кирпич

Для решения задачи были применены тепло-влажностные и расчетные характеристики используемых строительных материалов, взятые из СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (табл. 1).

Таблица 1

**Тепло-влажностные характеристики материалов,
 используемых в расчете наружных ограждающих конструкций**

Материал	Плотность материала в сухом состоянии ρ_0 , кг/м ³	Влажность W, %		Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м ² С)		Коэффициент паропроницаемости μ , кг/(м ² чПа)
		А	Б	А	Б	
Условия эксплуатации		А	Б	А	Б	А, Б
Кирпич глиняный пустотелый	1600	2	4	0,58	0,7	$4,17 \times 10^{-11}$
Плиты пенополистирольные	25	2	10	0,038	0,044	$1,39 \times 10^{-11}$
Красный полнотелый кирпич	1800	1	2	0,7	0,81	$3,06 \times 10^{-11}$
Штукатурка из цементно-песчаного раствора	1800	2	4	0,76	0,93	$2,50 \times 10^{-11}$

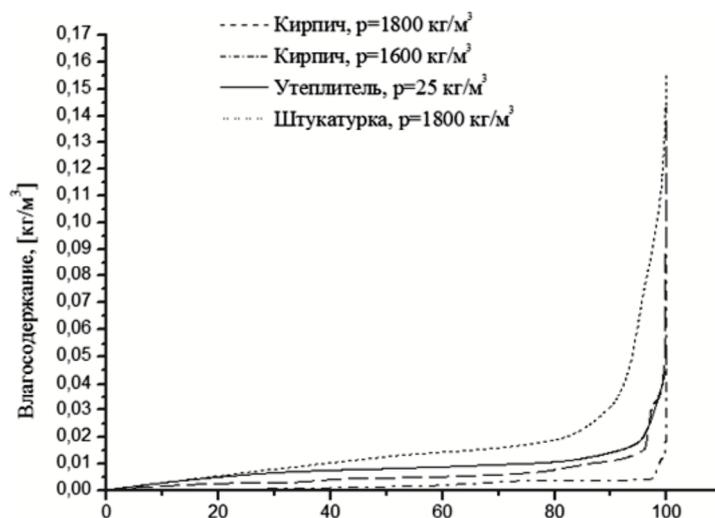


Рис. 2. График зависимости влажностенержания материалов от относительной влажностенержания

На рис. 2-3 приведены значения сорбционной влажности от влажности воздуха и теплопроводности в зависимости от сорбционной влажности, полученные с Фраунгоферского института строительной физики. В качестве реальных эксплуатационных условий были выбраны значения парциального давления водяного пара и средняя температура для самого холодного месяца (января) согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».

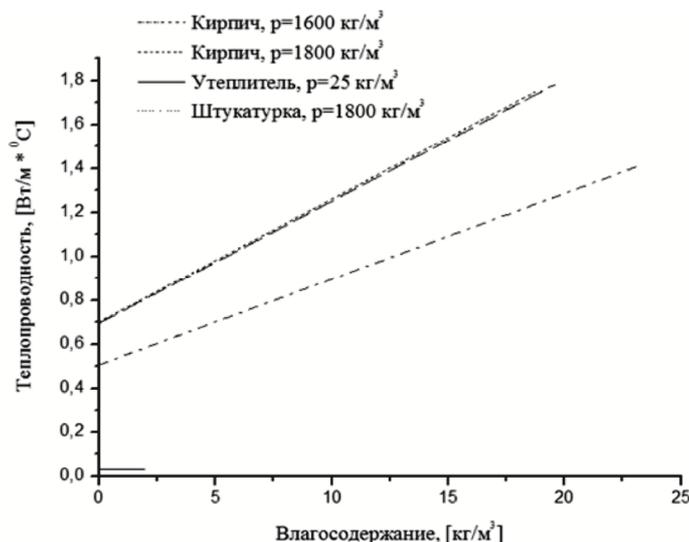


Рис. 3. График зависимости теплопроводности материалов от влагосодержания

Граничные условия, используемые в расчете, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Граничные условия, используемые в расчете

	Коэффициент теплоотдачи, α_v, α_n Вт/м ² ·°C	Температура, °C	Парциальное давление, e, Па
Внешняя	23	-16	140
Внутренняя	8,7	21	1367

Интерпретация и обсуждение результатов исследования

Для повышения достоверности определения температурно-влажностных характеристик наружных ограждающих конструкций, задача (1) решалась для геометрических размеров, представленных на рис. 1. Расчет велся для условий эксплуатации А и Б, а также для реальных условий эксплуатации при которых значение теплопроводности определялось в соответствии с температурно-влажностными полями и экспериментальными значениями приведенными на рис. 2-3. Расчет осуществлялся в программном комплексе Comsol Multiphysics 3.5a.

С целью формирования количественной оценки результатов полученные значения теплового потока и сопротивления теплопередаче для реального случая эксплуатации сравнивались с условиями А и Б.

Сопротивление теплопередаче материалов наружных ограждающих конструкций в реальных условиях эксплуатации и в условиях эксплуатации А и Б определялось с учетом актуальных тепло-влажностных характеристик по формуле (2):

$$R = \frac{\Delta T}{q}, \quad (2)$$

где ΔT – разность температур, °C;

q – плотность теплового потока, Вт/м².

Отличие сопротивления теплопередаче использованного в предложенной модели от проектной величины, представленной в СП 50.13330-2012 «Тепловая защита зданий» рассчитывалась по зависимости (3):

$$\Delta = \frac{|R_{\text{реал}} - R_{\text{А,Б}}|}{R_{\text{А,Б}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $R_{\text{реал}}$ – сопротивление теплопередаче в реальных условиях эксплуатации, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$; $R_{\text{А}}$ – сопротивление теплопередаче в условиях эксплуатации А, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$; $R_{\text{Б}}$ – сопротивление теплопередаче в условиях эксплуатации Б, $\text{м}^2\text{°C/Вт}$.

Результаты вычислений сведены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты вычислений теплопроводности материалов
наружных ограждающих конструкций**

Вариант расчета	Плотность теплого потока, q , Вт/м ²	R_0 , м ² °C/Вт	Сопротивление теплопередаче материала R в различных условиях эксплуатации, м ² °C/Вт	D, %
По глади стены				
Условие эксплуатации А	7,94	4,66	4,66	1,0
Условие эксплуатации Б	9,11	4,06	4,06	14,2
Расчет в рамках предложенной модели	7,98	–	4,64	–
Угловое сопряжение				
Условие эксплуатации А	9,52	4,66	7,77	2,0
Условие эксплуатации Б	10,90	4,06	6,79	16,5
Расчет в рамках предложенной модели	9,36	–	7,91	–

Заключение

Для определения реального значения коэффициента теплопроводности было проведено численное моделирование процесса тепло- и влагопереноса через модельную стеновую наружную ограждающую конструкцию.

Полученные результаты показали, что в процессе эксплуатации зданий слои наружной ограждающей конструкции работают при различных влажностных условиях и использование для всех слоев в одной конструкции условий А и Б некорректно.

Полученные значения сопротивления теплопередаче отличаются от проектной величины, представленной в СП 50.13330.2012, на 1-16 %.

Для более точной оценки сопротивления теплопередаче необходимо использовать зависимость теплопроводности от сорбционной влажности материалов.

В тоже время не было исследовано поведение данной конструкции в экстремальных условиях, а также не было исследовано влияние теплопроводных включений в данную конструкцию, что, в свою очередь, может привести к изменению температурно-влажностных характеристик и, как следствие, вычисленных значений.

Список использованных источников

1. Гагарин В. Г., Пастушков П. П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 7–9.
2. Гагарин В. Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий, диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М. : 2000.

3. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Математическая модель и инженерный метод расчета влажностного состояния ограждающих конструкций // Академия. Архитектура и строительство. 2006. № 2. С. 60–63.
4. Малявина Е. Г. Теплопотери здания: справочное пособие // «АВОК-ПРЕСС». 2007. № 4. 265 с.
5. Иванцов А. И., Куприянов В. Н. Режим эксплуатации многослойных стеновых ограждающих конструкций, как основа прогнозирования их срока службы // Известия КГАСУ. 2014. № 3 (29). С. 32–40.
6. Петров А. С., Куприянов В. Н. Переменное значение паропроницаемости материалов в условиях эксплуатации и его влияние на прогнозирование влажностного состояния ограждающих конструкций // Строительные науки. 2016. № 6 (738). С. 97–105.
7. Киселев И. Я. Влияние равновесной сорбционной влажности строительных материалов на сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий // Жилищное строительство. 2013. № 6. С. 39–40.
8. Гагарин В. Г., Пастушков П. П., Реутова Н. А. К вопросу о назначении расчетной влажности строительных материалов по изотерме сорбции // Строительство и реконструкция. 2015. № 4 (60). С. 152–155.
9. Langlais C, Hyrien M, Klarsfield S. Influence of moisture on heat transfer through fibrous insulating materials // ASTM STP. 1983. № 789. P. 563–581.
10. Sandberg P. I. Thermal resistance of wet insulation materials // Swedish national testing institute. Technical report. 1986. № 229. 39 p.
11. Bomberg M. Moisture research in North America. In: Research and Development in Building Physics during the Last 25 Years. Stockholm, 1992. P. 57–94.

Dobrosmyslov Sergey Sergeyevich

researcher

E-mail: dobrosmislov.s.s@gmail.com

Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

The organization address: 660036, Russia, Krasnoyarsk, Akademgorodok st., 50

Pylaeva Marina Mahmudovna

post-graduate student

E-mail: marina_khodjaeva@mail.ru

Ogoreltseva Nina Valeryevna

post-graduate student

E-mail: xomyak1994@gmail.com

Perkova Marina Alexandrovna

post-graduate student

E-mail: dero-gai@mail.ru

Siberian federal university

The organization address: 660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny st., 82a

**Changes of thermophysical characteristics of external fencing constructions
under conditions of real temperature-humidity regime**

Abstract

Problem statement. In the outer enclosing structures, due to changes in the moisture content of the materials, the thermophysical characteristics change throughout the year. The purpose of the study is to increase the reliability of calculations of heat and moisture transfer through external enclosing structures and their resistance to heat transfer, taking into account the dependence of thermal conductivity on sorption humidity.

Results. The obtained results showed that during the operation of buildings the layers of the outer enclosing structure operate under different humidity conditions and the conditions A and B for all layers in one design are not correct. According to the results of calculations, the values of thermal resistance differ from the design value, presented in SP 50.13330.2012, by 1-16 %.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is to improve the normative documentation by increasing the accuracy of calculating the thermal conductivity and, consequently, increasing the accuracy of calculating the thermal resistance.

Keywords: thermal conductivity, sorption humidity, operating mode, external enclosing structures, resistance to heat transfer.

References

1. Gagarin V. G., Pastushkov P. P. Quantitative assessment of energy efficiency energy-saving measures // *Stroitel'nyye materialy*. 2013. № 6. P. 7–9.
2. Gagarin V. G. Theory of the state and transport of moisture in building materials and the heat-shielding properties of the enclosing structures of buildings, the thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences. M. : 2000.
3. Gagarin V. G., Kozlov V. V. Mathematical model and engineering method for calculating the moisture state of enclosing structures // *Academy. Architecture and construction*. 2006. № 2. P. 60–63.
4. Malyavina E. G. Heat loss of the building: reference book // AVOK-PRESS. 2007. № 4. 265 p.
5. Ivantsov A. I., Kupriyanov V. N. Mode of operation of multilayered walled enclosing structures, as a basis for predicting their service life // *Izvestiya KGASU*. 2014. № 3 (29). P. 32–40.
6. Petrov A. S., Kupriyanov V. N. Variable value of vapor permeability of materials under operating conditions and its influence on the prediction of the moisture state of enclosing structures // *Stroitel'nyye nauki*. 2016. № 6 (738). P. 97–105.
7. Kiselev I. Ya. Influence of the equilibrium sorption humidity of building materials on the resistance to heat transfer of external enclosing structures of buildings // *Zhilishchnoye stroitel'stvo*. № 6. 2013. P. 39–40.
8. Gagarin V. G., Pastushkov P. P., Reutova N. A. On the design of the calculated moisture of building materials on the sorption isotherm // *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2015. № 4 (60). P. 152–155.
9. Langlais C., Hyrien M., Klarsfield S. Influence of moisture on heat transfer through fibrous insulating materials // *ASTM STP*. 1983. № 789. P. 563–581.
10. Sandberg P. I. Thermal resistance of wet insulation materials // *Swedish national testing institute. Technical report*. 1986. № 229. 39 p.
11. Bomberg M. Moisture research in North America. In: *Research and Development in Building Physics during the Last 25 Years*. Stockholm, 1992. P. 57–94.

УДК 624.012.35/45

Замалиев Фарит Сахапович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: zamaliev49@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Исмагилов Булат Тагирович

инженер проектировщик

E-mail: bulatik65@yandex.ru

НПП «ГКС»

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Московская, д. 35

Численные и натурные исследования анкерных связей сталежелезобетонных конструкций

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить закономерности напряженно-деформированного состояния и предельную несущую способность анкерных связей, наиболее используемых в сталежелезобетонных конструкциях.

Поставлена задача на основе анализа технической отечественной и зарубежной литературы выявить наиболее используемые в гражданском строительстве анкерные устройства. Провести натурные испытания и численные эксперименты на моделях сталежелезобетонных призм с различными анкерными устройствами.

Результаты. Основные результаты исследований состоят из определения ряда положений деформативности, выявления в сталежелезобетонной конструкции напряженного состояния контактного шва «сталь-бетон» и оценки результатов численных и натурных исследований.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в выявлении напряженно-деформированного состояния контактного шва сталежелезобетонного элемента. Результаты исследований, закономерности контактного шва сталежелезобетонных изгибаемых элементов могут быть использованы при возведении балочных конструкций новых зданий сборно-монолитного, сталежелезобетонного, деревобетонного сечения и при восстановлении работоспособности перекрытий зданий, отслуживших свой нормативный срок.

Ключевые слова: сталежелезобетонные конструкции, анкерные связи, эксперименты, прочность анкера.

Введение

Обеспечение надежной совместной работы конструкций составного сечения, каковыми являются сталежелезобетонные конструкции – одна из главных задач. Наличие в структуре составной конструкции из бетона и стали с резко отличающимся модулем упругости и прочностными свойствами материалов, накладывает к конструктивному элементу и к конструктивным решениям анкерных устройств повышенные требования. При выборе конструкций анкерных связей требуется исследовать анкерные устройства с позиций экономичности по расходу материала, надежности работы и прочности.

Актуальной задачей является проблема обеспечения надежности соединения слоев составного сечения в сталежелезобетонных конструкциях, возникающих в начале появления составных конструкций. Инженерам надо найти рациональное анкерное устройство с позиции прочности, а исследователям надо проанализировать на основе численных и натурных экспериментов деформативность и прочность выбранного инженерами рационального анкерного устройства.

Обзор литературы

«Интенсивные исследования анкерных связей начались в период исследований сборно-монолитных железобетонных конструкций. Еще в начальный период исследований необходимо было обеспечить совместную работу сборной и монолитной частей железобетонной конструкции» [1, 2]. В этих исследованиях главным вопросом являлось выявление предельной несущей способности анкерной связи по контакту «шва».

«В начальный период применения сталежелезобетонных конструкций в гражданских зданиях в качестве анкерных связей применяли отрезки трубы, уголка, швеллера, пружины и т. д.» [3, 5]. В европейских развитых странах широко распространены стад-болты – прямолинейные гладкие стержни со шляпкой» [5]. «Французские исследователи, кроме стад-болтов, предлагают и «П»-образные вертикальные и наклонно расположенные анкерные скобы» [6]. «Инженеры из компании ArcelorMittal разработали сталежелезобетонную балку, состоящую из верхней полки из бетона и нижнего стального профиля, которые соединяются между собой на крючкообразных выступах стенки профиля. У нас в стране выдан патент на перекрытие с упрощенным вариантом соединения балки с бетонной балкой через роугообразные выступы» [10].

«Оценка прочности соединения слоев в действующих отечественных нормах сводится к расчету прочности анкерной связи отдельно для каждого материала (бетон или сталь), элемента соединения: вырывание или скол бетона и сопротивление анкерного стержня, а, в случае монолитного перекрытия со стальным профнастилом, также рассматривается сопротивление вырыванию и разрыву настила» [11].

Исследование

Анализ теоретических [1-3] и экспериментальных исследований контакта шва сборно-монолитных, деревобетонных [9] и сталежелезобетонных конструкций [8, 10, 11-15] привел к необходимости экспериментально-теоретических исследований анкерных соединений, наиболее часто используемых в перекрытиях гражданских зданий. Для наиболее быстрого выявления напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных конструкций используется пакет программ ANSYS. Однако, экспериментальные исследования, несмотря на материальные затраты и долговременность выполнения, дают наиболее естественные результаты по сравнению с поведением конструкций под эксплуатационной нагрузкой.

Сталежелезобетонные призмы при численном эксперименте моделировались с помощью ПК ANSYS по схеме соответствующей экспериментальным исследованиям. При численном эксперименте с помощью программного комплекса расчеты выполнялись в три этапа: на первом этапе моделировались конечно-элементные образцы призмы, на втором этапе записывались необходимые условия нагружения и физико-механические свойства модели, на третьем этапе производится решение комплекса уравнений методом конечного элемента (рис. 1).

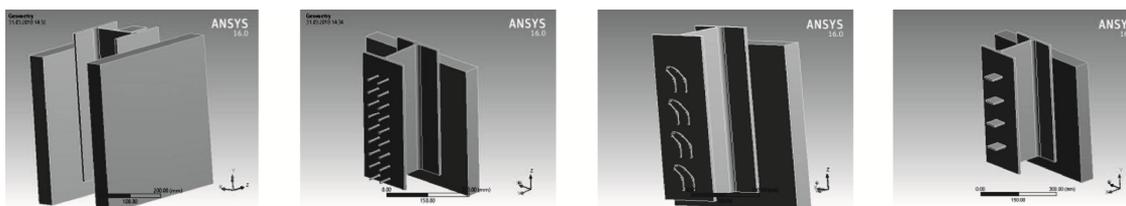


Рис. 1. Общий вид модели призмы: анкера из арматурных стержней; анкера из петлеобразных «хомутов»; анкера из стальных пластин

Картина напряжений и деформаций анкерных связей представлена на рис. 2.

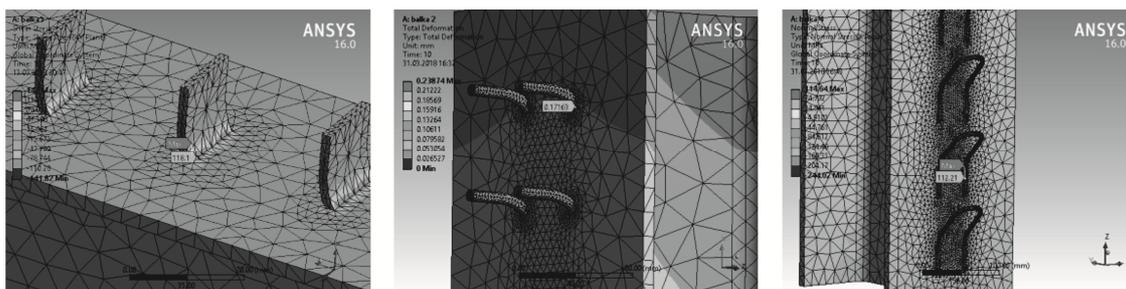


Рис. 2. Мозаика напряжений и деформаций в анкерах

Используя результаты численных исследований, были изготовлены модели призм для экспериментальных исследований. Для моделей использованы: двутавр из стали С245, арматурные стержни и пластины из А500, класс бетона – В30. Были изготовлены образцы с вертикальными стержнями, наклонными петлеобразными «хомутами» и со стальными пластинами с разным шагом между ними (рис. 3).

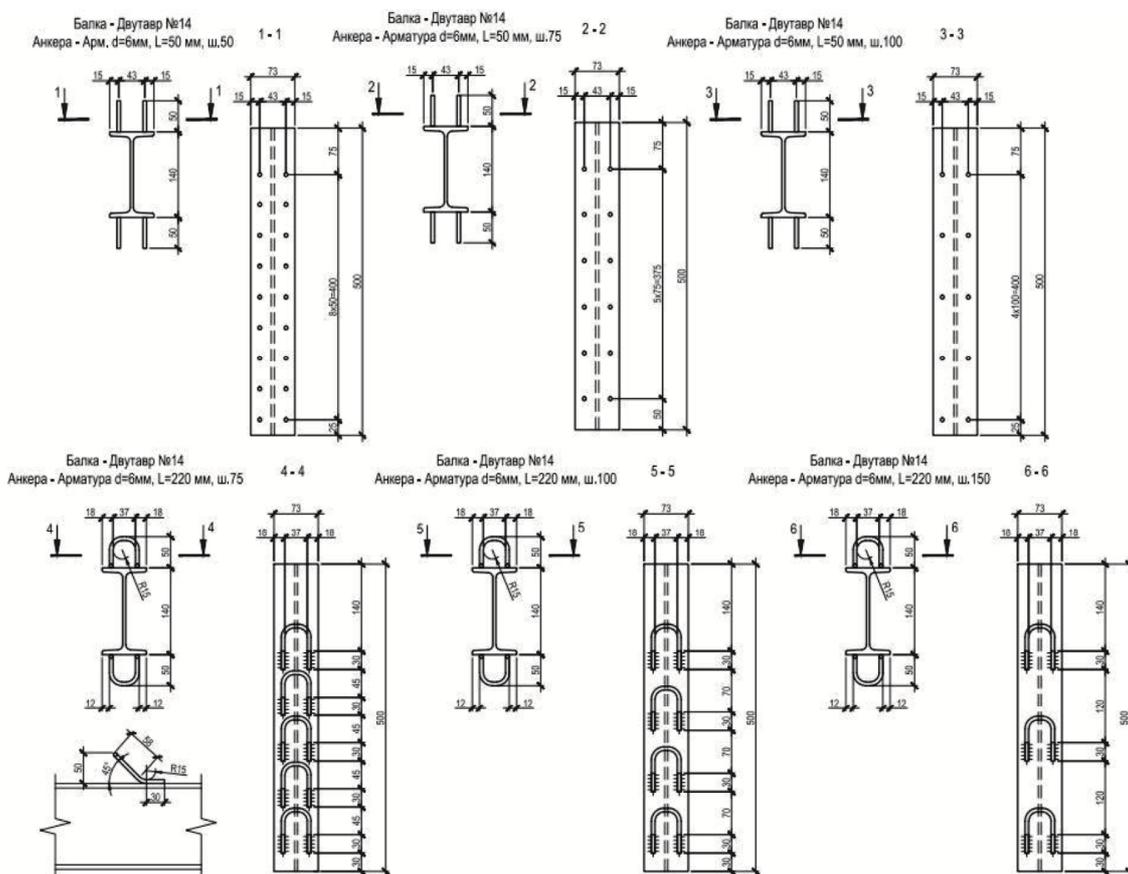


Рис. 3. Сталежелезобетонные призмы с прямолинейными стержнями и петляобразными «хомутами»

Призмы испытывались в условиях лаборатории КГАСУ. Нагрузка передавалась посредством гидравлической системы прессы ИПС-200. В процессе испытания измерялись деформации бетона полки и стали двутавра, а также анкерных связей с помощью тензодатчиков, наклеенных на поверхности бетона, балки и анкера. Для защиты от влаги тензодатчики на анкерах, оставляемые в теле бетона, были защищены специальными составами. Деформации на бетоне и стали фиксировались тензодатчиками с базами 50 мм и 20 мм, соответственно, через АИД-4 с магазином переключателей, сдвиг слоев замерялся индикаторами часового типа И4 (рис. 4).

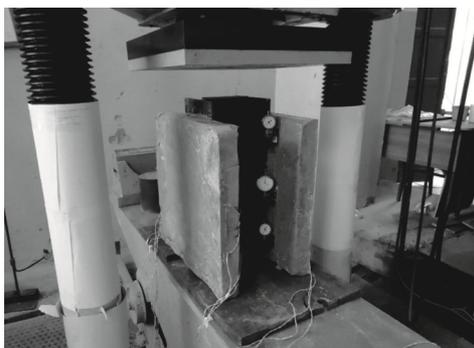


Рис. 4. Общий вид испытания призм

Для проверки работоспособности испытательной системы проводилось вначале пробное испытание с силой 0,5 тс. После снятия показаний по всем приборам, т.е. после проверки системы, испытание проводилось нагружением ступенями по 1,5 т от ожидаемой разрушающей нагрузки. На ступенях во время выдержек снимались показатели по тензодатчиком, И4, т. е. фиксировались деформации бетона и стали, перемещения.

Разрушающая нагрузка фиксировалась по показаниям шкалы испытательного пресса в момент физического разрушения образца. За предельное значение нагрузки принималась нагрузка, при которой происходило полное физическое разрушение образцов. Развитие трещин в теле боковой плиты главным образом наблюдалась перед разрушением. Разрушение произошло из-за отрыва бетонной плиты от стального двутавра. Общий вид и характер разрушения призм приведен на рис. 5.



Рис. 5. Сталежелезобетонные призмы после испытаний в прессе ИПС200

На рис. 6-7 изображены графики напряжений для вертикальных анкеров.

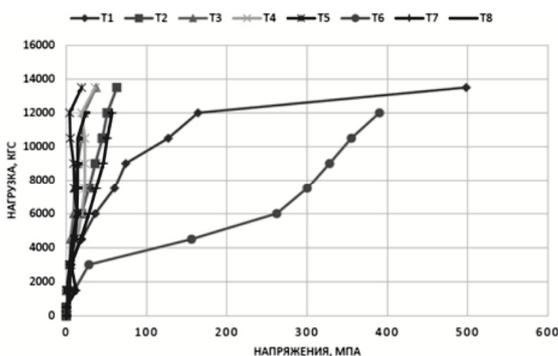


Рис. 6. Зависимости напряжений для анкеров в виде пластин

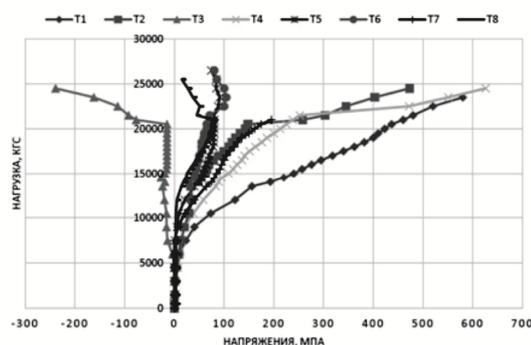


Рис. 7. Зависимости напряжений для вертикальных анкеров

Графики относительных зависимостей напряжений от нагрузки и относительных деформаций для всех трех видов анкерных устройств, приведены на рис. 8-9.

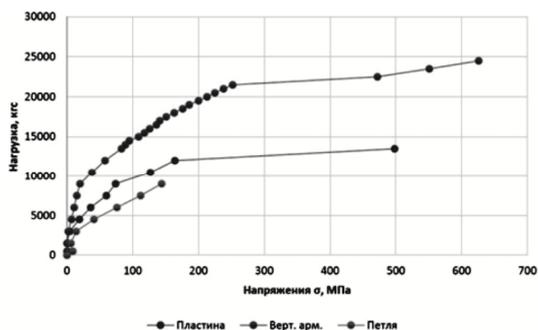


Рис. 8. Относительные зависимости напряжений

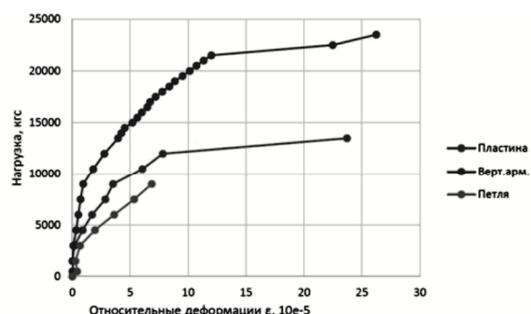


Рис. 9. Относительные зависимости деформаций

На рис. 10-11 приведены графики зависимости деформаций для разных шагов анкерных устройств (вертикальный анкер и петлеобразный анкер).

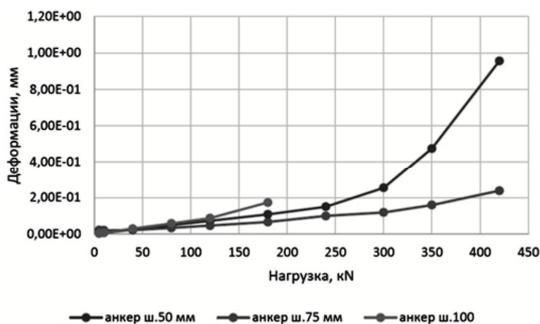


Рис. 10. Зависимости деформаций для вертикальных анкеров

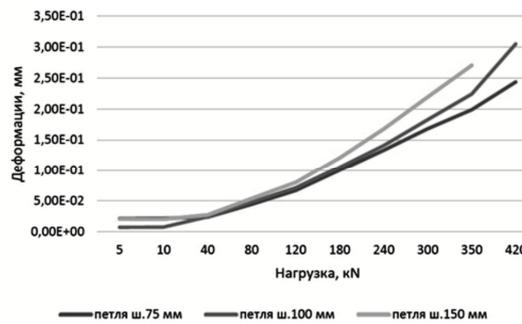


Рис. 11. Зависимости деформаций для петлеобразных анкеров

На рис. 12-13 приведены графики сравнений деформаций и напряжений для вертикальных анкеров и пластин.

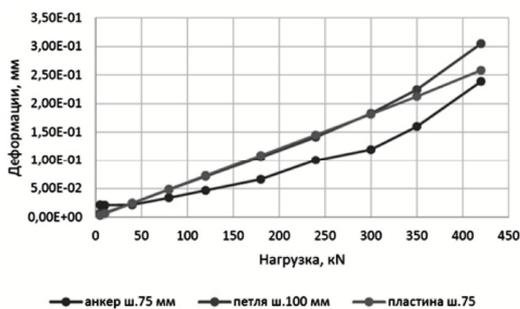


Рис. 12. Графики сравнений деформаций

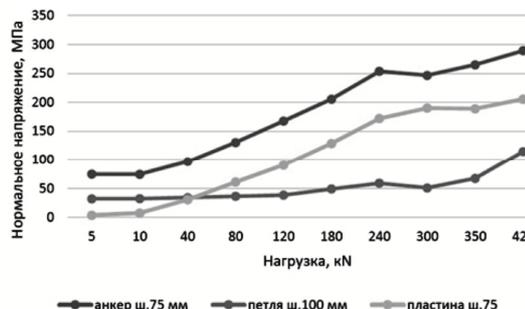


Рис. 13. Графики сравнения напряжений

На рис. 14 приведены сравнения напряжений по ANSYS и эксперименту.

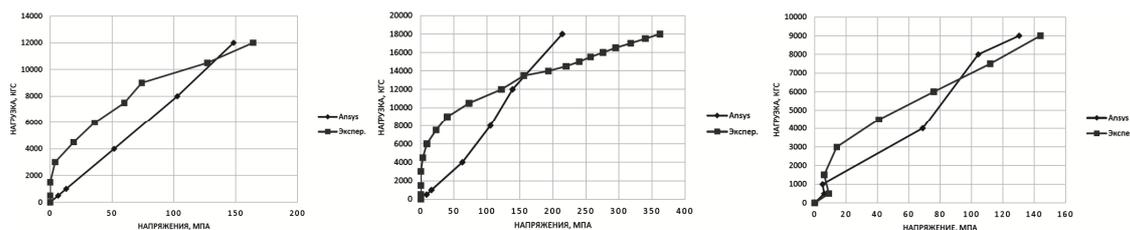


Рис. 14. График сравнений для разных видов анкеров

Заключение

1. Изучены особенности напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных призм на действие статических нагрузок.
2. Выполнены расчеты на ПК ANSYS сталежелезобетонных призм, позволившие выявить картину напряженно-деформированного состояния контактного шва, этапы развития трещин, пластических деформаций в бетонной полке и в анкерных связях.
3. Натурные испытания показали:
 - в пластинчатых анкерах пластические деформации начались при достижении нагрузки 12 тс, а в вертикальных анкерах – 22,5 тс;
 - наибольшие перемещения получены: для призм с петлеобразными анкерами – 1,5 мм, для призм с пластинками 2,2 мм, для призм с вертикальными анкерами – 2,849 мм;

- разрушение бетонных плит призм происходит в основном по линии среза анкерными устройствами;
 - разрушение призм происходит от отрыва контакта, среза плит и от развития пластических деформаций в анкерных связях.
4. Несущая способность призм с вертикальными анкерами на 37,7 и 49 % выше призм с петлями и пластинками, соответственно.
5. Сравнение результатов численного эксперимента с данными натуральных экспериментов показывает расхождение результатов и составляет:
- до 18 % по напряжениям;
 - до 10 % по перемещениям;
 - 15-21 % по несущей способности.

Список библиографических ссылок

1. Валева Г. С. Прочность и деформативность сборно-монолитных железобетонных конструкций по контактному шву с учетом длительного действия статических нагрузок. Казань, 1988.
2. Хасанов Р. Р. Прочность и выносливость плоских контактных швов сборно-монолитных железобетонных конструкций в зоне действия изгибающих моментов и поперечных сил. Казань, 2001.
3. Горева В. В. Металлические конструкции. Спецконструкции и сооружения, т. 3. М., 2005. С. 295–303.
4. Замалиев Ф. С. Сталежелезобетонные конструкции при реконструкции исторических городов // Проблемы реконструкции и возрождения исторических городов: материалы Российского научно-практического семинара. Казань, 1999. С. 88–95.
5. Construction metallique. Revue : Paris, France, № 1-4, 1985, № 4, 1991.
6. Замалиев Ф. С. К оценке прочности анкерных связей изгибаемых сталежелезобетонных конструкций // Известия КГАСУ. 2015. № 1 (31). С. 80–85.
7. Замалиев Ф. С. К расчету сопряжения плиты с балкой в сталежелезобетонных конструкциях // Известия КГАСУ. 2016. № 3 (37). С. 222–228.
8. Абдрахманов И. С. Прочность и деформативность деревожелезобетонных изгибаемых элементов при статических и повторных нагружениях. М., 2009. 43 с.
9. Сборно-монолитное перекрытие : пат. 1711032 Рос. Федерация. № 2017101737 ; заявл. 19.01.17 ; опубл. 22.05.17, Бюл. № 15.
10. Айрумян Э. Л., Каменщиков Н. И., Румянцева И. А. Особенности расчета монолитных плит сталежелезобетонных покрытий по профилированному стальному настилу // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 9. С. 21–26.
11. Hadzalic E., Barucija K. Concrete shrinkage effects in composite beam // Construction of unique buildings and structures, 2014. № 11 (26). P. 85–93.
12. Champenois D., Corfdir A., Corfdir P. Calculating the critical buckling force in compressed bottom flanges of steel-concrete composite bridges // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2014. № 18 (3). P. 271–292.
13. BSI (2010) BS 5950-3.1.A1. Structural use of steelwork in buildings. Design in composite construction. Code of practice for design of simple and continuous composite beams. BSI, London.
14. Замалиев Ф. С., Каюмов Р. Г. К расчету сталежелезобетонного перекрытия как ортотропной плиты // Известия КГАСУ. 2014. № 1 (27). С. 94–99.
15. Kayumov R. A., Muhamedova I. Z., Suleymanov A. M., Tazyukov B. F. Development of film- and fabric- composite materials durability assessing methodology under time-dependent influences of temperature and solar radiation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016 V. 158 010250.

Zamaliy Farit Sakhapovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: zamaliy49@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Civil Engineering**

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

Ismagilov Bulat Tagirovich

design engineer

E-mail: bulatik65@yandex.ru**NPP«GKS»**

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Moskovskaya st., 35

Numerical and full-scale studies of anchor links of steel reinforced structures**Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to reveal the laws of the stress-strain state and the ultimate load-bearing capacity of anchor bonds most used in steel-reinforced concrete structures.

The task was set on the basis of the analysis of technical domestic and foreign literature to identify the most used anchor devices in civil engineering. Carry out field tests and numerical experiments on models of steel-reinforced concrete prisms.

Results. The main results of the research consist in the identification of a number of fundamental deformability provisions, the stressed state of the steel-concrete contact seam in a steel-reinforced concrete structure and the evaluation of the results of numerical and field studies.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to identify the stress-strain state of the contact seam of a composite reinforced concrete element. The obtained results of studies, regularities of the contact seam of steel-reinforced concrete bending elements can be used in the construction of beam structures of new buildings of prefabricated-monolithic, steel-reinforced concrete, wood-concrete section and restoration of the serviceability of the floors of buildings that have served their regulatory period.

Keywords: reinforced concrete structures, anchor connections, experiments, anchor strength.

References

1. Valeev G. S. Strength and deformability of prefabricated-monolithic reinforced concrete structures along the contact seam, taking into account the long duration of static loads. Kazan, 1988.
2. Khasanov R. R. Strength and endurance of flat contact seams of prefabricated monolithic reinforced concrete structures in the zone of bending moments and shear forces. Kazan, 2001.
3. Goreva V. V. Metal structures. Special structures and structures, V. 3. M., 2005. P. 295–303.
4. Zamaliy F. S. Wall-mounted concrete structures for the reconstruction of historic cities // Problems of reconstruction and revival of historic cities: materials of the Russian scientific-practical seminar. Kazan, 1999. P. 88–95.
5. Construction metallique. Revue : Paris, Franse, № 1-4, 1985, № 4, 1991.
6. Zamaliy F. S. To assess the strength of anchor bonds of bent steel-concrete structures. // Izvestia KGASU. 2015. № 1 (31). P. 80–85.
7. Zamaliy F. S. To the calculation of the interface between the slab and the beam in steel concrete structures. // Izvestiya KGASU. 2016. № 3 (37). P. 222–228.
8. Abdrakhmanov I. S. Strength and deformability of wood-reinforced concrete bent elements under static and repeated loads. M., 2009. 43 p.
9. Precast-monolithic overlap : Pat. 1711032 Rus. Federation. № 2017101737 ; claimed. 19.01.17 ; publ. 22.05.17, Bul. № 15.

10. Ayrumyan E. L., Kamenshchikov N. I., Rummyantseva I. A. Features of the calculation of monolithic slabs of steel-concrete coatings on profiled steel flooring // *Industrial and Civil Construction*. 2015. № 9. P. 21–26.
11. Hadzalic E., Barucija K. Concrete shrinkage effects in composite beam // *Construction of unique buildings and structures*, 2014. № 11 (26). P. 85–93.
12. Champenoy D., Corfdir A., Corfdir P. Calculating the critical buckling force in compressed bottom flanges of steel-concrete composite bridges // *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. 2014. № 18 (3). P. 271–292.
13. BSI (2010) BS 5950-3.1.A1. Structural use of steelwork in buildings. Design in composite construction. Code of practice for design of simple and continuous composite beams. BSI, London.
14. Zamaliev F. S., Kayumov R. G. To the calculation of a steel concrete floor as an orthotropic plate // *Izvestiya KGASU*. 2014. № 1 (27). P. 94–99.
15. Kayumov R. A., Muhamedova I. Z., Suleymanov A. M., Tazyukov B. F. Development of film- and fabric- composite materials durability assessing methodology under time-dependent influences of temperature and solar radiation // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016 V. 158 010250.

УДК 539.3

Каюмов Рашит Абдулхакович

доктор физико-математических наук, профессор

E-mail: kayumov@gambler.ru

Мухамедова Инзилия Заудатовна

кандидат физико-математических наук, доцент

E-mail: muhamedova-inzilija@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Хазиева Гузель Фоатовна

инженер

E-mail: guzel.khazieva.2016@mail.ru

МБУ «Казгражданпроект»

Адрес организации: 420012, Россия, г. Казань, ул. Достоевского, д. 35/10

Потеря устойчивости листовых косоугольных консолей

Аннотация

Постановка задачи. Рассматривается задача оценки несущей способности из-за потери устойчивости узлов металлических конструкций в виде тонкостенных листовых косоугольных.

Результаты. Разработана методика расчета на устойчивость ребер листовых консолей с учетом геометрической и физической нелинейности. Проведены численные эксперименты при варьировании геометрических и механических параметров. На основе анализа численных экспериментов получены формулы для вычисления критической силы.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что задача определения критической нагрузки сведена к аналогу формулы Эйлера, но с поправочным коэффициентом, зависящим от геометрических параметров косоугольной пластины. По результатам численных экспериментов можно получить единую регрессионную функцию для вычисления критической силы, где поправочный коэффициент зависит и от угла скоса пластины, и от относительной длины. Выявлено, что от толщины пластины и от коэффициента Пуассона поправочный коэффициент почти не зависит.

Ключевые слова: косоугольная пластина, устойчивость, критическая сила, численный эксперимент.

Введение

Ряд крупных катастроф показал, что обеспечение надлежащей прочности современных инженерных сооружений далеко не достаточно, необходимы дополнительные исследования, в том числе устойчивости, как отдельных элементов конструкции, так и всего проектируемого сооружения.

Вопросам устойчивости в настоящее время уделяется большое внимание. Наряду со сжатым стержнем в условиях неустойчивого равновесия, может оказаться и сжатый лист и изгибаемая балка, и сжимаемая внешним давлением цилиндрическая трубка и т. д. Также, например, в каркасах зданий из металлических конструкций имеется большое количество узлов, содержащих опорные ребра: базы колонн, опорные узлы прогонов, консоли кранов, которые наряду с расчетом на прочность требуют расчета на устойчивость. На сегодняшний день для этих ребер в виде тонкостенных листовых косоугольных пластин нет простых решений, которые инженер мог бы применить непосредственно к расчету на устойчивость.

Разработка методики расчета на устойчивость по деформационному подходу

В данной работе для расчета на устойчивость при изгибе тонкостенных косоугольных пластин используется деформационный подход. Поскольку, как и в сжатом стержне, на диаграмме «нагрузка – перемещение» нет экстремальной (предельной) точки, то сначала необходимо ввести некоторый критерий для определения критической силы. Для этого будем сравнивать два решения.

В первом решении критическую силу будем находить по формуле Эйлера (бифуркационный подход). Эта задача решена Тимошенко С.П. [1, 2] для тонкостенной прямоугольной балки узкого прямоугольного сечения шириной b и высотой. Рассматривается случай, когда консоль изгибается силой P , приложенной в центре концевого сечения. При увеличении нагрузки, достигается условие, когда форма изгиба в плоскости стенки становится неустойчивой и происходит выпучивание. На рис. 1 показана форма потери устойчивости балки при поперечном изгибе.

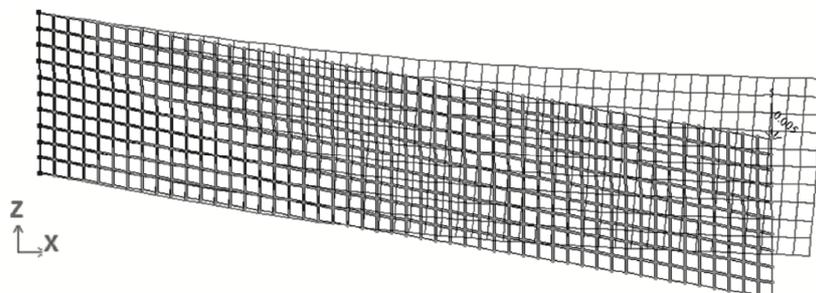


Рис. 1. Форма потери устойчивости балки постоянного поперечного сечения при изгибе

Для определения критической силы допускается, что произошло малое боковое выпучивание. Из уравнений равновесия выпученной консоли определяется наименьшая величина нагрузки, которая удерживает ее в слегка изогнутом виде. Это и будет критическая сила, которую можно вычислить по формуле:

$$P_{кр}^{бифурк} = \frac{4.013 \sqrt{B_y C}}{l^2}, \quad (1)$$

$$B_y = J_y E = \frac{hb^3}{12} E, \quad C = J_k G = \frac{hb^3}{3} \left(1 - 0.63 \frac{b}{h}\right) G,$$

где B_y – главная жесткость при изгибе полосы в плоскости xz , C – жесткость при кручении, E – модуль упругости, G – модуль сдвига, J_y J_k – моменты инерции для узкого прямоугольного сечения.

Далее была решена задача устойчивости при изгибе по деформационному подходу (второе решение), в физически линейной и геометрически нелинейной постановке. Для решения задачи в геометрически нелинейной постановке был использован тип конечного элемента КЭ 341 (геометрически нелинейный универсальный прямоугольный КЭ). Данный КЭ предназначен для определения напряжённо-деформированного состояния оболочек при сильном изгибе.

На рис. 2. представлен график зависимости силы P от бокового выпучивания W .

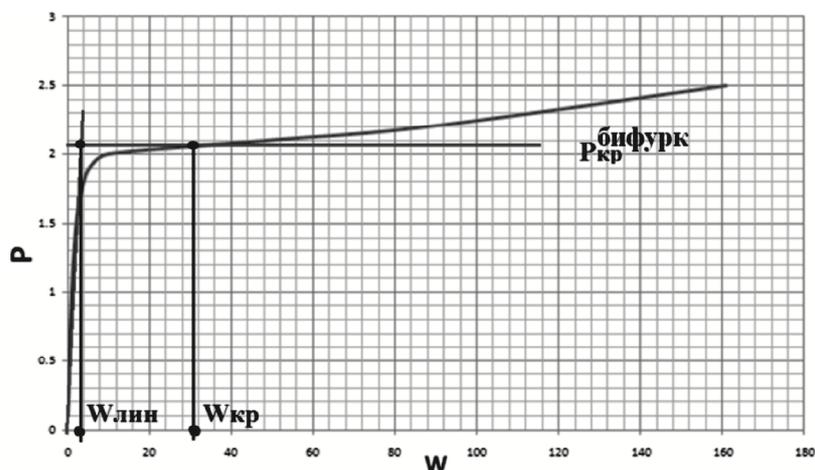


Рис. 2. Зависимость нагрузки от бокового перемещения

Видно, что предельной точки нет. Сравним два решения. Так как из первого решения известно $P_{кр}^{бифурк}$, то можно найти $W_{кр}$.

Введем коэффициент отказа n :

$$n = W_{кр} / W_{лин}. \quad (2)$$

Будем считать, что этот коэффициент определяет значение перемещения, которое можно считать критическим, а силу, которая вызывает перемещение $W_{кр}$ будем называть критической силой $P_{кр}^{деформ}$, найденной с помощью деформационного метода.

На следующем этапе этот коэффициент n применим для определения $P_{кр}^{деформ}$ деформационным методом в случае тонкостенных косоугольных пластин, причем для физической нелинейности. Для решения задачи в геометрически и физической нелинейной постановке был использован тип КЭ444 (четырёхугольный элемент оболочки с учетом физической и геометрической нелинейности), тип жесткости пластина Н0.5. Закон деформирования был аппроксимирован кусочно-линейной зависимостью. При расчете используется шаговый метод. На каждом шаге матрица жесткости формируется в системе координат «нового положения» с учётом изменения касательного модуля упругости.

Данную методику применим к задаче изгиба стальной тонкостенной пластины постоянного прямоугольного сечения со следующими геометрическими и механическими характеристиками:

- длина пластины $L=1$ м;
- высота поперечного сечения $h=0,2$ м;
- ширина поперечного сечения $b=0,005$ м;
- модуль упругости $E=2 \cdot 10^8$ кН/м²;
- модуль сдвига $G=8 \cdot 10^7$ кН/м²;
- коэффициент Пуассона $\nu=0,3$;

В результате расчетов был получен коэффициент отказа $n=8$. Критическая сила по бифуркационному и деформационному подходам $P_{кр}^{бифурк} = P_{кр}^{деформ} = 2,098$ кН.

Далее была построена расчетная модель стальной косоугольной пластины для оценки ее несущей способности на устойчивость (рис. 3-4).

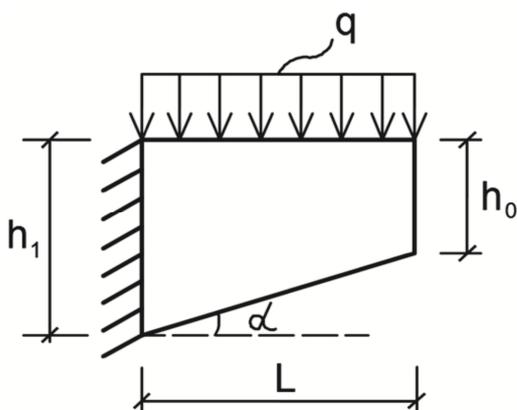


Рис. 3. Расчетная схема опорного ребра

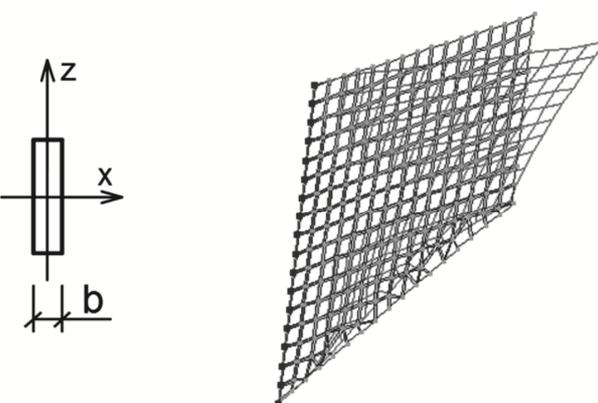


Рис. 4. Форма потери устойчивости пластины

Численные эксперименты

Были проведены численные эксперименты по определению критической силы при варьировании геометрических параметров пластины от угла наклона, толщины и длины пластины. Высота свободного конца пластины принята постоянной и равной 10 см. Длина пластины изменялась в пределах от 10 см до 25 см. Угол наклона пластины приняли равным $\alpha=0$, $\alpha=30$, $\alpha=45$. Толщина пластины была принята равной $t=0,4$; $0,6$; $0,8$; 1 ; $1,2$ см. Например, в таблице приведены значения критической силы при варьировании длины и угла наклона пластины при толщине 4 мм. Численные эксперименты показали, что:

- с увеличением длины пластины критическая сила уменьшается;
- с увеличением угла наклона пластины критическая сила возрастает;
- с увеличением толщины пластины критическая сила возрастает.

Таблица

**Значения критической силы при разных длинах и углах наклона
при толщине 4 мм**

$L_0=l/h_0$	$\alpha=0$	$\alpha=20$	$\alpha=30$
1	112,73	114,463	114,761
1,3	79,892	85,407	86,465
1,5	64,406	71,706	73,305
1,8	47,805	56,652	57,84
2	39,8542	49,2112	51,6576
2,3	31,045	40,699	43,333
2,5	26,647	36,289	39,004

Критической нагрузка для пластины с постоянным поперечным сечением при равномерно распределенной нагрузке определяется по известной формуле [1].

$$(ql)_{кр} = 12,085 \frac{\sqrt{BC}}{l^2}. \quad (3)$$

Формулу для определения критического напряжения пластины в виде трапеции, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, предлагается записать в аналогичной форме:

$$t_{кр}^{cp} = \frac{P_{кр}^3}{A}, \quad P_{кр}^3 = q_{кр} \times A, \quad (4)$$

$$C = GJ_k = \frac{hb^3}{3} (1 - 0,63 \frac{b}{h}) \times G, \quad B = E \times J_y = \frac{hb^3}{12} E. \quad (5)$$

Для определения критического напряжения косоугольной пластины в виде трапеции предлагается ввести некоторый поправочный коэффициент k , который будет учитывать угол α – угол наклона ребра пластины (рис. 3). Тогда осредненное критическое напряжение можно записать в виде:

$$t_{кр}^{cp} = k \frac{\sqrt{EG}}{(l_{mod})^2}, \quad \text{где } l_{mod} = \frac{l}{b}, \quad (6)$$

l_{mod} – будем называть модифицированной гибкостью пластины.

Чтобы найти зависимость k от α были проведены численные эксперименты при разных значениях α и l .

Далее $P_{кр}^3$ – равнодействующую критическую нагрузку, определяемую бифуркационным методом, будем находить по результатам расчета в ПК «Лира-САПР». Тогда коэффициент учитывающий угол наклона пластины, будем определять из численных экспериментов из следующего соотношения:

$$P_{кр}^3 = A \times k \times b^2 \frac{\sqrt{E \times G}}{l^2}. \quad (7)$$

Формула для определения критической силы (7) является аналогом формулы Эйлера, для пластины в виде трапеции с поправочным коэффициентом k .

При постоянном угле, но разных значениях b , h , l , были найдены коэффициенты k . Численные эксперименты показали, что поправочный коэффициент k очень мало зависит от толщины пластины и коэффициента Пуассона. По результатам численных экспериментов можно получить единую регрессионную функцию, которая позволяет вычислить критическую силу по формуле (7), где коэффициент k зависит от угла скоса пластины и от относительной длины.

$$f_{reg} = (a_0 + a_1 \cdot \alpha + a_2 \cdot \alpha^2) + (b_0 + b_1 \cdot \alpha + b_2 \cdot \alpha^2) \cdot l + (c_0 + c_1 \cdot \alpha + c_2 \cdot \alpha^2) \cdot l^2, \quad (8)$$

где α – угол скоса пластины ($20^0 \leq \alpha \leq 45^0$); l – длина пластины ($10 \text{ см} \leq l \leq 25 \text{ см}$). Для определения искомых коэффициентов a_i , b_i , c_i ($i = \overline{0,3}$) используется метод минимизации квадратичной невязки. В рассмотренной задаче найдены следующие их значения:

$$\begin{array}{lll} a_0 = 0,73; & a_1 = -0,0290; & a_2 = 0,000464; \\ b_0 = 0,87269; & b_1 = 0,0095051; & b_2 = -0,004365; \\ c_0 = -0,14707; & c_1 = -0,0040464; & c_2 = 0,00012198; \end{array} \quad (9)$$

С увеличением длины пластины коэффициент k возрастает; с увеличением угла скоса коэффициент k также возрастает.

Определение критической силы с учетом физической нелинейности

Для определения пределов применимости формулы (7) был проведен комплекс расчетов. Так как этой формулой можно пользоваться только в пределах упругих деформаций, где справедлив закон Гука, то был проведен комплекс вычислений для определения критической силы за пределами пропорциональности.

Были проведены численные эксперименты по определению критической силы при разных углах скоса α и при разных толщинах h . Например, на рис. 5 представлена зависимость критической силы от относительной длины для прямоугольной пластины при толщине 4 мм.

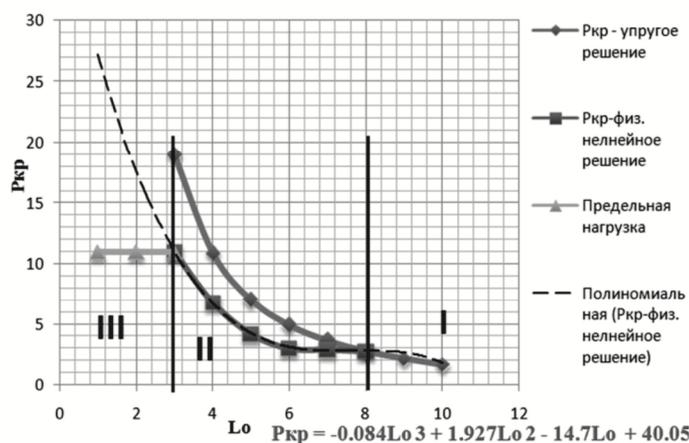


Рис. 5. Зависимость критической силы от относительной длины для прямоугольной пластины при толщине 4 мм

Аппроксимируя полиномом 2-ой участок графиков и построив линии тренда, можно получить формулу для определения критической силы за пределами пропорциональности, аналогичную формуле (8). Пределом применимости формулы в виде (7) (1-ый участок графика) будет та точка, в которой она пересекается со вторым участком.

По графикам видно, что явно выделяется область, где критическая нагрузка ниже той, которая получена в упругой постановке. А при некоторой длине пластины напряжения достигают предела текучести. При угле скоса $\alpha = 30^\circ$ получается интересный эффект (рис.6). Здесь уже только две области: или упругая потеря устойчивости, или максимальные напряжения достигают предела текучести.

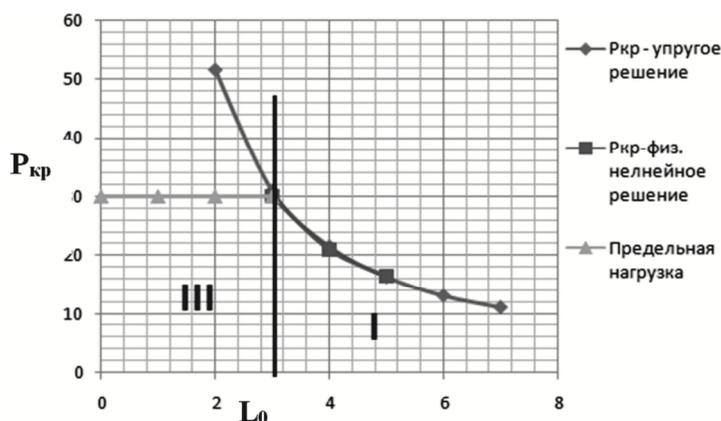


Рис. 6. Зависимость критической силы от относительной длины пластины для угла скоса $\alpha=30$ при толщине 4 мм

Заключение

Разработаны методики определения критической нагрузки в Эйлеровой постановке и деформационным методом. Проведено тестирование методик. Изучена сходимость решения к точному, в зависимости от числа конечных элементов. Проведен ряд численных экспериментов и получены зависимости критической нагрузки от геометрических параметров опорной пластины. На основе обработки численных результатов, получены эмпирические формулы для расчета критической нагрузки.

Список библиографических ссылок

1. Тимошенко С. П. Устойчивость упругих систем. М., 1955. 532 с.
2. Тимошенко С. П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек. М., 1971. 808 с.
3. Алфутов Н. А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. «Машиностроение», 1978. 312 с.
4. Туснин А. Р. Перекрытия многоэтажных зданий со стальным каркасом // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 8. С. 10–14.
5. Hadzalic E., Barucija K. Concrete shrinkage effects in composite beam // Construction of unique buildings and structures. 2014. № 11 (26). P. 85–93.
6. Замалиев Ф. С. К оценке напряженного состояния преднапряженных сталежелезобетонных балок // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 87–98.
7. Vasdravellis G., Uy B., Tan E. L., Kirkland B. Behaviour and design of composite beams subjected to sagging bending and axial compression Original Research // Journal of Constructional Steel Research. 2015. № 110. P. 29–39.
8. Yingjiang, Zhao & Renjun, Yan & Hongxu, Wang. (2015). Experimental and numerical investigations on plate girders with perforated web under axial compression and bending moment. Thin-Walled Structures. 97. 199–206. 10.1016/j.tws.2015.09.017.
9. Каюмов Р. А., Сулейманов А. М., Мухамедова И. З. Моделирование поведения пленочно-тканевого материала при воздействии эксплуатационных факторов // Механика композиционных материалов и конструкций. 2005. т. 11. № 4. С. 519–530.
10. Замалиев Ф. С. Выявление доэксплуатационных напряжений и деформации стальных балок – ребер сталежелезобетонного перекрытия // Вестник МГСУ. 2013. № 7. С. 33–39.
11. Kim H.-Y., Jeong Y. J. Ultimate strength of a steel-concrete composite bridge deck slab with profiled sheeting // Engineering Structures. 2010. P. 534–546.

Kayumov Rashit Abdulkovich

doctor of physical and mathematical sciences, professor

E-mail: kayumov@rambler.ru

Muhamedova Inzilija Zaudatovna

candidate of physical and mathematical sciences

E-mail: muhamedova-inzilija@mail.ru

Kazan Federal University

The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlevskaya st., 18

Hazieva Guzel Foatovna

engineer

E-mail: guzel.khazieva.2016@mail.ru

MBU «Kazgrashdanproekt»

The organization address: 420012, Russia, Kazan, Dostoevskogo st., 35/10

Loss of stability of sheet oblique consoles

Abstract

Problem statement. The problem of estimating the bearing capacity due to the loss of stability of assemblies of metal structures in the form of thin-walled oblique corner leaves is considered.

Results. A technique for calculating the stability of the edges of sheet consoles is developed taking into account geometric and physical nonlinearity. Numerical experiments were performed with varying geometric and mechanical parameters. Based on the analysis of numerical experiments, formulas were obtained for calculating the critical force.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry lies in the fact that the task of determining the critical load is reduced to an analog of the Euler formula, but with a correction coefficient that depends on the geometric parameters of the oblique angle plate. Based on the results of numerical experiments, it is possible to obtain a single regression function for calculating the critical force, where the correction factor depends both on the slant angle of the plate and on the relative length. It was found that the correction factor is almost independent of the thickness of the plate and the Poisson ratio.

Keywords: oblique angle plate, stability, critical force, numerical experiment.

References

1. Timochenko S. P. Stability of elastic systems. M., 1955. 532 p.
2. Timochenko S. P. Stability of rods, plates and shells. M., 1971. 808 p.
3. Alfutof N. A. Basics of calculating the stability of elastic systems. M., 1978. 312 p.
4. Tusnin A. R. Overlapping multi-storey buildings with a steel frame // Promishlennoe i grashdanskoe stroitelstvo. 2015. № 8. P. 10–14.
5. Hadzalic E., Barucija K. Concrete shrinkage effects in composite beam // Construction of unique buildings and structures, 2014. № 11 (26). P. 85–93.
6. Zamaliev F. S., Estimation of the stressed state of prestressed steel-reinforced concrete beams // Izvestiya KGASU. 2017. № 3 (41). P. 87–98.
7. Vasdravellis G., Uy B., Tan E. L., Kirkland B. Behavior and design of composite beams subjected to sagging bending and axial compression Original Research // Journal of Constructional Steel Research. 2015. № 110. P. 29–39.
8. Yingjiang, Zhao & Renjun, Yan & Hongxu, Wang. (2015). Experimental and numerical investigations on plate girders with perforated web under axial compression and bending moment. Thin-Walled Structures. 97. 199-206. 10.1016/j.tws.2015.09.017.
9. Kayumov R. A., Suleimanov A. M., Mukhamedova I. Z. Modeling of the behavior of film-fabric material under the influence of operational factors // Mehanika kompozitsionnih materialov i konstruktsiy. 2005. t. 11. № 4. P. 519–530.
10. Zamaliev F. S. Detection of pre-operational stresses and deformation of steel beams – edges of steel-concrete overlap // Vestnik MGSU. 2013. № 7. P. 33–39.
11. Kim H.-Y., Jeong Y.-J. Ultimate strength of a steel-concrete composite bridge deck slab with profiled sheeting // Engineering Structures. 2010. P. 534–546.

УДК 69.059.4; 624.078

Лукашенко Виктор Иванович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: vil_06_4444@mail.ru

Шмелев Геннадий Николаевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: gn.shmelev@mail.ru

Хайдаров Ленар Ильнурович

аспирант

E-mail: haidarov_lenar@mail.ru

Абдуллин Фаннур Фаридович

инженер

E-mail: fannur.ru@mail.ru

Зиятдинов Эмиль Камилович

инженер

E-mail: ziyatdinov-imil@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Вероятностный расчет ресурса стоек мобильных стержневых сооружений из строительных лесов Layher

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – определение ресурса, как отдельных стоек мобильных стержневых сооружений из строительных лесов Layher, так и всей конструкции с учетом детального моделирования упругих узлов, учитывающего внецентренное приложение сжимающих нагрузок и допускаемые искривления оси стоек.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в том, что при определении резерва устойчивости при повторных статических нагрузках для обеспечения заданного уровня надежности необходима двусторонняя интервальная оценка как результатов моделирования случайных величин нагруженности сжатых элементов стоек, так и их предельной несущей способности. Резерв устойчивости, таким образом, является случайной величиной зависящей не только от случайных нагрузок, но и от случайных величин эксцентриситета приложения нагрузок и случайных искривлений оси элементов стоек. В качестве отказа для расчета минимального ресурса элемента и сооружения в целом принимается условие исчерпывания до нуля резерва устойчивости хотя бы в одном элементе стоек при равномерном распределении прочности элементов стоек.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что, по разработанному алгоритму, решение задачи исследования изменения резерва устойчивости элементов стоек и конструкции, в целом, обеспечивает возможность определения и регулирования минимального ресурса конструкции с заданной надежностью не появления отказа хотя бы в одном элементе конструкции при повторных статических нагрузках.

Ключевые слова: мобильные стержневые сооружения, расчетные схемы узлов, случайные величины, ресурс, резерв устойчивости, надежность.

Введение

В работе [1] при исследовании влияния различных способов моделирования узловых соединений в мобильных стержневых сооружениях из строительных лесов Layher (рис. 1) получены результаты о существенном влиянии на распределение усилий детального учета упругих свойств узлов и передачи усилий со стороны ригелей и диагоналей на стойки.



Рис. 1. Фрагмент мобильного стержневого сооружения

На (рис. 2-3) показаны представления расчетных схем упругих узлов и передачи нагрузок на стойки, учитывающих эксцентричный характер их приложения.



Рис. 2. Типовой узел в расчетной схеме

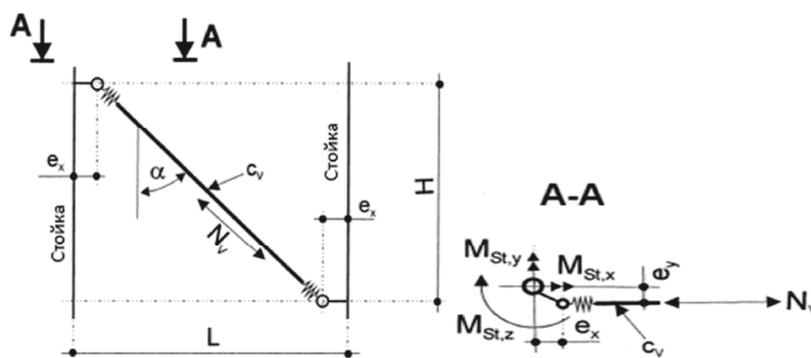


Рис. 3. Схема передачи нагрузок на узлы стойки

Соединение стоек смоделировано с помощью жестких узлов. Ригель со стойкой шарнирно. Диагонали с применением упругих узлов, обозначены условно с помощью жестких вставок.

Нелинейная податливость упругого шарнира в вертикальной плоскости (рис. 4) моделируется упругим шарниром (рис. 5). Вертикальный стержень в схеме узла (КЭ-410)

используется для моделирования нелинейной угловой податливости узла в ПК «ЛИРА-САПР 2013».

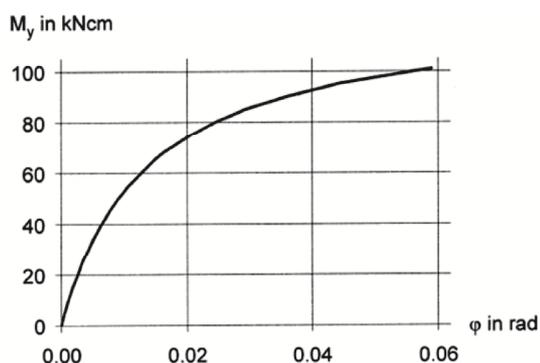


Рис. 4. Податливость упругого шарнира в вертикальной плоскости

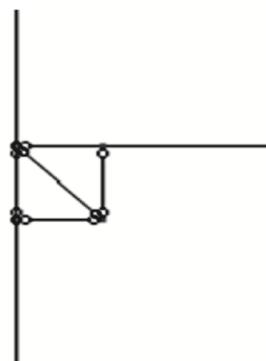


Рис. 5. Упругий шарнир

Вероятностный расчет резерва устойчивости

Постановка задачи определения ресурса отдельных элементов и всей конструкции при действии случайных нагрузок на основе вероятностного анализа резерва прочности, при повторных нагружениях, изложена в работе [2] и алгоритм её используется в данной работе.

При расчетах стержней нагруженных случайной сжимающей силой потеря устойчивости может происходить раньше отказов, связанных с другими видами деформаций. Оценка надежности при двусторонней толерантной оценке резерва устойчивости как случайной величины в этом случае должна учитывать изменчивость несущей способности σ_{np} , как упругого стержня со случайными искривлениями оси и случайными отклонениями приложения нагрузки относительно оси. Исходя из упрощенного моделирования искривления оси в виде синусоиды, его можно описать одним случайным параметром, что в инженерных расчетах не внесет большой погрешности с учетом обычно принимаемых допущений.

Максимальный изгибающий момент принимается в этом случае:

$$M = \frac{M^0}{(1 - P/P_{кр})},$$

где M^0 – момент при нулевых прогибах;

P – продольная сжимающая сила;

$P_{кр} = \pi^2 EI/l^2$ – критическая сжимающая сила по Эйлеру.

Принимаемое в инженерной теории изгиба максимальное напряжение в крайних волокнах тогда будет:

$$s_{max} = \frac{P}{F} + \frac{M}{W} = \frac{P}{F} + \frac{M^0}{W(1 - P/P_{кр})},$$

где W – момент сопротивления;

F – площадь поперечного сечения.

Вводим безразмерные величины:

$$\Psi = \sigma^0/\sigma_{np} = (P/F)/\sigma_{np}, \quad m = M^0 F/(PW), \quad l = l\sqrt{F/EI},$$

где m – относительный эксцентриситет приложения силы к ядровому расстоянию W/F ;

λ – гибкость стержня.

Тогда условие $\sigma_{max}/\sigma_{np} \leq 1$ можно представить в виде:

$$y \left(1 + \frac{m}{1 - y s_{np} l^2 / (P^2 E)} \right) \leq 1. \quad (1)$$

Здесь случайными величинами можно принять Ψ , m и σ_{np} , а λ и E , ввиду малой изменчивости, считать детерминированными.

Случайный эксцентриситет определяется характером нагружения, точностью центрирования и случайными искривлениями оси стержня. В общем случае с учетом принятых допущений его можно представить:

$$m = e/\rho = \alpha + \beta\lambda^2,$$

где $e = e_0 + f$, а $f = \chi_0 l^2 / \pi^2$ прогиб в середине стержня, учитывая изменение кривизны $\chi = \chi_0 \sin(\pi x / l)$ при $\chi_0 = \Delta / h$ будет $f = \Delta l^2 / (\pi^2 h)$.

Случайный относительный эксцентриситет, отнесенный к квадрату гибкости стержня, β характеризует искривленность оси стержня и может быть выражен через z – расстояние от центра тяжести сечения до наиболее удаленного волокна и начальный относительный прогиб:

$$f/l = \Delta l / (\pi^2 h) = \beta \times l / z, \text{ где } \beta = (f/l) \times (z/l).$$

Это представление удобно при статистической обработке f и z , как случайных величин.

Из условия $\sigma_{\max} / \sigma_{np} \leq 1$ с учетом, что $\Psi = \sigma^0 / \sigma_{np}$ можно получить выражение для резерва прочности по устойчивости $\bar{S} = \bar{S}_{np} - \bar{S}_0$. Считая математическое ожидание $s^0 \gg \bar{S}_0$, из условия (1) получим:

$$S = \sigma_{np} - \sigma_0 - m \pi^2 E \sigma_0 / (\pi^2 E - \sigma_0 \lambda^2), \text{ где } m = \alpha + \beta \lambda^2.$$

Принимая для случайных величин α , β , σ_0 и σ_{np} нормальное распределение и используя метод статистической линеаризации, вычисляем все характеристики случайной величины резерва для анализа резерва устойчивости и ресурса отдельного элемента и всей конструкции.

В качестве примера рассмотрены элементы (стойки) временных стержневых сооружений из строительных лесов Layher. С помощью специально разработанной программы в Excel – таблицах производим вероятностный расчет этих элементов. Исходные данные и результаты для расчета приведены в табл. 1-2.

Таблица 1

Исходные данные

Математическое ожидание сжимающей силы P :	102,718	кН
Стандарт сжимающей силы P :	5,613	кН
Длина стержня l :	1,5	м
Площадь сечения F :	0,00097	м ²
Момент инерции J :	2,831E-07	м ⁴
Высота сечения h :	0,05	м
Модуль упругости E :	200000000	кН/м ²
Коэффициент μ :	1	
Математическое ожидание предельного напряжения σ_{np} :	239485,9462	кН/м ²
Стандарт предельного напряжения σ_{np} :	2164,644325	кН/м ²
Стандарт α :	0,175906881	
Стандарт начального относительного прогиба f/l :	0,000862689	

Таблица 2

Результаты вероятностного расчета

Момент сопротивления W :	0,000011324	м ³
Радиус инерции i :	0,017083784	м
Гибкость стержня λ :	87,80256263	
Ядровое расстояние ρ :	0,011674227	м
Математическое ожидание σ_0 :	105894,7224	кН/м ²
Стандарт σ_0 :	5786,207003	кН/м ²
Математическое ожидание $ \alpha $:	0,138790529	
Стандарт β :	1,43782E-05	
Математическое ожидание резерва прочности S :	133591,2238	кН/м ²
Коэффициенты линейной аппроксимации функции резерва прочности S :		
A	1	
B	-1	
C	180578,1254	кН/м ²
D	1392129137	кН/м ²
Дисперсия резерва прочности S :	1380866861	кН ² /м ⁴
Стандарт резерва прочности S :	37160,01697	кН/м ²
Изменчивость резерва прочности A_s :	0,27816211	
Характеристика безопасности γ :	3,595025909	>3

Для случайных величин α , β , σ_0 и σ_{np} принимаем нормальный закон распределения и, с помощью Excel-таблиц, генерацию этих величин. Фрагмент генерации случайных величин приведен в табл. 3.

Таблица 3

Генерация случайных величин

P , кН/м ²	σ_{np} , кН/м ²	α	f/l
92,6728316	237492,425	1,574252	-0,00028
105,1382954	237128,418	1,797853	0,000133
97,20796807	238080,782	1,466674	0,000421
96,55226292	235719,787	1,55414	-0,00094
114,6032256	240969,845	1,581951	0,000993
101,5321501	239588,478	1,485156	0,000795
102,2644196	237761,619	1,445284	0,00041
102,7061966	237363,745	1,348965	0,000244
104,7606771	239615,843	1,40226	-0,00037
103,7512889	242272,741	1,289371	-0,00115
96,5611161	242868,757	1,562624	-0,00048
89,58866037	239587,576	1,70044	-0,00059
97,13444388	236773,728	1,56385	0,001099
96,26227786	241205,858	1,56833	-0,00132
102,8177243	241037,09	1,380363	-0,00146

Приближенно нелинейную случайную S можно представить, отбросив нелинейные члены разложения в ряд Тейлора. В окрестности центра распределения такое допущение достаточно обоснованно даже при больших отклонениях случайных аргументов: σ_{np} , σ_0 , α , β .

$$S = S(s_{np}, s_0, a, b) \approx S_0 + A(s_{np} - \bar{s}_{np}) + B(s_0 - \bar{s}_0) + C(a - \bar{a}) + D(b - \bar{b}),$$

где A , B , C и D частные производные выражения S по σ_{np} , σ_0 , α , β , соответственно, в центрах распределения случайных аргументов:

$$A = \partial S / \partial s_{np} = 1; B = \partial S / \partial s_0 = -1 - (a + b l^2) p^4 E^2 / (p^2 E - s_0 l^2)^2;$$

$$C = \partial S / \partial a = - (p^2 E s_0) / (p^2 E - s_0 l^2); D = \partial S / \partial b = - l^2 p^2 E s_0 / (p^2 E - s_0 l^2)^2.$$

Считая все случайные параметры распределёнными по нормальному закону, с заданной доверительной вероятностью в интервалах возможных значений получаем математическое ожидание, дисперсию, стандарт и изменчивость всех случайных величин, включая S .

Полагая центры распределения (м.о.) $\bar{a} = 0$ и $\bar{b} = 0$, приближенно с точностью их моделирования получим: $\bar{S} \approx \bar{s}_{np} - \bar{s}_0$ – математическое ожидание резерва устойчивости.

Дисперсия резерва устойчивости:

$$\hat{S} = A^2 \hat{s}_{np} + B^2 \hat{s}_0 + C^2 \hat{a} + D^2 \hat{b} = \hat{s}_{np} + \hat{s}_0 + p^4 E^2 \hat{s}_0^2 (a + b l^4) / (p^2 E - \bar{s}_0 l^2)^2.$$

Изменчивость резерва устойчивости:

$$A_s = \frac{\sqrt{\hat{S}}}{\bar{S}} = \sqrt{\frac{\hat{s}_{np} + \hat{s}_0 + p^4 E^2 \hat{s}_0^2 (a + b l^4) / (p^2 E - \bar{s}_0 l^2)^2}{(\bar{s}_{np} - \bar{s}_0)^2}}.$$

Характеристика безопасности:

$$\gamma = 1/A_s.$$

Принимается обычно равной $\gamma = 3$, по функции Лапласа соответствует вероятности разрушения $P = 0,00135$.

Коэффициент запаса устойчивости:

$$\bar{x} = \bar{s}_{np} / \bar{s}_0 = 1/\gamma.$$

Исследование ресурса

Дальнейшие расчеты ресурса проводятся как определение числа повторных нагружений до исчерпания полученного резерва устойчивости с заданной надёжностью неразрушения статически определимой системы. В работе Лукашенко В.И., Ахметзянова

Р.И., Минсагирова М.Ф. «Определение ресурса статически определимой системы при заданных параметрах случайных величин» и на основе положений [3] приводятся алгоритмы решения этой задачи.

Обозначения в программе: M_k – соответствует σ_0 для внутренних силовых факторов, M_{k-} – соответствует σ_{np} для несущей способности. Исходные данные приведены в табл. 4-5. Число испытаний принимаем 30.

Таблица 4

Для внутренних силовых факторов

M_k	σM_k	$V M_k$
102551,079	5305,89	0,05174

Таблица 5

Для несущей способности

M_{k-}	σM_{k-}	$V M_{k-}$	$k_0 M_{k-}$
240696,701	1917,4	0,00797	0,9815

Для невыгоднейшего сочетания постоянной и временных нагрузок в условиях повторных нагружений определяем и строим графики резерва устойчивости по табл. 6 (рис. 6) при повторении нагрузки от $lg N = 1, 2, 3, 4, 5$.

Таблица 6

Резерв устойчивости

$lg(N)$	0	1	2	3	4	5
$S M_k(N)$	135892	135152	134543	134014	133541	133109

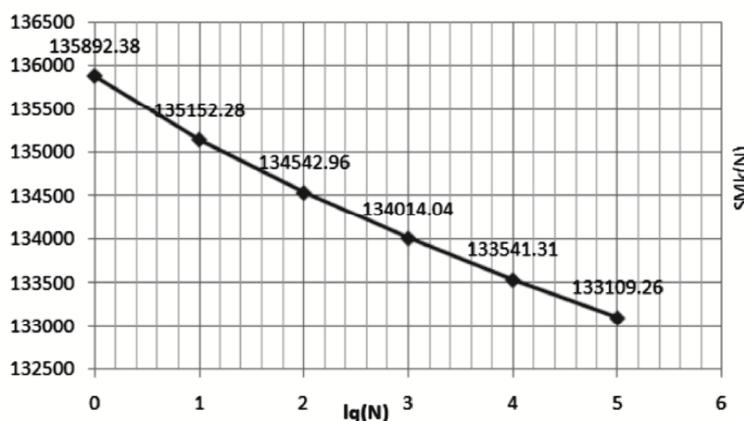


Рис. 6. График резерва устойчивости самого нагруженного элемента

Зная ресурс наиболее нагруженных элементов с равной вероятностью отказа, число которых $n_s = 1, 5, 10, 15, 20, 25$, строим номограммы изменения резерва устойчивости по табл. 7 (рис. 7).

Таблица 7

Область номограмм резерва устойчивости

$lg(N)$	0	1	2	3	4	5
$S M_k(N), n_s=1$	135892	135152	134543	134014	133541	133109
$S M_k(N), n_s=25$	132644	131904	131295	130766	130293	129861

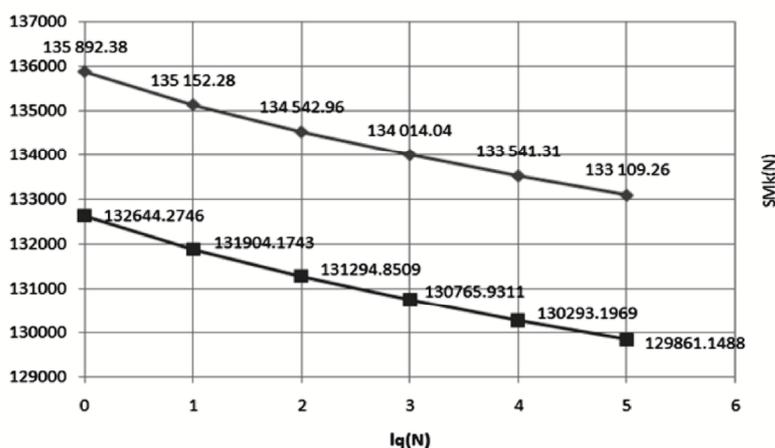


Рис. 7. Области номограмм резерва устойчивости при $ns=1$ и $ns=25$

Заключение

Проанализировав результаты вычислений, мы видим, что при различных числах нагружений и при различных количествах опасных элементов, резерв устойчивости не исчерпывается, а коэффициент запаса устойчивости для сохранения надежности выполняется.

При заданном уровне надежности, для кратковременно эксплуатируемых сооружений это 0,99, резерв устойчивости стоек не исчерпывается в 10^5 повторений. Следовательно, эксплуатация этого сооружения может длиться по заданному уровню применения.

Список библиографических ссылок

1. Хайдаров Л. И., Шмелев Г. Н., Зиятдинов Э. К. Построение расчетных схем мобильных пространственных стержневых конструкций, моделирующих их действительную работу // Известия КГАСУ. 2017. № 2 (40). С. 139–145.
2. Лукашенко В. И., Абдуллин Ф. Ф., Ахметзянов Р. И. Постановка задачи определения ресурса отдельных элементов и всей конструкции при действии случайных ветровых нагрузок // Известия КГАСУ. 2018. № 1 (43). С. 136–144.
3. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М. : Стройиздат, 1978. 240 с.
4. Болотин В. В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М. : АН СССР, 1977. 352 с.
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. Антониуа Н., Николаидисб З., Баниотопоулоза С. С. Проектирование большепролетных стальных балок путем применения концепций управления перемещением // Engineering Structures. 2014. Vol. 59. February. P. 21–27.
8. Коваль З. Формирование пространственных стержневых конструкций по теории надежности // Archives of civil and mechanical engineering. 2011. Vol. 11. P. 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. трудов международной научно-практической конференции – Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2012 / КУПРИЕНКО. Одесса, 2012. С. 100–107.

Lukashenko Victor Ivanovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: vil_06_4444@mail.ru**Shmelev Genadij Nikolaevich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: gn.shmelev@mail.ru**Haidarov Lenar Ilurovich**

post-graduate student

E-mail: haidarov_lenar@mail.ru**Abdullin Fannur Faridovich**

engineer

E-mail: fannur.ru@mail.ru**Ziyatdinov Imil Kamilevich**

engineer

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

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

Probabilistic life calculation stands mobile core structures made of scaffolding Layher**Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to determine the resource of individual racks of mobile rod structures from the construction forests of Layher, and the entire structure taking into account the detailed modeling of elastic nodes, taking into account the off-center application of compressive loads and allowed curvature of the axis of the racks.

Results. The main results of the study are that in determining the stability reserve at repeated static loads to ensure a given level of reliability, a two-way interval evaluation of both the results of modeling random loading values of compressed elements of the racks and their maximum load-bearing capacity is necessary. The stability reserve, therefore, is a random value that depends not only on random loads, but also on random values of the eccentricity of the application of loads and random curvatures of the axis of the elements of the racks. As a failure for the calculation of the minimum resource of the element and structure as a whole, the condition of exhaustion of the stability reserve to zero in at least one element of the racks with a uniform distribution of the strength of the elements of the racks is accepted.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is that the developed algorithm for solving the problem of studying the changes in the stability reserve of the elements of the racks and the structure as a whole provides the ability to determine and regulate the minimum design life with a given reliability of failure in at least one element of the structure at repeated static loads.

Keywords: mobile core architecture, the design scheme of the nodes, random variables, the resource, the reserve of stability, reliability.

References

1. Khaidarov L. I., Shmelev G. N., Ziyatdinov E. K. Construction of computational schemes of mobile spatial bar structures modeling their actual work // *Izvestiya KGASU*. 2017. № 2 (40). P. 139–145.
2. Lukashenko V. I., Abdullin F. F., Akhmetzyanov R. I. Statement of the problem definition of the resource the individual elements and the whole structure under random wind loads // *Izvestiya KGASU*. 2018. № 1 (43). P. 136–144.
3. Rzhantsyn A. R. Theory of design of structures for reliability. M. : Stroizdat, 1978. 240 p.
4. Bolotin V. V. Methods of probability theory and reliability theory in calculations of structures. M. : AN SSSR, 1977. 352 p.

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 // Promishlennoe i grajdanskoe stroitelstvo. 2010. № 5. P. 12–15.
7. Antonioua N., Nikolaidisb Th., Baniotopouloua C. C. Designing long-span steel girders by applying displacement control concepts // Engineering Structures. 2014. Vol. 59. February. P. 21–27.
8. Kowal Z. The formation of space bar structures supported by the system reliability theory // Archives of civil and mechanical engineering. 2011. Vol. 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 / Kupriyenko. Odessa, 2012. P. 100–107.

УДК 72.012.1:316.422, 624.044:004

Мирсаяпов Илшат Талгатович

доктор технических наук, доцент

E-mail: itmir@kgasu.ru

Никитин Георгий Петрович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: g.nikitin@gap-rt.ru

Симаков Василий Дмитриевич

кандидат технических наук

E-mail: VasiliiSimakov86@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Применение высокопрочного бетона класса В80 для несущей системы 18-ти этажного жилого дома в комплексе «Салават Купере»

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить и оценить возможность эффективного использования высокопрочного бетона, изготовленного преимущественно из местных строительных материалов, в жилищном строительстве. Для оценки технико-экономической эффективности применения высокопрочных бетонов «ГВЖФ РТ» обратился к «КГАСУ» с просьбой перепроектировать каркас монолитного 18-ти этажного жилого дома с применением высокопрочного бетона класса В80. Базовая несущая система была запроектирована из бетона класса В25 институтом ГУП «Татинвестгражданпроект».

Результаты. Основные результаты исследования состоят в разработке усовершенствованной несущей системы жилого дома с применением высокопрочного бетона, который, относительно базового каркаса, позволил увеличить шаг колонн, сократить количество и размеры поперечного сечения всех несущих элементов. Экономический эффект от снижения расхода материалов составил: 4,47 млн. руб. или 13,5 % от стоимости каркаса, при использовании бетона класса В80 на гранитном щебне, и 5,89 млн. руб., или 17,7 % – на камском песке.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит, как в подтверждении, так и в оценке эффективности применения высокопрочного бетона класса В80. Применение высокопрочного бетона, на рассматриваемом примере, позволило: облегчить здание, увеличить шаг колонн, уменьшить объем строительно-монтажных работ, увеличить полезную площадь помещений, добавить автостоянку в подземную часть.

Ключевые слова: высокопрочный бетон, несущая система, каркас, жилой дом, расчет по прочности, расчет по эксплуатационной пригодности.

Введение

В настоящее время имеется возможность производить, на современных заводах высокопрочные, бетоны нового поколения, с кубиковой прочностью 70-200 МПа и применять их в промышленных масштабах [1]. Их применение позволяет в разы уменьшить геометрические размеры, объем и массу конструктивных элементов, и, соответственно, снизить расход бетона и стальной арматуры [2]. В КГАСУ имеются разработки составов как мелкозернистых бетонов высоких классов (В80 и более) на базе фракционированных песков месторождений рек Камы, Волги, Вятки [3], так и обычных бетонов на гранитном щебне. Поэтому, «Государственный внебюджетный жилищный фонд Республики Татарстан» (ГВЖФ РТ) обратился к КГАСУ с просьбой перепроектировать, с применением высокопрочного бетона, 18-ти этажный каркасный трехсекционный жилой дом (рис. 1а), находящийся в микрорайоне «Салават-Купере».

Первоначально жилой дом был запроектирован из обычного бетона (класса В25) институтом ГУП «Татинвестгражданпроект» (ТИГП). Габаритные размеры типовой секции в плане, по разбивочным осям, составляют 28,2×14,65 м, общая высота – 57,6 м (здание повышенной этажности согласно применяемой классификации). Здание имеет: подвал высотой 3,0 м; первый этаж – 3,6 м; типовые жилые этажи – 2,8 м; технический этаж – 2,5 м.

Целью данной работы ставилось – оценить эффективность новой несущей системы из высокопрочного бетона, в сравнении с запроектированным каркасом из бетона средней прочности при сохранении проектных архитектурных решений.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Выбрана наиболее эффективная конструктивная схема каркаса;
2. Для выбранного каркаса выполнен расчет по прочности и по эксплуатационной пригодности, который позволил подобрать размеры поперечных сечений и назначить армирование;
3. Разработаны рабочие чертежи несущего железобетонного каркаса из высокопрочного бетона;
4. Выполнено технико-экономическое сравнение проектного решения и принятого при перепроектировании.

Выбор несущей системы

Было рассмотрено и проанализировано несколько вариантов монолитных железобетонных несущих систем здания:

- ствольно-оболочковая, где вертикальными несущими элементами служат наружные стены и стены лестничной клетки;
- стенная, где вертикальными несущими элементами служат межквартирные стены и стены лестничной клетки;
- каркасная (рис. 1), где вертикальными несущими элементами служат стены лестничной клетки и колонны (аналогично базовой, но с более широким шагом вертикальных несущих элементов – 7,2 м).

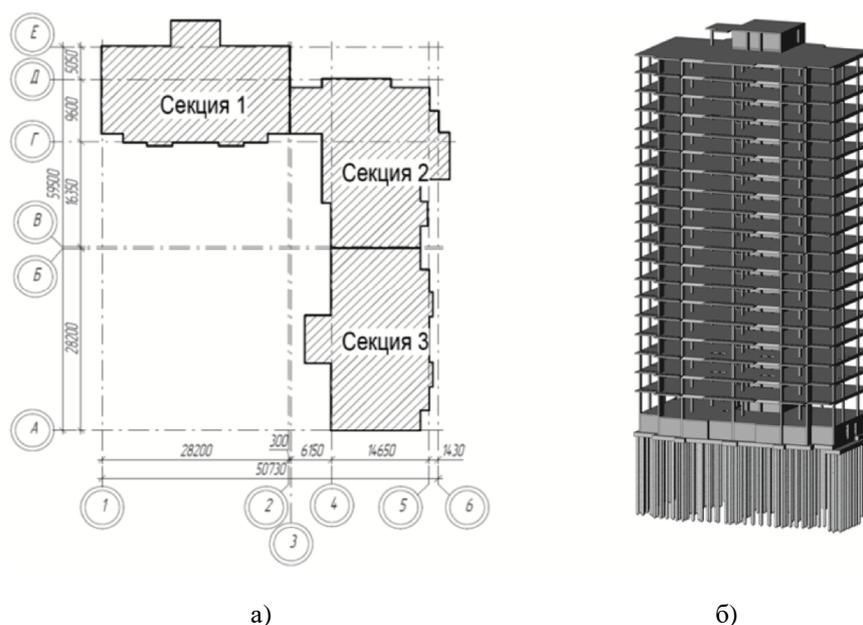


Рис. 1. 18-ти этажный трехсекционный жилой дом: а – схема расположения блок-секций; б – модель каркаса одной из трех секции (Секция 1), смоделированных в «Autodesk Revit Structure 2017»

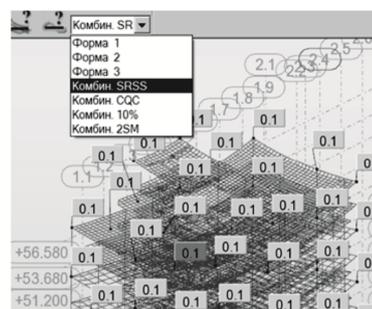
Пространственная информационная модель каркаса была создана в программе «Autodesk Revit Structure 2017» (рис. 1б), в ней же разработаны рабочие чертежи. Преимуществом такого способа проектирования является то, что параллельно с опалубочными чертежами каркаса строится и его расчетная схема, которая затем экспортируется в расчетный комплекс «Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2017».

В результате анализа выполненных расчетов по 1-й и 2-й группам предельных состояний установлено, что каркасная несущая система, для проектной высоты [4], наиболее экономична по расходу материалов.

Расчет несущей системы и конструирование её элементов

Расчет по прочности и по эксплуатационной пригодности [5] выполнен при помощи моделирования объемной системы «каркас – фундаменты – грунто-свайное основание» в «Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2017», где реализован метод конечных элементов. Т.к. здание повышенной этажности (57,6 м), то на него значительное влияние оказывает ветровая нагрузка. Её пульсационная составляющая, зависящая от форм и частот собственных колебаний, учтена программным комплексом автоматически. Предельная частота собственных колебаний железобетонных конструкций для II ветрового района $f_l=1,1$ Гц (СП 20.13330.2012) больше частоты первой формы собственных колебаний здания $f_1=0,32$ Гц (рис. 2а), но меньше четвертой – $f_4=2,15$ Гц. Следовательно, согласно СП20, в расчете учитывались только первые три частоты колебаний. Встроенная функция SRSS (квадратный корень суммы квадратов первых трех форм колебаний) позволяет получить усилия и перемещения в элементах при учете динамических реакций от них (рис. 2б).

Нагружение/Соб. ств. форма	Частота (Гц)	Период (сек)	Отн.мас.U X (%)	Отн.мас. UY (%)	Отн.мас. UZ (%)	Тек.мас. UX (%)	Тек.мас. UY (%)	Тек.мас. UZ (%)
15/ 1	0.32	3.10	0.09	70.48	0.01	0.09	70.48	0.01
15/ 2	0.37	2.67	68.29	70.57	0.01	68.20	0.09	0.00
15/ 3	1.00	1.00	68.30	70.57	0.01	0.01	0.00	0.00
15/ 4	2.15	0.47	81.84	70.63	0.01	13.54	0.06	0.00
15/ 5	2.44	0.41	81.89	84.72	0.02	0.05	14.09	0.01
15/ 6	2.75	0.36	81.89	84.73	85.28	0.00	0.00	85.26
15/ 7	3.01	0.33	81.95	84.73	85.31	0.05	0.00	0.03
15/ 8	3.12	0.32	82.98	84.73	85.31	1.04	0.00	0.00
15/ 9	3.33	0.30	82.98	84.74	89.10	0.00	0.01	3.79
15/ 10	3.72	0.27	82.98	84.75	93.16	0.00	0.01	4.05



а)

б)

Рис. 2. Результаты динамического расчета каркаса на действие ветровой нагрузки:

а – таблица частот колебаний здания;

б – эпюра перемещений функции SRSS для первых трех частот колебаний, меньших предельной частоты = 1,1 Гц

Все перегородки и ограждающие конструкции, в соответствии с архитектурными чертежами, смоделированы специальными конечными элементами, имеющими плотность, но не имеющими жесткости. Поэтому нагрузка от веса перегородок и наружных стен учитывается так же автоматически.

Анализ фактического напряженно-деформированного состояния (НДС) несущей системы здания позволил разработать рекомендации (минимальный размер и число конструктивных элементов при их максимальном шаге или пролете) для её проектирования.

Известно, что высокопрочный бетон наиболее эффективно работает на сжатие [6], поэтому было принято решение уменьшить количество колонн и размеры их поперечного сечения. Их шаг составил 7,2 м (рис. 3б), взамен проектного 3,6 м (рис. 3а). Проектные размеры поперечного сечения колонн 250×1300 мм уменьшены до величины 250×1000 мм – для среднего, и 250×500 мм для – крайнего рядов. Сечения колонн по осям 2/А и 8/А, в крайнем ряду, оставлены без изменений для обеспечения жесткости каркаса при закручивании и отклонении от вертикали [7]. Нахлесточные стыки рабочей арматуры в колоннах заменены на обжимные муфты [8]. Толщина несущих стен ядра жесткости (стен лестничной клетки и лифтовых шахт) уменьшена с 250 до 200 мм – минимальной нормативной величины, согласно конструктивным требованиям СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий».

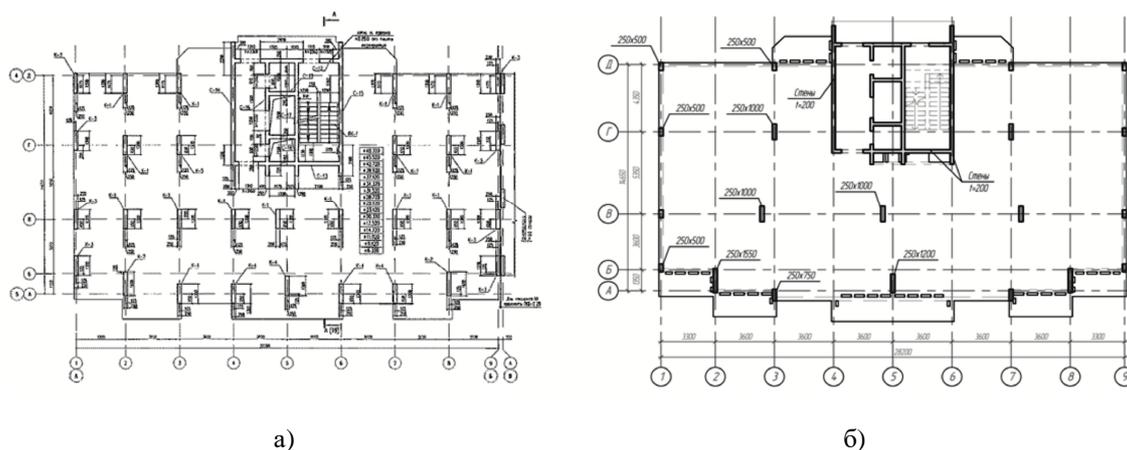


Рис. 3. Схема расположения колонн и несущих стен:
 а – первоначальное (проектное) решение с узким шагом (3,6 м);
 б – новое альтернативное решение с широким шагом (7,2 м)

Однако, с увеличением шага колонн потребовалось введение дополнительных обвязочных балок по периметру плит перекрытий, которые обеспечили их эксплуатационную пригодность и прочность при действии краевых крутящих моментов (1)-(3). Расчет по прочности на кручение между пространственными сечениями обвязочных балок выполнен из условия:

$$T = 41 \text{ кН} \cdot \text{м} \leq 0,1 R_b b^2 h = 0,1 \cdot 41 \cdot 250^2 \cdot 450 = 115,3 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (1)$$

Расчет по прочности на совместное действие крутящего и изгибающего момента от действия внешней нагрузки выполнен из условия:

$$T = 41 \text{ кН} \cdot \text{м} \leq T_0 \sqrt{1 - \left(\frac{M}{M_0}\right)^2} = 75,5 \sqrt{1 - \left(\frac{81}{209,8}\right)^2} = 69,7 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2)$$

Расчет по прочности на совместное действие крутящего момента и поперечной силы между пространственными сечениями, с учетом [9], выполнен из условия:

$$T = 41 \text{ кН} \cdot \text{м} \leq T_0 \left(1 - \frac{Q}{Q_0}\right) = 75,5 \left(1 - \frac{52}{1276}\right) = 72,4 \text{ кН}, \quad (3)$$

где T , M , Q – крутящий, изгибающий моменты и поперечная сила от внешней нагрузки; T_0 , M_0 , Q_0 – предельные крутящий, изгибающий моменты и поперечная сила воспринимаемые сечениями.

Принятое решение одновременно позволило уменьшить толщину плиты перекрытия со 180 до 160 мм (минимальное нормативное значение по СП 52). При этом, основное армирование перекрытий осталось прежним из арматуры $\varnothing 12$ А500С с шагом 200 мм, а дополнительная арматура в пролете (которая имела в исходном проекте) не потребовалась и была удалена. Увеличение грузовой площади и уменьшение сечения колонн потребовало установки дополнительной арматуры в зоне продавливания перекрытия над средними колоннами. Тем не менее, увеличение расхода арматуры на обвязочные балки и усиление зоны продавливания, было в равной степени скомпенсировано уменьшением дополнительной арматуры в пролете и над опорами (колоннами). Расход бетона в перекрытиях сокращен на 5 %.

Уменьшение числа колонн позволило сократить число ростверков, а снижение общего веса конструкций, одновременно с повышением жесткости перекрытий и стен подвала, позволило более равномерно распределить нагрузку по периметру здания, уменьшить число свай и размеры ростверков в плане. Толщина стен подвала так же была уменьшена с 250 до 200 мм [10].

В итоге, расчеты показали, что применение высокопрочного бетона класса В80 позволило значительно уменьшить расход строительных материалов и массу здания в целом. Класс рабочей арматуры при этом не изменился (рис. 4).

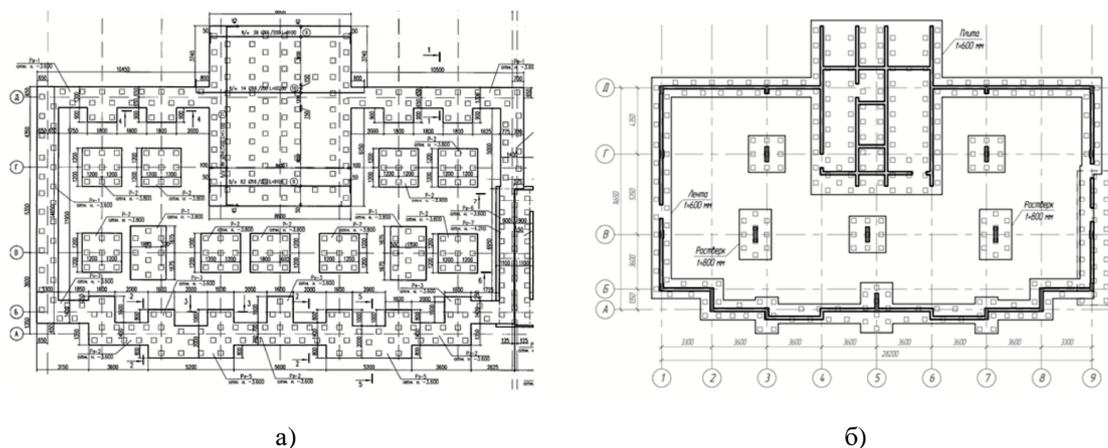


Рис. 4. Схема расположения фундаментов:
 а – первоначальное (проектное) решение с узким шагом (3,6 м);
 б – новое альтернативное решение с широким шагом (7,2 м)

Разработка рабочих чертежей

На основании результатов расчетов, была доработана информационная 3D-модель и разработаны рабочие чертежи каркаса с использованием программного комплекса «Autodesk Revit Structure 2017». Рабочие чертежи несущей системы выполнены по аналогии (количество, последовательность, содержание) с чертежами, разработанными ТИГП для возможности наиболее наглядного сравнения и оценки внесенных усовершенствований. Рабочие чертежи были переданы заказчику «ГВЖФ РТ» и прошли государственную экспертизу.

Технико-экономическое сравнение

После разработки рабочих чертежей, по ведомостям расхода материалов, было выполнено технико-экономическое сравнение в табличном виде между решениями при выполнении каркаса здания из бетона класса В25 и из бетона В80 (рис. 5).

Конструктивный элемент	Проект ТИГП (первоначальный)			Проект с бетоном В80 (перепроектирован)			Экономия материала в %	Объем экономии материала		Наличие экономии	
	Материал	кол.	ед.изм.	Материал	кол.	ед.изм.	%	кол.	ед.изм.		
Фундамент	Сваи	С10.30	1058	шт.	С10.30	829	шт.	-21.64	229	шт.	да
	Бетонная подготовка	В7.5	96.2	куб.м	В7.5	73.00	куб.м	-24.12	23.20	куб.м	да
	Бетон ростверков	В25Ф75W4	581.1	куб.м	В25Ф75W4	446.20	куб.м	-23.21	134.90	куб.м	да
	Арматура ростверков	Ø8 А500С	3729	кг	Ø8 А500С	3368	кг	-9.69	361	кг	да
		Ø12 А500С	11301	кг	Ø12 А500С	8772	кг	-22.38	2529	кг	да
		Ø16 А500С	22890	кг	Ø16 А500С	24607	кг	7.50	-1717	кг	Нет
		Ø20 А500С	3468	кг	Ø20 А500С	1763	кг	-49.16	1705	кг	да
Ø25 А500С	27047	кг	Ø25 А500С	14894	кг	-44.93	12153	кг	да		
ИТОГО:	68.44	т	ИТОГО:	53.40	т	-21.96	15.03	т	да		
Стены	Бетон стен	В25	2284.90	куб.м	В80	1827.80	куб.м	-20.01	457.10	куб.м	да
	Арматура стен	по проекту	148.4	т	без изменений			---	---	---	---
Колонны	Бетон колонн	В25	1578.52	куб.м	В80	648.04	куб.м	-58.95	930.48	куб.м	да
	Арматура колонн	Ø8 А500С	3808	кг	Ø8 А500С	3339.7	кг	-12.29	468	кг	да
		Ø8 А240	43033	кг	Ø8 А240	25666.7	кг	-40.36	17367	кг	да
		Ø16 А500С	74347	кг	Ø16 А500С	0	кг	-100.00	74347	кг	да
		Ø18 А500С	0	кг	Ø18 А500С	38297.7	кг	100.00	-38298	кг	Нет
		Ø20 А500С	91681	кг	Ø20 А500С	48576.6	кг	-47.02	43104	кг	да
		Ø25 А500С	84742	кг	Ø25 А500С	0	кг	-100.00	84742	кг	да
		муфты	0	шт.	муфты	9386	шт.	100.00	-9386	шт.	да
ИТОГО:	297.61	т	ИТОГО:	125.27	т	-57.91	172.34	т	да		
Перекрытия	Бетон перекрытий	В25	4449.60	куб.м	В80	4230.00	куб.м	-4.94	219.60	куб.м	да
	Арматура перекрытий	Ø8 А240	3708	кг	Ø8 А240	3952	кг	6.58	-244	кг	Нет
		Ø8 А500С	0	кг	Ø8 А500С	33675	кг	100.00	-33675	кг	Нет
		Ø12 А500С	852110	кг	Ø12 А500С	772512	кг	-9.34	79598	кг	да
		Ø16 А500С	13535	кг	Ø16 А500С	10702.4	кг	-20.93	2833	кг	да
		Ø18 А500С	32402	кг	Ø18 А500С	33864	кг	4.51	-1462	кг	Нет
		Ø20 А500С	14358	кг	Ø20 А500С	63407	кг	341.62	-49049	кг	Нет
ИТОГО:	916.11	т	ИТОГО:	918.11	т	0.22	-2.00	т	Нет		

Рис. 5. Таблица технико-экономического сравнения каркасов здания из проектного бетона класса В25 и из бетона В80

В результате установлено, что замена проектного класса бетона В25 на В80 позволила:

- для свайного основания: уменьшить количество свай на 21 %;
- для роствершков: уменьшить их количество, при снижении расхода бетона на 23 %, стали – на 22 %;
- для колонн: уменьшить их количество и размеры поперечного сечения, при снижении расхода бетона на 60 %, стали – на 70 %;
- для несущих стен: уменьшить их толщину с 250 до 200 мм при снижении расхода бетона на 20 %;
- для перекрытий: уменьшить их толщину с 180 до 160 мм, ввести обвязочные балки по внешнему периметру и снизить расход бетона на 5 %;

Кроме того, уменьшение поперечного сечения стен, колонн и увеличение их шага позволили увеличить полезную площадь помещений, обеспечить более свободную планировку квартир и разместить автостоянку в подвале.

Заключение

Снижение расхода материалов составило: 20 % для – бетона, 13 % – для стали, что дало экономию 4,47 млн. руб. или 13,5 % от стоимости проектного каркаса при применении бетона на привозном гранитном щебне, и 5,89 млн. руб. или 17,7 % – при применении высокопрочного песчаного бетона на местном песке.

Проделанная работа, так же как и исследования других авторов [11], показали, что строительство из высокопрочных бетонов имеет большой экономический потенциал, а строительный комплекс Татарстана имеет возможность его реализовать.

Список библиографических ссылок

1. Калашников В. И. Эволюция развития составов и изменение прочности бетонов. Бетоны настоящего и будущего // Строительные материалы. 2016. № 1-2. С. 96–103.
2. Тезисы докладов : сб. научных трудов Международной научно-технической конференции «Высокопрочные цементные бетоны: технологии, конструкции, экономика», Казань, КГАСУ, 2016. 82 с.
3. Морозов Н. М., Хозин В. Г. Песчаный бетон высокой прочности // Строительные материалы. 2005. № 11. С. 25–26.
4. Петухов А. В., Коровкин М. О., Ерошкина Н. А. Применение высокопрочного бетона в высотном строительстве // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 3 (71). С. 127–133.
5. Аксенов В. Н., Маилян Д. Р., Блягоз А. М., Хутыз А. М. Особенности расчета железобетонных колонн из высокопрочного бетона по нормативным методам // Новые технологии. 2012. № 4. С. 36–43.
6. Мкртчян А. М., Аксенов В. Н. К вопросу расчета сжатых железобетонных конструкций из высокопрочного бетона с помощью ЭВМ // Научное обозрение. 2013. № 11. С. 127–132.
7. Raut N., Kodur V. Response of Reinforced Concrete Columns under Fire-Induced Biaxial Bending // ACI Structural Journal. № 5. 2011. P. 610–619.
8. Joseph Jones and Julio A. Ramirez. Bond of reinforcement in high-strength concrete // ACI Structural Journal. № 3. 2016. P. 549–556.
9. Мирсяпов И. Т. Обеспечение безопасности железобетонных балок по наклонному сечению при многократно повторяющихся нагрузках // Жилищное строительство. 2016. № 1-2. С. 23–27.
10. Fedorova G., Mestnikov V., Matveeva O., Nikolayev E. Features of high-strength concrete creation for concreting of monolithic constructions in the far north conditions // Procedia Engineering. 2013. T. 57. P. 264–269.
11. Коровкин М. О., Янбукова А. Р., Ерошкина Н. А. Опыт и перспективы использования высокопрочных и сверхвысокопрочных бетонов // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 2. С. 187–194.

Mirsayapov Ilshat Talgatovich

doctor of technical science, associate professor

E-mail: mirsayapovit@mail.ru**Nikitin Georgy Petrovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: g.nikitin@gap-rt.ru**Simakov Vasily Dmitrievich**

candidate of technical science

E-mail: VasiliSimakov86@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

**The use of high-strength concrete B80 for the frame
of an 18-storey residential building in the «Salavat Coopere» complex****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to identify and evaluate the possibility of efficient use of high-strength concrete, manufactured primarily from local building materials, in housing construction. To assess the technical and economic efficiency of the use of high-strength concrete, «GVZhF RT» asked KGASU to redesign the frame of a monolithic 18-storey residential building with the use of high-strength concrete class B80. The basic carrier system was designed from concrete of class B25 by the institute of «Tatinvestgrazhdanproekt».

Results. The main results of the research consist in the development of an improved bearing system of an apartment house with the use of high-strength concrete, which, relative to the basic frame, allowed increasing the pitch of the columns, reducing the number and dimensions of the cross-section of all load-bearing elements. The economic effect of reducing the consumption of materials amounted to: 4,47 million rubles, or 13,5 % of the cost of the frame when using concrete grade B80 on granite gravel, and 5,89 million rubles, or 17,7 % – on the Kama sand.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists both in confirming and in assessing the effectiveness of the application of high-strength concrete of the B80 class. The use of high-strength concrete, in the example under consideration, made it possible to: facilitate the building, increase the pitch of the columns, reduce the amount of construction and installation work, increase the useful area of the premises, and add a parking lot to the underground part.

Keywords: high-strength concrete, load-bearing system, frame, residential house, strength calculation, calculation of serviceability.

References

1. Kalashnikov V. A. Evolution of development of concretes compositions and change in concrete strength. Concretes of present and future // *Stroitel'nyye materialy*. 2016. № 1-2. P. 96–103.
2. Theses of reports : proceedings of the International Scientific and Technical Conference «High-strength cement concretes: technologies, structures, economics (VBB-2016)», Kazan, KGASU, 2016. 82 p.
3. Morozov N. M., Khozin V. G. High-strength sandy concrete // *Stroitel'nyye materialy*. 2005. № 11. P. 25–26.
4. Petukhov A. V., Korovkin M. O., Eroshkina N. A. Application of high-strength concrete in tall buildings // *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii*. 2017. № 3 (71). P. 127–133.
5. Aksenov V. N., Mailyan D. R., Blyagoz A. M., Khoutyz A. M. Features of the calculation of ferro-concrete columns of durable concrete using normative method // *Novye technologii*. 2012. № 4. P. 36–43.

6. Mkrтчyan A. M., Aksenov V. N. On the problem of calculating compression reinforced constructions made of high-strength concrete with the help of a computer // Nauchnoye obozreniye. 2013. № 11. P. 127–132.
7. Raut N., Kodur V. Response of Reinforced Concrete Columns under Fire-Induced Biaxial Bending // ACI Structural Journal. № 5. 2011. P. 610–619.
8. Joseph Jones and Julio A. Ramirez. Bond of reinforcement in high-strength concrete // ACI Structural Journal. № 3. 2016. P. 549–556.
9. Mirsayapov I. T. Ensuring the Safety of Reinforced Concrete Beams along the Oblique Section under Repeated Loads // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2016. № 1-2. P. 23–27.
10. Fedorova G., Mestnikov V., Matveeva O., Nikolayev E. Features of high-strength concrete creation for concreting of monolithic constructions in the far north conditions // Procedia Engineering. 2013. T. 57. P. 264–269.
11. Korovkin M. O., Yanbukova A. R., Eroshkina N. A. Experience and prospects of using of high-strength and ultra-high strength concretes // Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. 2017. № 2. P. 187–194.

УДК 693;539.4

Страхов Дмитрий Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: strahov@kgasu.ru

Гимранов Линур Рафаилович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: leenur@mail.ru

Сахапова Алина Ильдаровна

студент

E-mail: wertea@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

**Применение объемных конечных элементов,
на примере пожарной каланчи, находящейся в г. Сарапул,
являющейся памятником архитектуры федерального значения**

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить возможности эффективного применения программных комплексов, в линейной и нелинейной постановке, для решения нетиповых задач с использованием объемных конечных элементов.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в анализе напряженно-деформированного состояния несущей системы здания Пожарной каланчи в г. Сарапул.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в выявлении закономерностей напряженно-деформированного состояния конструкций здания, зон предположительного образования трещин и пригодности здания к дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: объёмные конечные элементы, расчетные комплексы, расчетные модели, нелинейный расчет, кирпичные своды, реконструкция.

Введение

На сегодняшнее время метод конечных элементов является основным и самым распространенным инструментом, лежащим в основе современных программных комплексов (таких как ANSYS, ЛИРА, MicroFe, STARK ES и т.д.). Разнообразие решаемых прикладных и наукоемких задач, в таких программных комплексах, обеспечивается широким спектром разработанных библиотек конечных элементов, включающих точечные, стержневые, пластинчатые и объемные элементы.

В большинстве рассматриваемых задач, по определению внутренних усилий в несущих элементах, при расчетах инженерных конструкций, используют стержневые и пластинчатые элементы. Данные элементы позволяют достаточно точно определять внутренние усилия в элементах, при довольно малом соотношении габаритов поперечного сечения к длине конструктивного элемента. Однако, существует определенная область практических задач в которых пластинчатые элементы недостаточно полно отражают напряженно-деформированное состояние исследуемых конструкций. К таким задачам можно отнести: задачи, в которых габариты сечения сопоставимы с длинами элементов (объемные сложные ростверки, толстые стены в основаниях высотных зданий и так далее.); задачи в которых используется ортотропный материал (кладка стен, обычная и клееная древесина, композиционные материалы); сводчатые конструкции, различных разновидностей.

Для повышения релевантности создаваемых моделей реконструируемых зданий и получаемых результатов нами предложено использовать объемные конечные элементы в виде тетраэдров и параллелепипедов [1]. Данные элементы включают в себя возможность задания линейной и нелинейной ортотропии, нелинейных характеристик, таких как анизотропия, пластичность, ползучесть. Решение таких задач известно методами

численного моделирования конструкции различной конфигурации, так и экспериментальным изучением механизмов разрушения [2-5]. Отметим, что моделирование зданий сложной конфигурации представляет собой непростую задачу [6], с необходимостью применения программных комплексов, способных моделировать сложные конструктивные элементы [7]. На определенном этапе развития возможностей расчетных систем, применение конечных элементов в виде тетраэдров и параллелепипедов вызывало значительные трудности, как в методике построения модели, так и в значительном объеме и времени производимых вычислений. На данный период времени, за счет оптимизации алгоритмов вычислений, лидеров отрасли программного обеспечения и возросших возможностей расчетных машин, применение объемных конечных элементов наиболее актуально.

Исследование здания Пожарной каланчи

В выполненной работе, для более точного и детального анализа поведения несущего остова здания Пожарной каланчи в городе Сарепул, являющимся памятником архитектуры федерального значения, использовались объемные конечные элементы. Данный подход к решению поставленной задачи, был продиктован ортотропным материалом кладки и довольно габаритным поперечным сечением исследуемых элементов.

Рассматриваемое в данной работе здание пожарной каланчи, в настоящее время двухэтажное, с пятиэтажной башней вышки. Пожарная каланча находится по адресу г. Сарепул, площадь Свободы, 5. являющейся одной из высочайших точек города (96 метров над уровнем моря). В архитектурной композиции преобладает ярко выраженный центризм: все симметричные формы сходятся в одной центральной точке, которой является вышка. Центральная часть фасада здания выделена выступом, ее венчает ступенчатый фронтон. Остальные стороны каланчи имеют рельефные горизонтальные пояса и другие декоративные элементы. Вышка Сарепульской пожарной каланчи состоит из трех частей – четвериков, ее логическое завершение – смотровая площадка.

Построено здание пожарной части в русско-византийском стиле. Проект строения разработал известный архитектор И.А. Чарушин. На первом этаже здания находился манеж с восемью большими двустворчатыми воротами, на втором этаже были квартиры пожарных с семьями и пожарного мастера. Третий, четвертый и пятый этажи – башня, наверху которой находилась смотровая площадка. Строительные работы по возведению пожарной каланчи велись с 1886 года по 1887 год.

Конструктивная схема исследуемого здания – стеновая, с основными несущими наружными и внутренними кирпичными стенами. Наружные и внутренние несущие и самонесущие стены первого и второго этажа выполнены толщиной до 1000 мм. Толщина стен башни в уровне первого этажа – 1900 мм, в уровне второго и третьего этажа – 1800 мм, в уровне четвертого этажа – 1300 мм, в уровне пятого этажа – 1000 мм, в уровне смотровой площадки – 610 мм.

Расчет здания был выполнен в программном комплексе Лира-САПР [8]. Расчет велся в линейной и нелинейной постановке. Количество узлов в расчетной схеме – 59241, количество элементов – 212354.

Общий вид здания представлен на рис. 1, вид модели представлен на рис. 2-4. Расчетная модель включала в себя несущие стены, своды, деревянное перекрытие, стальные балки под своды и несущее основание. Нагрузки на исследуемое здание приняты согласно нормативам строительства [9]. Собственный вес несущих стен, сводов, учитывался в расчетной схеме. Собственный вес грунтовых насыпок прикладывался в случае перекрытия – к балкам под своды, в случае чердачного покрытия к несущим стенам в уровне примыкания чердачных балок перекрытия.

Максимальные допустимые напряжения в кирпичной кладке приняты с учетом [9], как для гомогенной модели. Результаты расчета приводятся для несущих стен по осям, принятым согласно рис. 5. Результаты статического расчета приведены на рис. 6-18. Напряжения в элементах приведены в МПа, ось X расположена вдоль длинной стороны здания.



Рис. 1. Общий вид здания

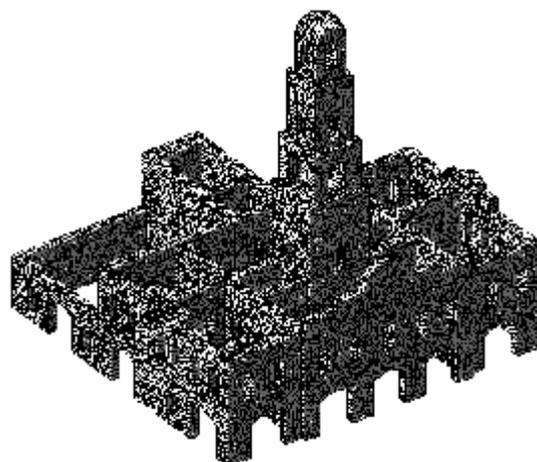


Рис. 2. Расчетная схема здания пожарной каланчи

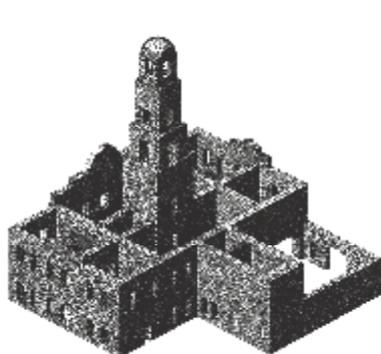


Рис. 3. Расчетная схема (вид слева)

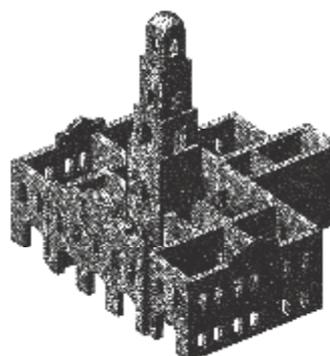


Рис. 4. Расчетная схема (вид справа)

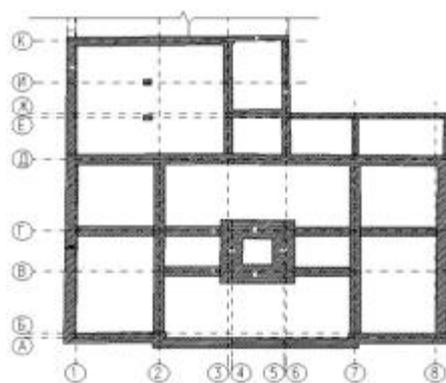


Рис. 5. План здания

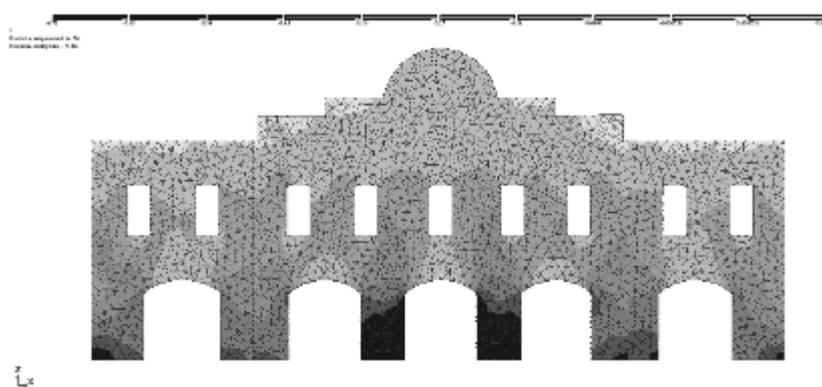


Рис. 6. Нормальные напряжения N_z в стене в осях А/1-8 с наружной стороны

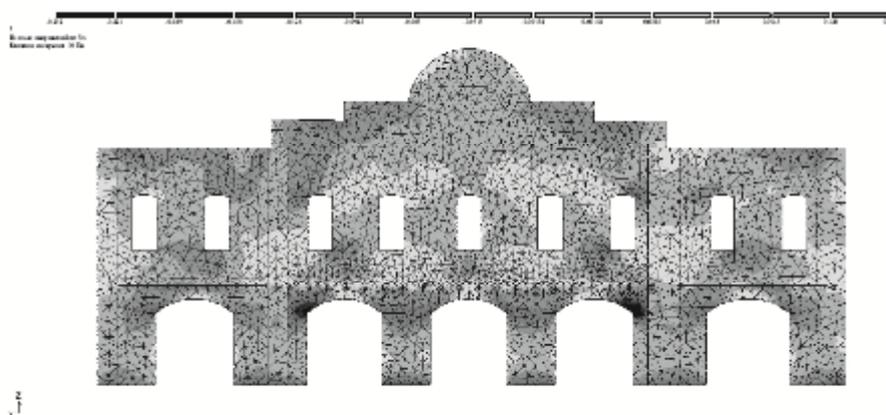


Рис. 7. Нормальные напряжения N_x в стене в осях А/8-1 с внутренней стороны

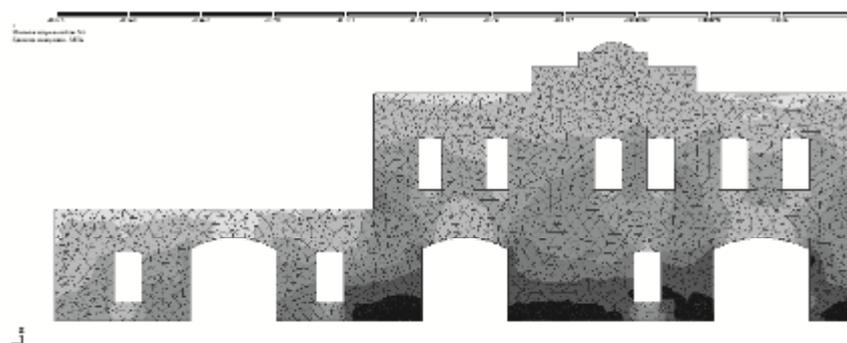


Рис. 8. Нормальные напряжения N_z в стене в осях 1/К-А с наружной стороны

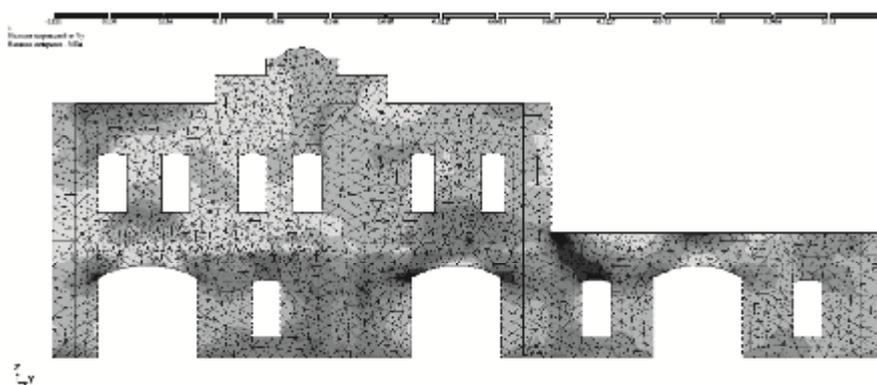


Рис. 9. Нормальные напряжения N_y в стене в осях 1/ А-К с внутренней стороны

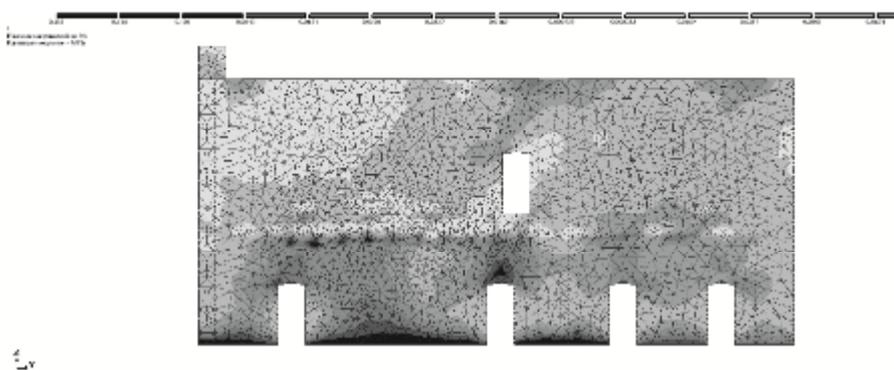


Рис. 10. Нормальные напряжения N_y в стене в осях 7/ А-Д со стороны оси 8

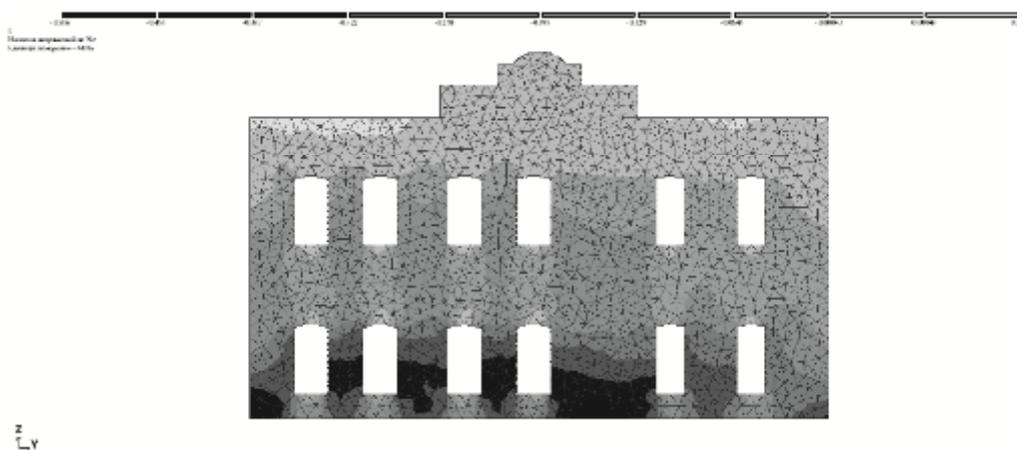


Рис. 11. Нормальные напряжения N_z в стене в осях 8/А-Д с наружной стороны

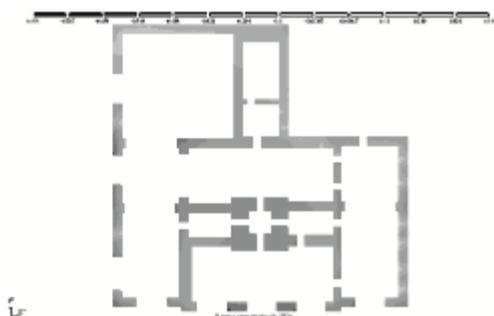


Рис. 12. Вертикальные напряжения на обрез фундамента

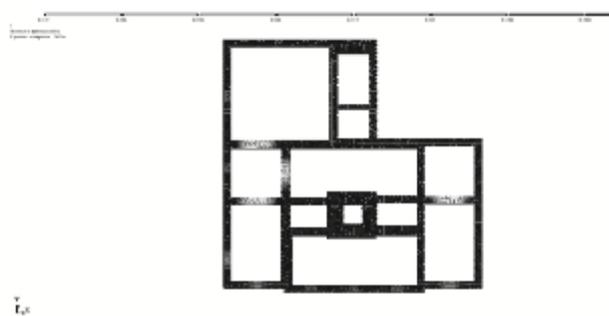


Рис. 13. Напряжения под подошвой фундамента

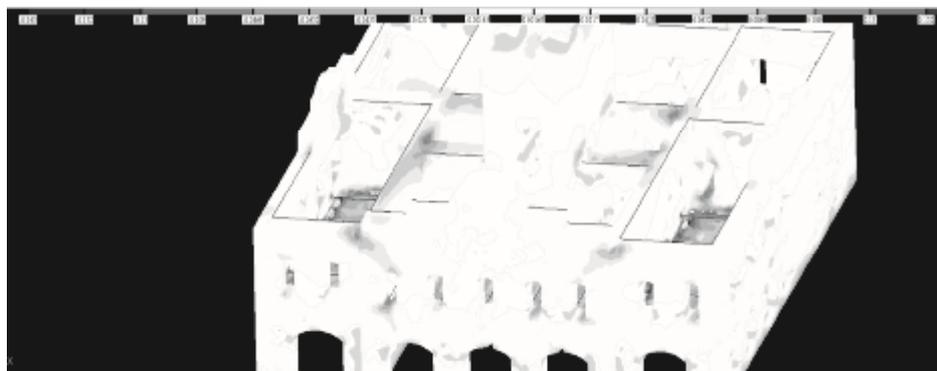


Рис. 14. Общий вид здания, зоны предположительного образования трещин

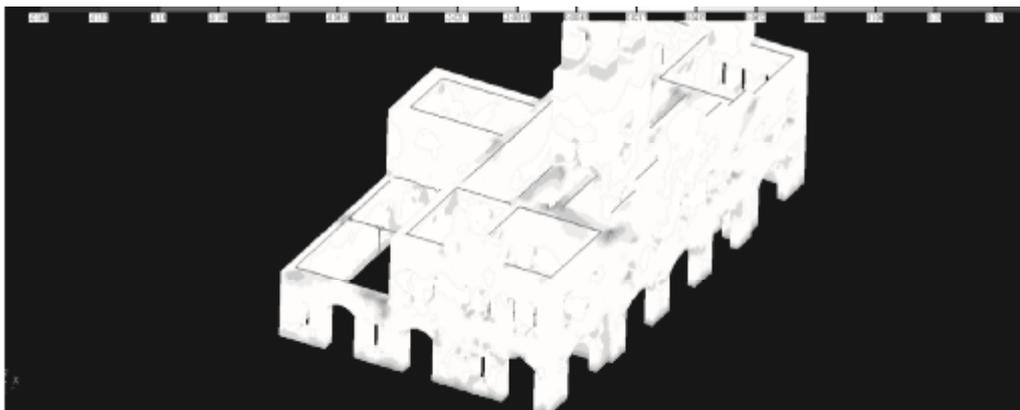


Рис. 15. Общий вид здания, зоны предположительного образования трещин

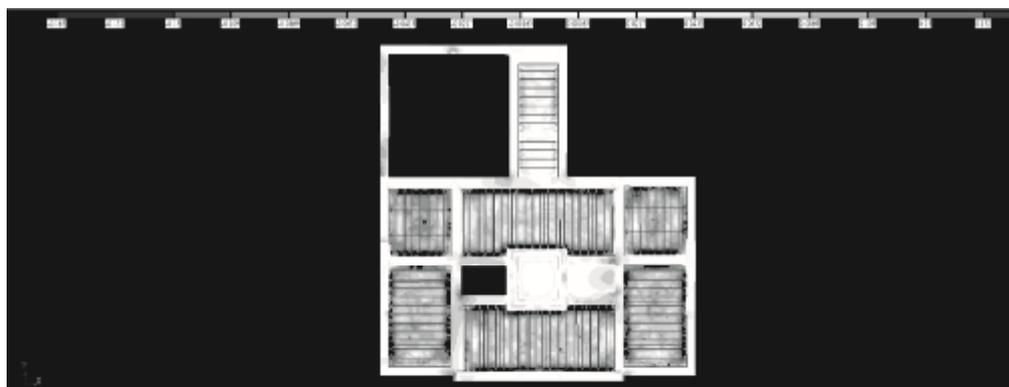


Рис. 16. Вид сверху, зоны предположительного образования трещин

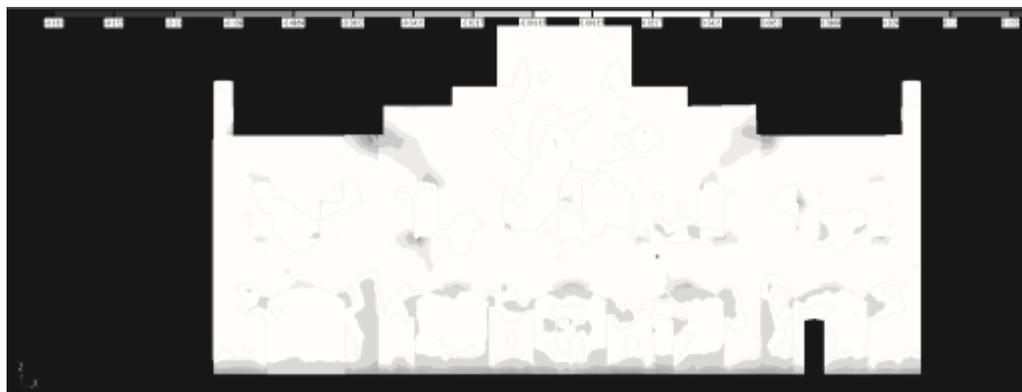


Рис. 17. Зоны предположительного образования трещин в несущих стенах здания

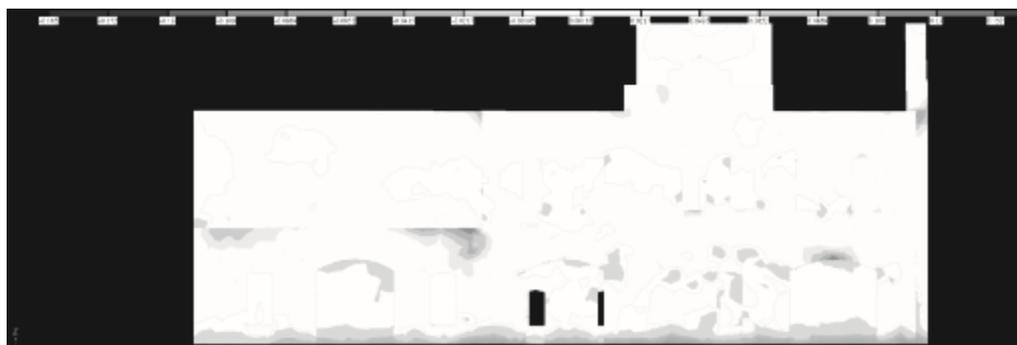


Рис. 18. Зоны предположительного образования трещин в несущих стенах здания

По результатам расчета получены напряжения в сводах, стенах и бутовом фундаменте. Участки несущих конструкций с напряжением в несущих элементах (табл.). По результатам линейного расчета прочности кирпичных стен и бутового фундамента достаточно для восприятия действующих напряжений.

Таблица

Действующие напряжения в стенах

Координаты стены	Напряжения (МПа)				Процент использования
	Сжатия		Растяжения		
	По высоте	Вдоль стены	По высоте	Вдоль стены	
A/1-8	0,72	0,252	0,074	0,126	80 %
B/1-8	0,461	0,316	0,06	0,04	59 %
Г/1-8	0,511	0,218	0,073	0,073	57 %
Д/1-8	0,512	0,189	0,085	0,108	68 %
К/1-6	0,707	0,119	0,03	0,03	78 %
1/К-А	0,626	0,181	0,0782	0,113	71 %
2/Д-А	0,57	0,165	0,712	0,118	73 %
3/К-А	0,45	0,179	0,001	0,0897	55 %
5/К-А	0,587	0,089	0,001	0,089	65 %
7/Д-А	0,457	0,135	0,06	0,0674	51 %

Согласно [10], в значительной части исторических зданий со сводчатыми конструкциями выявляются типовые дефекты, возникающие из-за подвижек [11, 12], разрушения опор, или растеске дополнительных проемов под пятнами сводов. Для наиболее полной оценки напряженно-деформированного состояния проведен нелинейный расчет здания. Согласно расчету, выявлены элементы с напряжениями, превышающими допускаемые значения, в которых возможно образование трещин в кирпичной кладке (рис. 14-18). Данные элементы находятся под опорными элементами балок перекрытий, и в процессе эксплуатации произошло возможное перераспределение напряжения с последующей стабилизацией образовавшихся трещин. Учет нелинейности деформирования, позволил выявить резервы несущей способности как отдельных элементов, а также их сопряжений так и всей системы в целом, с учетом возможных перераспределений усилий в несущей системе.

Заключение

Проведение исследования напряженно-деформированного состояния с использованием объемных конечных элементов, при создании модели Пожарной каланчи в г. Сарепул, позволило наиболее полно оценить распределение напряжений в габаритных поперечных сечениях исследуемых элементов с оценкой состояния несущих конструкций и рекомендуется для дальнейшего применения.

Список библиографических ссылок

1. Страхов Д. Е., Сахапова А. И. Применение объемных конечных элементов в реконструируемых зданиях архитектурного наследия // Известия КГАСУ. 2017. № 4 (42). С. 189–195.
2. Milani G. Upper bound sequential linear programming mesh adaptation scheme for collapse analysis of masonry vaults // Advances in Engineering Software. 2015. № 79. P. 91–110.
3. Tianyi Yi. PhD Thesis : Experimental Investigation and Numerical Simulation of an Unreinforced Masonry Structure with Flexible Diaphragms. Georgia Institute of Technology. 2004. 671 p.

4. Anania L., Badala A., D'Agata G. The post strengthening of the masonry vaults by the Ω -Wrap technique based on the use of C-FRP // *Construction and Building Materials*. 2013. № 47. P. 1053–1068.
5. Cancelliere I., Imbimbo M., Sacco E. Experimental tests and numerical modeling of reinforced masonry arches // *Engineering Structures*. 2010. № 32. P. 776–792.
6. Беспалов В. В., Зимин С. С. Прочность каменной кладки сводчатых конструкций // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2016. № 11 (50). С. 37–51.
7. Зимин С. С., Беспалов В. В., Казиминова А. С. Расчетная модель каменной арочной конструкции // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2015. № 3 (113). С. 33–37.
8. Водопьянов Р. Ю., Титок В. П., Артамонова А. Е. Под редакцией академика РААСН Городецкого А. С. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2015. Руководство пользователя. Обучающие примеры. М., 2015. 460 с.
9. Bespalov V., Orlovich R., Zimin S. Stress-Strain State of Brick Masonry Vault with an Aperture. *MATEC Web of Conferences*. № 53, 001009. 6 p.
10. Бессонов Г. Б. Исследование деформаций, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем. М. : Союзреставрация, 1989. 171 с.
11. Павлов В. В., Хорьков Е. В. Экспериментальные исследования работы усиленных кирпичных арок при горизонтальной подвижке опор // *Известия КГАСУ*. 2014. № 2 (28). С. 90–96.
12. Соколов Б. С., Антаков А. Б. Исследования сжатых элементов каменных и армокаменных конструкций. М. : АСВ, 2010. 104 с.

Strahov Dmitry Evgenevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: strahov@kgasu.ru

Gimranov Linur Rafailevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: leenur@mail.ru

Sahapova Alina Ildarovna

student

E-mail: wertea@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Application of volume finite elements, on the example of fire maypole in Sarapul city – the monument of architecture of federal value**Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to identify the possibilities of effective application of software systems, in a linear and non-linear setting, for solving non-standard problems using volumetric finite elements.

Results. The main results of the research consist in the analysis of the stress-strain state of the bearing system of the building of the fire maypole in the city of Sarapul.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to identify the patterns of the stress-strain state of the building's structures, the zones of supposed crack formation and the suitability of the building for further operation.

Keywords: volumetric finite elements, computational complexes, design models, nonlinear calculation, brick arches, reconstruction.

References

1. Strakhov D. E., Sahapova A. I. Application of volumetric finite elements in reconstructed buildings of architectural heritage // *Izvestiya KGASU*. 2017. № 4 (42). P. 189–195.
2. Milani G. Upper bound sequential linear programming mesh adaptation scheme for collapse analysis of masonry vaults // *Advances in Engineering Software*. 2015. № 79. P. 91–110.
3. Tianyi Yi. PhD Thesis : Experimental Investigation and Numerical Simulation of an Unreinforced Masonry Structure with Flexible Diaphragms. Georgia Institute of Technology. 2004. 671 p.
4. Anania L., Badala A., D'Agata G. The post strengthening of the masonry vaults by the Ω -Wrap technique based on the use of C-FRP // *Construction and Building Materials*. 2013. № 47. P. 1053–1068.
5. Cancelliere I., Imbimbo M., Sacco E. Experimental tests and numerical modeling of reinforced masonry arches // *Engineering Structures*. 2010. № 32. P. 776–792.
6. Bespalov V. V., Zimin S. S. Strength of masonry of vaulted structures // *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy*. 2016. № 11 (50). P. 37–51.
7. Zimin S. S., Bespalov V. V., Kazimirova A. S. Calculation model of stone arch structure // *Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury*. 2015. № 3 (113). P. 33–37.
8. Vodopyanov R. Yu., Titok V. P., Artamonova A. E. Edited by academician RAASN Gorodetsky A. S. Program package LIRA-CAD 2015. User's manual. Learning examples. M., 2015. 460 p.
9. Bespalov V., Orlovich R., Zimin S. Stress-Strain State of Brick Masonry Vault with an Aperture. MATEC Web of Conferences. № 53, 001009. 6 p.
10. Bessonov G. B. Research of deformations, calculation of bearing ability and constructive strengthening of ancient spacer systems. M. : Soyusrestovratsiya, 1989. 171 p.
11. Pavlov V. V., Khorkov E. V. Experimental studies of the work of reinforced brick arches with horizontal support of supports // *Izvestiya KGASU*. 2014. № 2 (28). P. 90–96.
12. Sokolov B. S., Antakov A. B. Studies of compressed elements of stone and armored structures. M. : ASV, 2010. 104 p.



УДК 628.16

Бусарев Андрей Валерьевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: redel1@myrambler.ru

Шешегова Ирина Геннадьевна

старший преподаватель

E-mail: ig-7@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Тазмиева Ильнара Наилевна

инженер

E-mail: ilnara_tazmieva@mail.ru

ООО «Маяк-НК»

Адрес организации: 420029, Россия, г. Казань, Сибирский тракт, д. 39, пом. 2

Исследования процесса подготовки технической воды для заводнения нефтеносных горизонтов с использованием напорных гидроциклонов

Аннотация

Постановка задачи. Для увеличения нефтеотдачи продуктивных горизонтов применяется метод поддержания пластового давления (ППД). Суть этого метода заключается в закачке в нефтеносные горизонты через нагнетательные скважины воды из поверхностных источников. С целью предотвращения засорения поровых каналов нефтеносных горизонтов необходима очистка воды, закачиваемой в нагнетательные скважины от взвешенных веществ. Данная статья посвящена очистке воды для заводнения нефтеносных горизонтов от взвеси с использованием установок типа «блок гидроциклон-отстойник». Целью этих исследований является определение времени отстаивания, необходимое для очистки воды, обработанной в напорных цилиндрикоконических гидроциклонах конструкции Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ).

Результаты. Основные результаты данных исследований состоят в определении времени отстаивания необходимого для очистки от взвеси воды, обработанной в напорных гидроциклонах.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в определении времени отстаивания, необходимого для очистки от взвешенных веществ воды, которая была обработана в напорных гидроциклонах, что позволяет осуществить технологические расчеты установок типа «блок-гидроциклон-отстойник».

Ключевые слова: техническая вода для заводнения нефтеносных горизонтов, очистка воды из поверхностных источников от взвешенных веществ, установки типа «блок гидроциклон-отстойник», определение времени отстаивания для очистки от взвеси воды, обработанной в напорных гидроциклонах.

Введение

С целью увеличения коэффициента нефтеотдачи нефтяных месторождений используется метод поддержания пластового давления (ППД). В продуктивные горизонты закачивается вода, вытесняющая и вымывающая сырую нефть из пор пласта, тем самым увеличивая дебит добывающих нефтеносных скважин. Для закачки в пласт используются нефтепромысловые сточные воды (НСВ) образующиеся в местах добычи и первичной переработки нефти или воды поверхностных источников [1, 2].

С целью предотвращения засорения поровых каналов нефтяных пластов необходима очистка технической воды, закачиваемой в нагнетательные скважины, от взвешенных веществ.

Содержание взвеси в воде, подаваемой в нагнетательные скважины, составляет 10-50 мг [1]. Основная масса воды, используемой на предприятиях ПАО «Татнефть» для

заводнения нефтеносных горизонтов, поступает из р. Кама. При этом воды по трубопроводам подается на нефтепромыслы, расположенные на расстоянии 100-120 км от водозабора (г. Набережные Челны).

При длительной транспортировке технической воды происходит ее вторичное загрязнение, из-за которого концентрация взвешенных веществ возрастает до 30-50 мг/л [3].

Установка очистки технической воды от взвеси

Для очистки воды от взвешенных веществ авторы работ [4-7] предлагают использовать напорные гидроциклоны. В КГАСУ для этих целей используются напорные цилиндрикоконические гидроциклоны диаметром 40-100 мм [4].

Очистка воды от взвеси может быть проведена на установках типа «блок гидроциклон-отстойник» (БГО), в состав которых кроме напорных гидроциклонов входят отстойники различных конструкций [1, 2, 4]. В работе [4] предлагается использовать в составе установок типа БГО тонкослойные напорные горизонтальные отстойники.

На рис. 1 представлена технологическая схема установки типа БГО, разработанная в КГАСУ для подготовки технической воды. Данный аппарат состоит из гидроциклонной установки 1 и отстойника 2, работающего в напорном режиме.

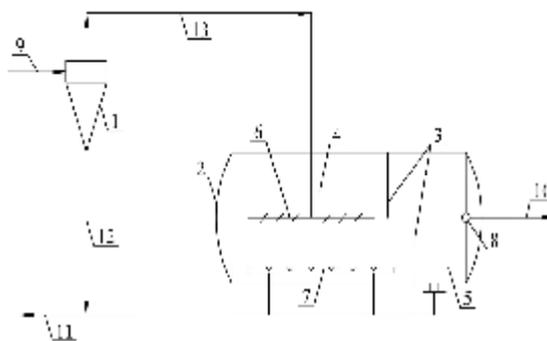


Рис. 1. Схема аппарата типа БГО: 1 – гидроциклонная установка; 2 – напорный отстойник; 3 – перегородка; 4 – отсек предварительного отстаивания; 5 – отсек дополнительного отстаивания; 6 – водораспределитель; 7 – сборник осадка; 8 – водосборник; 9 – подача воды на очистку; 10 – отвод очищенной воды; 11 – отвод уловленного осадка; 12 – нижний слив гидроциклонов; 13 – верхний слив гидроциклонов

Вода подается на очистку в установку типа БГО под избыточным давлением не менее 0,3-0,4 МПа.

Часть взвешенных веществ отводится от напорных гидроциклонов через их нижние сливные отверстия (нижний слив). Очищенная в гидроциклонах вода (верхний слив) поступает в напорный отстойник 2. Нижний слив гидроциклонов, а также осадок, образующийся в отстойнике, под остаточным давлением 0,1-0,2 МПа отводятся в шламонакопитель.

Очищенная вода под остаточным давлением 0,1-0,2 МПа поступает в систему ППД.

Гидроциклонная обработка природной воды перед ее поступлением в отстойники значительно снижает нагрузку на эти аппараты. Кроме того использование после напорных гидроциклонов отстойников повышает инерционность (снижает влияние внешних условий на эффективность очистки) этих аппаратов.

Такая установка типа БГО уменьшает содержание взвеси в воде с 50 мг/л до 10 мг/л. При концентрации взвеси в воде, поступающей на очистку в БГО, равной 100-150 мг/л необходимо предусматривать доочистку технической воды в скорых или сверхскорых фильтрах с зернистой загрузкой [2, 4].

Описание экспериментальной установки

Для совершенствования конструкции установок типа БГО, предназначенных для подготовки природных вод с целью их использования в системах ППД нефтепромыслов,

в КГАСУ проводились экспериментальные исследования. Они проходили с применением экспериментальной установки, технологическая схема которой представлена на рис. 2.

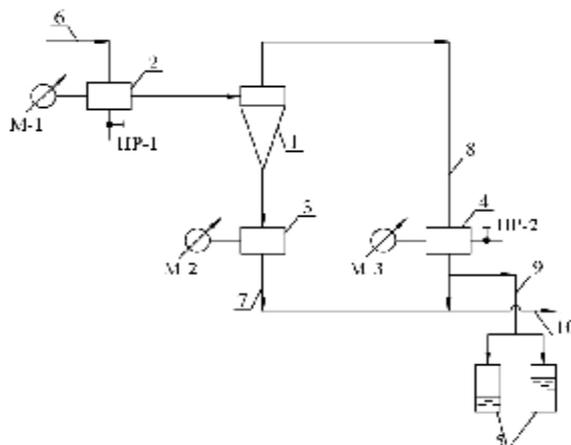


Рис. 2. Экспериментальная гидроциклонная установки: 1 – напорный гидроциклон; 2 – успокоительная ёмкость; 3 – напорная емкость нижнего слива; 4 – напорная емкость верхнего слива; 5 – цилиндры для отстаивания; 6 – подача воды на очистку; 7 – нижний слив гидроциклона; 8 – верхний слив гидроциклона; 9 – подача воды в стеклянные цилиндры; 10 – отвод воды в канализацию

Успокоительная емкость 2 служит для моделирования подключения напорного гидроциклона к трубопроводу большого диаметра [8]. Емкости 3 и 4 служат для создания противодействия на соответствующих сливах гидроциклонов [5].

Стеклянные цилиндры 5 предназначены для определения времени отстаивания воды, обработанной в напорных гидроциклонах. Общий вид цилиндров представлен на рис. 3. Геометрические размеры цилиндров приняты по рекомендациям, представленным в работе [6].

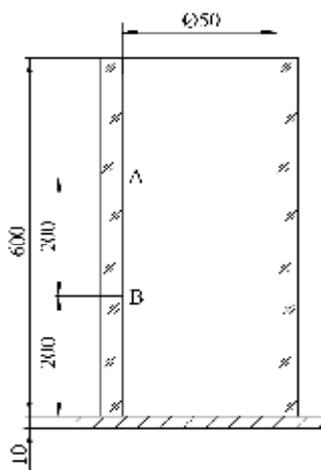


Рис. 3. Стеклянный цилиндр для отстаивания

Давление на входе гидроциклонов регулируется по показаниям манометра М-1, а противодействие на сливах этих аппаратов – по показаниям манометров М-2 и М-3. В экспериментальную установку исходная вода подается под избыточным давлением. Пробоотборник ПР-1 служит для получения проб исходной воды, пробоотборник ПР-2 служит для отбора проб воды очищенной в напорных гидроциклонах.

Очищенная в напорных гидроциклонах вода для определения времени отстаивания подается в цилиндры 5.

Геометрические характеристики гидроциклонов, применяемых для очистки природные воды, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Обозначение гидроциклона	Диаметр, мм				Угол конусности, α, град	Высота цилиндрической части, Н _{ст} , мм	Общая высота гидроциклона, Н _{общ} , мм
	гидроциклона, Д	входного патрубка, d _{вх}	патрубка верхнего слива, d _{в.сл.}	патрубка нижнего слива, d _{н.сл.}			
1	2	3	4	5	6	7	8
ГЦ-40-I	40	15	10	5	5	40	565
ГЦ-80-I	80	20	20	10	5	80	745
ГЦ-100-I	100	20	20	10	5	100	1120

Работает экспериментальная установка следующим образом. Устанавливается требуемое давление на входе в гидроциклон, а также противодействие на него сливах. Через 15 мин после начала работы экспериментальной установки, когда движение воды стало установившимся, отбираются пробы из пробоотборников ПР-1 и ПР-2 [8].

Концентрация взвешенных веществ в пробах определяется весовым методом [10].

Эффект очистки от взвеси $\mathcal{E}_{в.в.}$ %, определяется по формуле [8]:

$$\mathcal{E}_{в.в.} = \frac{C_{в.в.} - C_{в.в.}^{в.сл.}}{C_{в.в.}} \times 100, \quad (1)$$

где $C_{в.в.}$ – концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на очистку, мг/л,

$C_{в.в.}^{в.сл.}$ – концентрация взвешенных веществ в очищенной воде (с верхнего слива гидроциклонов), мг/л.

Концентрация взвешенных веществ в пробах воды, определялась весовым методом [8, 10]. Температура воды определялась с помощью ртутного термометра с ценой деления 0,1 °С. Расход воды со сливов гидроциклонов измерялся объемным методом с помощью секундомера и мерного цилиндра объемом 1 л с ценой деления 0,01 л [8].

Результаты экспериментальных исследований

Результаты экспериментов по очистке воды в напорных гидроциклонах представлены в табл. 2-2а.

Таблица 2

Результаты исследований очистки природных вод в напорных гидроциклонах

Обозначение гидроциклона	Температура воды, °С	Давление, МПа		Расход воды, л/с	
		на входе в гидроциклон	на сливах гидроциклона	через верхний слив гидроциклона	через нижний слив гидроциклона
1	2	3	4	5	6
ГЦ-40-I	19,8	0,3	0,1	0,24	0,05
		0,4	0,1	0,26	0,06
		0,4	0,2	0,24	0,05
		0,5	0,1	0,28	0,09
		0,5	0,2	0,27	0,08
		0,5	0,3	0,25	0,07
		0,6	0,1	0,35	0,14
		0,6	0,2	0,31	0,12
		0,6	0,3	0,29	0,1
ГЦ-90-I	20,1	0,3	0,1	1,15	0,27
		0,4	0,1	1,33	0,29
		0,4	0,2	1,28	0,27
		0,5	0,1	1,54	0,37
		0,5	0,2	1,5	0,35
		0,5	0,3	1,47	0,33
		0,6	0,1	1,71	0,43
		0,6	0,2	1,69	0,41
		0,6	0,3	1,66	0,4
		0,6	0,4	1,63	0,32

Продолжение таблицы 2

ГЦ-100-I	20,2	0,3	0,1	2,4	0,37
		0,4	0,1	2,26	0,45
		0,4	0,2	1,90	0,43
		0,5	0,1	2,42	0,58
		0,5	0,2	2,29	0,51
		0,5	0,3	1,92	0,44
		0,6	0,1	2,47	0,61
		0,6	0,2	2,44	0,59
		0,6	0,3	2,42	0,56
		0,6	0,4	2,4	0,43
		0,3	0,1	2,4	0,37

Таблица 2а

Результаты исследований очистки природных вод в напорных гидроциклонах
(продолжение)

Концентрация взвеси, мг/л		Эффект очистки от взвеси $\mathcal{E}_{в.в.}, \%$
в исходной воде, $C_{в.в.}$	в очищенной воде, $C_{в.в.}^{в.с.}$	
7	8	9
52	22	58
49	17	65
47	19	60
54	16	70
48	16	67
46	17	63
51	17	67
49	18	63
55	22	60
56	24	57
54	26	52
49	20	59
51	25	51
53	20	63
48	19	60
47	21	55
55	18	67
53	19	64
54	20	63
52	21	60
56	29	48
54	26	52
51	26	49
49	21	57
52	24	54
53	26	51
48	17	65
54	20	63
55	21	62
52	21	60

Анализ результатов экспериментальных исследований позволяет сделать следующие выводы:

- содержание взвеси в исходной воде составила 46-56 мг/л;
- концентрация взвеси в очищенной воде не превышала 16-26 мг/л;
- с ростом давления на входе в гидроциклоны эффективность очистки природных вод от взвеси возрастает, а с увеличением противодавления на сливах она снижается;

г) с увеличением давления на входе в гидроциклоны производительность этих аппаратов растет, а с увеличением противодавления на их сливах она снижается;

д) для очистки природных вод от взвешенных веществ целесообразно применять гидроциклон типа ГЦ-80-II, имеющего достаточно высокие эффективность и производительность.

Объем отстойника для подготовки природной воды, используемой в системах ППД, $W_{отс}$, м³, составляет [9]:

$$W_{отс} = Q_p \cdot T_{отс}, \quad (2)$$

где Q_p – расчетный расход воды, подаваемой на очистку, м³/ч;

$T_{отс}$ – необходимое время пребывания воды в отстойнике, ч.

Величина $T_{отс}$, ч, составляет [9]:

$$T_{отс} = t_2 \left(\frac{H_p}{h_2} \right)^n, \quad (3)$$

где H_p – рабочая глубина отстойника;

t_2 – время необходимое для достижения в цилиндре с глубиной воды $h_2 = 0,4$ м эффекта очистки от взвешенных веществ \mathcal{E}_n , ч;

n – показатель степени.

Величина n составляет [9]:

$$n = \frac{\lg t_2 - \lg t_1}{\lg h_2 - \lg h_1}, \quad (4)$$

где t_1 – время необходимое для достижения в цилиндре глубиной $h_1 = 0,2$ м эффекта очистки от взвешенных веществ \mathcal{E}_n , ч.

Величина \mathcal{E}_n , %, составляет [9]:

$$\mathcal{E}_n = \frac{C_{в.в.}^{ср} - 10}{C_{в.в.}^{ср}} \times 100, \quad (5)$$

где $C_{в.в.}^{ср}$ – средняя концентрация взвеси в воде, заливаемой в цилиндры, до начала отстаивания, мг/л.

На рис. 4 представлена схема определения величин t_1 и t_2 .

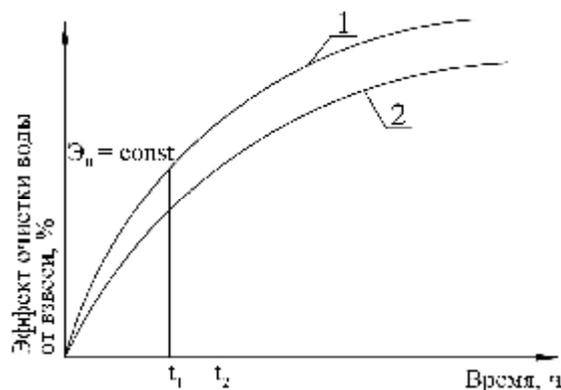


Рис. 4. Определение времени отстаивания в цилиндрах:

1 – зависимость $\mathcal{E}_{в.в.} = f(t)$ при глубине отстаивания h_1 ;

2 – зависимость $\mathcal{E}_{в.в.} = f(t)$ при глубине отстаивания h_2

Величина $C_{в.в.}^{ср}$, мг/л, составляет [6]:

$$C_{в.в.}^{ср} = \frac{\sum_{i=1}^5 C_{в.в.}^i}{5}, \quad (6)$$

где $C_{в.в.}^i$ – концентрация взвеси в пробе, отобранной с нижнего слива гидроциклонов перед заливкой цилиндров для отстаивания, мг/л. Из пробоотборника ПР-1 отбирается

проба воды объемом 10 мл, в которой определяется взвеси ($C_{в.в.}^i$). Заливаются цилиндра для отстаивания: один до отметки B , а второй – до отметки A . Через 10 мин с помощью сифона из каждого цилиндра отбираются пробы воды, в которых определяется концентрация взвеси ($C_{в.в.}^k$).

Эффект отстаивания $\mathcal{E}_{от}$, %, определяется по формуле [6]:

$$\mathcal{E}_{от} = \frac{C_{в.в.}^i - C_{в.в.}^k}{C_{в.в.}^i} \cdot 100, \quad (7)$$

Описанные выше действия повторяются при времени отстаивания в цилиндрах равном 20, 30, 60 и 120 минут.

Строятся зависимости $\mathcal{E} = f(t)$ для глубины отстаивания $h_1 = 200$ мм и $h_2 = 400$ мм.

Результаты определения времени $T_{отс}$ при $H_p = 1,5$ м представлены в табл. 3-3а. Таким образом, время пребывания в отстойнике для снижения концентрации взвеси в природной воде до 10 мг/л составляет при $H_p = 1,5$ м 50-60 мин.

Таблица 3

Определение времени отстаивания

Обозначение гидроциклона	Температура воды, °С	Давление, МПа		Средняя концентрация взвеси в воде до начала отстаивания, $C_{в.в.}^{ср}$, мг/л
		на входе в гидроциклон	на выходе в гидроциклон	
1	2	3	4	5
ГЦ-40-І	20,1	0,4	0,2	20
ГЦ-80-І	19,8	0,4	0,2	24
ГЦ-100-І	19,9	0,4	0,2	25

Таблица 3а

Определение времени отстаивания (продолжение)

\mathcal{E}_n , %	t_1 , мин	t_2 , мин	n	H_p , мм	$T_{отс}$, мин
6	7	8	9	10	11
50	18	25	0,47	1500	47
58	16	24	0,6	1500	53
60	17	26	0,6	1500	57

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования определили оптимальный тип гидроциклона и технологические параметры его работы при очистке воды из поверхностных источников от взвеси. Кроме того определено время отстаивания, необходимое для очистки воды, которая подвергалась гидроциклонной обработке, от взвешенных веществ. Все это позволяет проектировать установки типа БГО для подготовки технической воды, используемой на нефтепромыслах для заводнения продуктивных горизонтов.

Список библиографических ссылок

1. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Шешегова И. Г., Урмитова Н. С. Гидроциклонные установки подготовки воды для заводнения нефтеносных горизонтов с целью повышения их нефтеотдачи // Нефтегазовое дело. 2015. № 4. С. 199–215.
2. Адельшин А. А., Адельшин А. Б., Урмитова Н. С. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков. Казань : КГАСУ, 2011. 245 с.

3. Бусарев А. В., Шешегова И. Г., Низамова А. Х. Подготовка технической воды для заводнения продуктивных нефтеносных горизонтов // Известия КГАСУ. 2017. № 4 (42). С. 273–279.
4. Бусарев А. В., Шешегова И. Г., Степанов В.О. Некоторые аспекты очистки стоков, образующихся при промывке скорых фильтров // Известия КГАСУ. 2018. № 2 (44). С. 193–200.
5. Zhu G., Liow I. L. Experimental Study of particle separation and the fishhook effect in mini-hydrocyclone. // Chemical engineering science. 2014. V. 111. P. 94–105.
6. Nageswararao K., Medronho R. F. Fish hook effect in centrifugal classifiers – a further analysis. International Journal of Mineral Processing. 2014. V. 132. P. 43–58.
7. Dueck I., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone. – Minerals Engineering. 2014. V. 62. P. 25–30.
8. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Каюмов Ф. Ф. К вопросу очистки поверхностных стоков в гидроциклонных установках // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 10. С. 229–232.
9. Пономарев В. Г., Иоакимис З. Г., Монгайт И. Л. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. М. : Химия, 1985. 256 с.
10. Калицун В. И., Ласков Ю. М., Воронов Ю. В., Алексеев Е. В. Лабораторный практикум по водоотведению и очистки сточных вод. М. : Стройиздат, 2000. 272 с.

Busarev Andrey Valerevich

candidate of technical sciences, assistant professor

E-mail: reder1@myrambler.ru

Sheshegova Irina Gennadievna

senior lecturer

E-mail: ig-7@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Tazmieva Inara Nailevna

E-mail: inara_tazmieva@mail.ru

ООО «Mayak-NK»

The organization address: 420029, Russia, Kazan, Sibirskii tract, 39

**Research of the process of preparation of technical water
for flooding oil-bearing horizons using pressure hydrocyclones****Abstract**

Problem statement. To increase the oil recovery of productive horizons, a method of maintaining reservoir pressure is used. The essence of this method is the injection of water from surface sources into the oil-bearing horizons through injection wells. In order to prevent clogging of the porous channels of the oil-bearing horizons, it is necessary to purify the water pumped into the injection wells from suspended solids. This article is devoted to water purification for flooding of oil-bearing horizons from suspended matter using «hydrocyclone-sedimentation unit» units. The purpose of these studies is to determine the settling time necessary for the purification of water treated in the pressure cylindrical hydrocyclones of the Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE).

Results. The main results of these studies consist in determining the settling time of the water necessary for cleaning water from suspended matter, treated in pressure hydrocyclones.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to determine the settling time necessary for the purification from suspended solids of water, which has been treated in pressure hydrocyclones, which makes it possible to perform technological calculations for units such as «hydrocyclone-sedimentation unit».

Keywords: technical water for waterflooding of oil-bearing horizons, purification of water from surface sources from suspended solids, «hydrocyclone-settler» type unit,

determination of sedimentation time for purification from suspended water processed in pressure hydrocyclones.

References

1. Busarev A. V., Selyugin A. S., Sheshcheva I. G., Urmitova N. S. Hydrocyclone water treatment plants for water flooding of oil-bearing horizons with the purpose of increasing their oil recovery // *Neftegazovoye delo*. 2015. № 4. P. 199–215.
2. Adelshin A. A., Adelshin A. B., Urmitova N. S. Hydrodynamic cleaning of oilfield sewage based on the use of swirling flows. Kazan : KGASU, 2011. 245 p.
3. Busarev A. V., Sheshegova I. G., Nizamova A. Kh. Preparation of technical water for flooding productive oil-bearing horizons // *Izvestiya KGASU*. 2017. № 4 (42). P. 273–279.
4. Busarev A. V., Sheshegova I. G., Stepanov V. O. Some aspects of wastewater treatment, formed during the washing of fast filters // *Izvestiya KGASU*. 2018. № 2 (44). P. 193–200.
5. Zhu G., Liov J. L. Experimental study of particle separation and the fishhook effect in mini-hydrocyclone // *Chemical Engineering Science*. 2014. V. 111. P. 94–105.
6. Nageswararao K., Medronho R. F. Fish hook effect in centrifugal classifiers – a further analysis // *International Journal of Mineral Processing*. 2014. V. 132. P. 43–58.
7. Dueck I., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone // *Minerals Engineering*. 2014. V. 62. P. 25–30.
8. Busarev A. V., Selyugin A. S., Kayumov F. F. On the issue of cleaning surface runoff in hydrocyclone installations // *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2016. № 10. P. 229–232.
9. Ponomarev V. G., Ioakimis Z. G., Mongajt I. L. Waste water treatment of oil refineries. M. : Chemistry, 1985. 256 p.
10. Kalitsun V. I., Laskov Yu. M., Voronov Yu. V., Alekseyev Ye. V. Laboratory workshop on wastewater disposal and treatment. M. : Stroyizdat, 2000. 272 p.

УДК 628.16.087

Захватов Герман Иванович

доктор технических наук, профессор

E-mail: avtel@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Очистка устойчивых эмульсий типа «масло-вода» методом циклической электрообработки

Аннотация

Постановка задачи. Сточные воды, содержащие органические загрязнения в виде эмульсий типа «масло-вода» являются типичными для большинства предприятий, в том числе и для строительной индустрии. Особую сложность для очистки таких сточных вод представляют устойчивые эмульсии. Для очистки таких сточных вод используются сложные системы обработки или нейтрализации, связанные со сложностью обслуживания и большими экономическими затратами. Используемый для очистки сточных вод от эмульгированных загрязнений – метод электронейтрализации показывает очень хорошие результаты для эмульсий средней степени устойчивости, но оказывается малоэффективным для устойчивых эмульсий. В связи с этим возникает необходимость поиска вариантов дальнейшего развития метода электронейтрализации применительно к устойчивым эмульсиям.

Результаты. Анализ результатов, полученных с использованием установок с многоэлектродными системами показал, что применение таких установок, как с вертикальной, так и с горизонтальной электродными системами, с увеличением количества электродов при прочих равных условиях, приводит к улучшению эффективности очистки. Это объяснено ролью контактного эффекта. Однако, увеличение количества электродов приводит к возрастанию размеров установки, что увеличивает ее стоимость, занимаемую площадь и условия обслуживания. В связи с этим был исследован циклический метод обработки с использованием дополнительного отстойника. Оказалось, что циклическая обработка резко увеличивает степень очистки, даже при использовании достаточно устойчивых эмульсий.

Выводы. На основании полученных результатов можно заключить, что циклический вариант использования метода электронейтрализации может быть использован для очистки сточных вод от органических загрязнений, образующих устойчивые эмульсии типа «масло-вода». Циклический метод может быть использован как в сочетании с дополнительным отстойником, так и при использовании отдельных установок. Данный метод может быть использован как при строительстве очистных сооружений, так и в системах водоотведения.

Ключевые слова: электрические методы очистки, эмульсии, электрообработка, сточные воды, электронейтрализация предприятий.

Введение

Методы электрообработки широко применяются для очистки сточных вод от различных загрязнений [1-7]. Наиболее широко применяются электрофлотация и электрокоагуляция. Метод электронейтрализации [8-9] существенно отличается от них, так как не связан с использованием электрохимических реакций. Электроосмос и электрофорез также не связаны с электрохимическими реакциями, но они, как правило, не используются для очистки стоков, а служат для обезвоживания или обессоливания. Метод электронейтрализации успешно используется для очистки промышленных сточных вод [10], однако для устойчивых эмульгированных загрязнений он недостаточно эффективен. В этой связи был выполнен ряд исследований по изучению возможностей оптимизации метода. Были исследованы основные параметры влияния на процесс, плотность тока, линейная скорость движения эмульсии в активной зоне, межэлектродная дистанция [8-9]. Увеличение электродной плотности тока однозначно увеличивает эффективность процесса, но увеличение ее свыше 0,5-0,6 А/дм² уже не приводит к

заметному увеличению эффекта очистки, не говоря уже о существенном возрастании энергетических расходов и возможному снижению устойчивости электродной системы. Снижение линейной скорости движения в активной зоне также повышает эффективность процесса, но это приводит к соответствующему снижению производительности установок и, кроме того ограничению скорости ниже определенного предела не приводит к заметному улучшению качества очистки. Линейная скорость 3-5 мин⁻¹ была признана оптимальной для большинства случаев. Увеличение межэлектродной дистанции как правило, улучшает эффективность процесса, но это приводит к соответствующему возрастанию размеров установки и затрат электроэнергии в связи с ростом напряжения.

Выбор направления

Кроме этих, как бы естественных, факторов, которые могут влиять на процесс электрообработки данным методом, в процессе исследования было выяснено влияние некоторых необычных эффектов, в частности, эффект предварительной проработки процесса [8-9]. Сущность его заключается в постепенном увеличении эффекта очистки после начала процесса. Особенно это заметно в первые часы работы установки, после чего эффект практически стабилизируется. Это объяснено нами образованием поверхностной пленки органических веществ, входящих в состав эмульсии, что приводит к адсорбции этой пленкой части эмульсии, что в конечном итоге увеличивает эффект очистки. Чтобы исключить влияние этого эффекта на процесс и конкретизировать влияние исследуемых параметров, все эксперименты проводились в дальнейшем на установках, прошедших предварительную проработку.

Ранее также было исследовано влияние количества секций электрообработки на уровень очистки эмульгированных загрязнений [9]. Исследования проводились как на установке с горизонтальной электродной системой, так и с вертикальной электродной системой. Типичные результаты приведены на рис. 1-2.

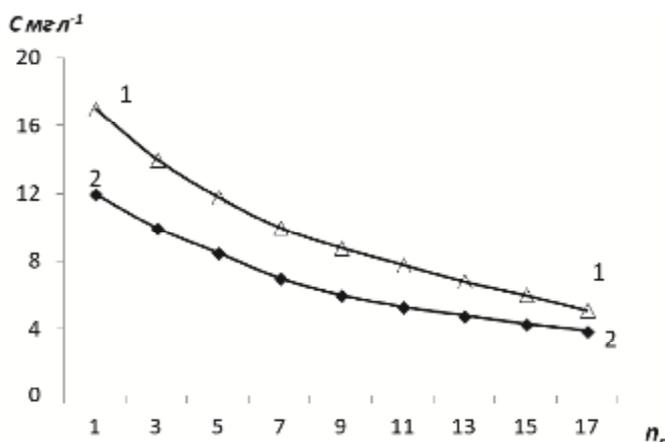


Рис. 1. Зависимость остаточной концентрации эмульсии масла И-20 от количества секций электродной системы: 1 – без проработки установки; 2 – с предварительной 3-часовой электрообработкой $C_{нач.} = 45 \pm 2$ мг/л⁻¹, $I = 0,5$ А/дм², $v = 3$ см/мин⁻¹. (Установка с вертикальной электродной системой)

На рис. 1 представлены данные для установки с вертикальной электродной системой. При этом представлены данные для случая без предварительной проработки установки (кривая 1) и с предварительной проработкой (кривая 2). Это сделано с целью доказать, что предварительная проработка не является основным фактором влияющим на процесс. Следует также отметить, что промышленные масла И-20 и И-40 образуют эмульсии средней устойчивости. Данные представленные на рис. 1 убедительно показывают, что с возрастанием количества секций (и, соответственно, электродов) эффект очистки очень существенно возрастает. При этом закономерность сохраняется и для установок с горизонтальной электродной системой (рис. 2).

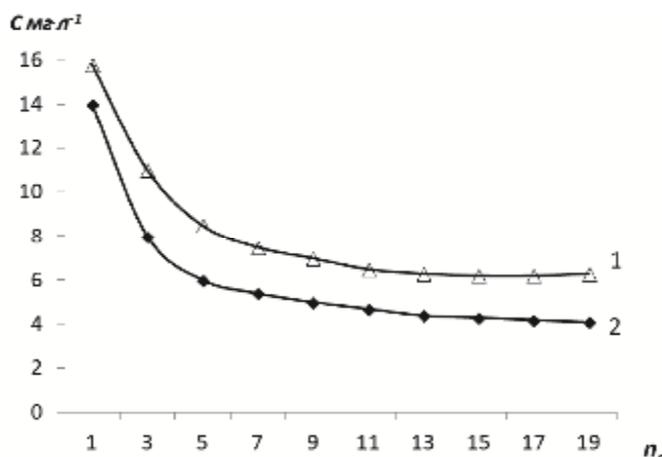


Рис. 2. Влияние количества электродных сечений установки с горизонтальной электродной системой на остаточную концентрацию масла И-40 после электрообработки: 1 – при плотности тока $0,1 \text{ А}\cdot\text{дм}^{-2}$; 2 – при плотности тока $0,5 \text{ А}\cdot\text{дм}^{-2}$, $v = 3 \text{ см}\cdot\text{мин}^{-1}$, $d = 1 \text{ см}$

Как и в предшествующем случае, использование установки с горизонтальной электродной системой показывает ту же зависимость эффективности очистки от количества электродных секций, правда в этом случае наблюдается более резкая зависимость при использовании установок с 1-5 секциями, после эффективность процесса растет значительно медленнее. На рис. 2 приведены данные для двух плотностей тока: характер зависимости, при этом, сохраняется.

Воздействие переменного электрического тока осуществляется в активной зоне, то есть в электродных секциях. Устойчивость эмульсии, как уже отмечалось ранее, в большинстве случаев, это объясняется наличием одноименного электродного заряда, вызывающего электростатическое отталкивание частиц, что препятствует их флокуляции, а это, в свою очередь, препятствует разделению эмульсии. Под действием переменного электрического поля происходит расшатывание этого заряда и частицы эмульсии либо становятся нейтральными, теряя так называемую ионную «шубу», либо становятся слабо заряженными, что приводит к флокуляции частиц и разделению эмульсий. Этот процесс более активно осуществляется в приэлектродной зоне за счет скачка потенциалов. Так возникает контактный эффект, что объясняет рост эффективности процесса с увеличением электродных секций.

Экспериментальные данные

Как следует из предшествующего анализа, для более устойчивых эмульсий необходимы установки с очень большим количеством электродных секций. С практической точки зрения это нереально, так как приводит к резкому увеличению размеров и стоимости установок и сложности их обслуживания. Решение этой проблемы может быть достигнуто использованием циклического метода электрообработки. Причина такого подхода для данного случая достаточна проста. Эмульсия подается на обработку в установку многократно из резервуара, в котором она накапливается. При этом резервуар играет дополнительную роль отстойника, что повышает эффективность процесса. Та часть эмульсии, которая не разделилась в установке, доотстаивается в отстойнике, а не разделившаяся часть вновь подается в установку. Дополнительным элементом такой схемы является насос. Следует сразу отметить, что этот метод нельзя использовать для тех случаев, где нельзя применять отстойник. Однако, во многих системах очистки предварительный отстойник уже существует и там применение метода вполне возможно.

Для проведения эксперимента была использована установка с вертикальной электродной системой. Установки с такой электродной системой проще в изготовлении и эксплуатации, хотя установки с горизонтальной электродной системой обладают несколько большей эффективностью. При использовании циклического метода электрообработки это

обстоятельство не играет существенной роли. Количество электродных секций было выбрано равным 10, исходя из практических соображений. Установка имела минимальную отстойную зону, поскольку использовался дополнительный отстойник. Соотношение рабочего объема установки и объема отстойника было 1:9. Это соотношение близко для реальных случаев, хотя естественно оно может быть и другим. Подача эмульсии осуществлялась из отстойника при помощи лабораторного насоса. Из установки эмульсия поступала самотеком обратно в установку. Линейная скорость движения эмульсии в активной зоне поддерживалась на уровне $3 \text{ см} \cdot \text{мин}^{-1}$, что обеспечивало достаточную эффективность процесса. Была использована повышенная плотность тока – $0,4 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$, поскольку испытывались эмульсии с достаточно высокой устойчивостью.

Эмульсии на основе индустриальных масел И-20 и И-40, как показали ранние исследования, имеют среднюю устойчивость и поэтому были использованы эмульсии на основе других органических компонентов. В конечном итоге была выбрана для исследования эмульсия на основе топлива Т6. Эмульсия топлива Т6 готовилась на обычной воде путем электромеханического диспергирования. После диспергирования эмульсия выдерживалась в отсеке 3 суток с целью отделения неустойчивой части. Концентрация эмульсии после отстаивания устанавливалась на уровне $15\text{-}20 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$. Установка предварительно прорабатывалась на базе этой эмульсии в проточном режиме, чтобы исключить эффект проработки. Скорость подачи эмульсии в установку в циклическом режиме контролировалась путем отбора проб во времени и была достаточно устойчивой. Пробы на анализ эмульсии брались через каждые 2 цикла. Циклом считался период, за который однократно проходил 1 объем обрабатываемой эмульсии. Эксперимент проводился несколько раз до получения устойчивых результатов. Конечный вариант представлен на рис. 3.

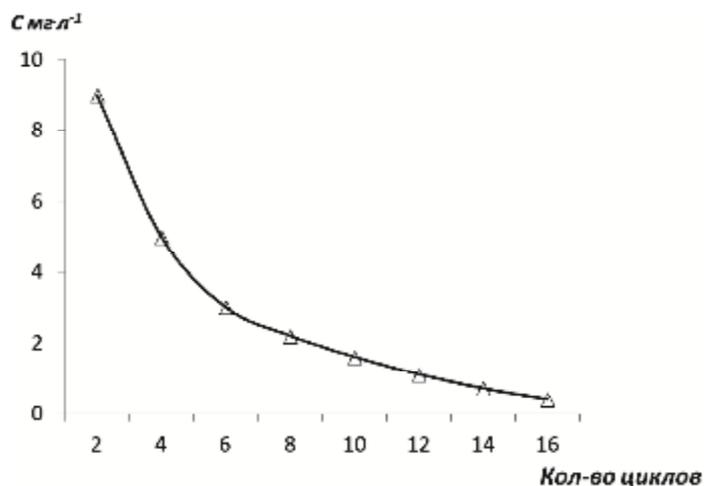


Рис. 3 Влияние циклической обработки эмульсии топлива Т6 на остаточную концентрацию после процесса.

Установка с вертикальной электродной системой (10 секций).

Плотность тока $0,4 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$, межэлектродная дистанция 3 см. Линейная скорость $5 \text{ см} \cdot \text{мин}^{-1}$

Из приведенных на рис. 3 данных четко видно, что с увеличением количества циклов электрообработки эффективность очистки резко возрастает. При этом после 16 циклов остаточное содержание топлива Т6 достигает величины около $0,3 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$. Такой уровень очистки вполне приемлем в большинстве случаев даже для обычных типов стоков, учитывая, что исходное содержание органического компонента $20\text{-}25 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$. Что еще следует отметить, то это тот факт, что и после 16 циклов электрообработки предел уровня очистки еще не наступает.

Полученные результаты можно объяснить следующим образом. Устойчивость частиц эмульсии определяется несколькими факторами. Если не брать в расчет присутствие поверхностно активных веществ и особенности среды, в которой диспергированы частицы эмульсии, то, безусловно, важнейшим фактором является степень дисперсности, определяемая размерами частиц. Мелкие частицы наиболее устойчивы. Для

достижения критического диаметра, при котором происходит флотация этих частиц, приводящая к разделению эмульсии, требуется достаточно длительное время. Укрупнение частиц происходит за счет термокинетического взаимодействия и сил Ван-дер-Ваальса.

В большинстве случаев не учитывается другой очень важный фактор, препятствующий флокуляции частиц и разделению эмульсии. Этот фактор связан с электрическим зарядом частиц, причем заряженных отрицательно. Это связано со специфической адсорбцией анионов, присутствующих в воде. В результате такой адсорбции возникает так называемое «расклинивающее давление», что препятствует флокуляции частиц эмульсии. Поскольку метод электронейтрализации связан непосредственно с разрушением поверхностного заряда частиц, то очевидно, чем больше возникает при образовании заряда дзета-потенциал, тем она устойчивее к действию переменного электрического поля. В связи с этим можно объяснить эффект циклической электрообработки. Разрушение поверхностного заряда частиц происходит вначале у частиц, имеющих низкий дзета-потенциал. По мере увеличения количества циклов разрушается заряд у частиц с более высоким дзета-потенциалом. При этом необходимо выделить роль отстойника. Как уже отмечалось, резервуар накопитель одновременно является отстойником. В самих установках электронейтрализации отсек отстойника имеет очень незначительный объем и поэтому разделение эмульсии происходит в активной зоне. В зоне отстойника происходит дальнейшая флокуляция частиц и по мере отстаивания размере частиц могут достичь критического диаметра, после чего происходит их флотация. Частицы меньшего диаметра вследствие кинетических сил остаются в отсеке и затем вновь поступают на электрообработку. Очевидно, на этом процессе будет продолжаться, пока эти частицы не достигнут критического размера. Возможно, при очень длительной циклической очистке процесса приведет к полному разделению эмульсии, однако в этом нет особой необходимости, и предел очистки определяется нормами ПДК для каждого случая. Для окончательных выводов исследования в этом направлении должны быть продолжены.

Заключение

Данная работа расширяет возможности использования электронейтрализационного метода очистки сточных вод, как для обычных эмульсий, так и для эмульсии повышенной устойчивости. Результаты работы могут быть использованы при проектировании и строительстве очистных сооружений, а также в системах водоочистки и водоотведения строительных предприятий.

Список библиографических ссылок

1. Минаков В. В., Кривенко С. М., Никитина Т. О. Новые технологии очистки от нефтяных загрязнений // *Экология и промышленность России*. 2002. № 5. С. 7–9.
2. Захватов Г. И., Никитин Ю. В. Использование электронейтрализационного метода очистки стоков от нефтепродуктов на предприятиях электроэнергетики // *Энергетика*. 2015. № 7. С. 33–35.
3. Бусарев А. Г., Селюгин А. С., Сундукова Е. Н., Тухбатуллин Р. Ф. К вопросу очистки хромосодержащих сточных вод // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 6. С. 36–41.
4. Oaissa Y. A., Chabani M. O Amrane A., Bensmaili. Remoral of tetracycline by electrocoagulation: kinetic and isotherm modeling through adsorption // *Round of Ensiroment Chemistry Engineering*. 2011. № 2. P. 177–181.
5. Vasuderan S. Lakshmi. G. Sozhan J. Electrochemically assisted coagulation for the remoral of boron form water using zinc anode // *Desalination*. 2013. № 310. P. 122–129.
6. Mansour S. E., Hasieb I. H. I., Khalef H. A. Removal of cobalt from drinking water by alternating current coagulation // *Journal of Applied Sciences*. 2012. № 12. P. 78–79.
7. Nandi B. K., Patel S. Removal of brilliant green from aqueous solution by electrocoagulation using aluminum electrodes: experimental, kinetics, modeling // *Separation Science technology*. 2014, № 49. P. 601–612.

8. Захватов Г. И. Влияние pH среды на устойчивость водных эмульсий при электрообработке // Успехи современной науки. 2016. № 11. т. 14. С. 170–173.
9. Захватов Г. И. Влияние электрических и физических факторов на процесс электронейтрализационной очистки водных эмульсий // Научные исследования. 2016. № 10. С. 15–23.
10. Захватов Г. И. Опыт очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ в энергетике // Известия КГАСУ. 2013. № 4 (26). С. 202–206.

Zakhvatov German Ivanovich

doctor of technical science, professor

E-mail: avtel@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

The cleaning of stability «oil-water» emulsions by cyclic electroneutralization method

Abstract

Problem statement. The waste water containing organic impurities of «oil-water» type emulsions are typical for most enterprises and for building industry too. To clean such wastewater with stable emulsions is particularly difficult. For the treatment of such wastewater, complex treatment or neutralization systems are used, associated with the complexity of maintenance and high economic costs. Used for the treatment of wastewater from emulsified contaminants – the electroneutralization method shows very good results for emulsions with a moderate degree of stability, but it turns out to be ineffective for stable emulsions. In this regard, it is necessary to search for options for the further development of the method of electroneutralization in relation to stable emulsions.

Results. Analysis of the results obtained using installations with multi-electrode systems showed that the use of such installations, both with vertical and horizontal electrode systems, with an increase in the number of electrodes, ceteris paribus, leads to an improvement in cleaning efficiency. This is explained by the role of the contact effect. However, an increase in the number of electrodes leads to an increase in the size of the installation, which increases its cost, footprint, and service conditions. In this regard, the cyclic processing method was investigated using an additional clarifier. It turned out that the cyclic treatment dramatically increases the degree of purification, even when using fairly stable emulsions.

Conclusions. Based on the results obtained, it can be concluded that the cyclic version of the use of the electroneutralization method can be used to purify wastewater from organic pollutants forming stable oil-water emulsions. The cyclic method can be used both in combination with an additional settling tank, and when using separate installations. This method can be used both in the construction of sewage treatment plants and in wastewater systems.

Keywords: electric methods of cleaning, emulsions, waster waters, electroneutralization.

References

1. Minakov V. V., Krivenko S. M., Nikitina N. O. New technologies of oil cleaning // *Ecologiya i promishlennosti Rossiya*. 2002. № 5. P. 7–9.
2. Zakhvatov G. I., Nikitin I. V. The using electroneutralization cleaning method of waste water from the oil products on electroenergy plants // *Energetica*. 2015. № 7. P. 33–35.
3. Busarev A. V., Selugin A. S., Sundukova E, N., Tuhbatullin R.F. About the question of cleaning chromium-content waster waters // *Fundamentalnie issledovaniya*. 2016. № 6 (v. 1). P. 36–41.
4. Oaissa Y. A., Chabani M., Amrane A., Bensmaili. Remoral of tetracycline by electrocoagulation: kinetic and isotherm modeling through adsorption // *Round of Ensiroment Chemistry Engineering*. 2011. № 2. P. 177–181.

5. Vasuderan S. Lakshmi. G. Sozhan J. Electrochemically assisted coagulation for the removal of boron from water using zinc anode // *Desalination*. 2013. № 310. P. 122–129.
6. Mansour S. E., Hasieb I. H. I., Khalef H. A. Removal of cobalt from drinking water by alternating current coagulation // *Journal of Applied Sciences*. 2012. № 12. P. 78–79.
7. Nandi B. K., Patel S. Removal of brilliant green from aqueous solution by electrocoagulation using aluminum electrodes: experimental, kinetics, modeling // *Separation Science technology*. 2014. № 49. P. 601–612.
8. Zakhvatov G. I. The influence of pH environment on the water emulsion stability at the electro treatment // *Uspehi sovremennoi nauki*. 2016. № 11. t. 14. P. 170–173.
9. Zakhvatov G. I. The influence of electric and physical factors on the process of water emulsion cleaning by electroneutralization // *Nauchnii issledovaniya*. 2016, № 10. P. 15–23.
10. Zakhvatov G. I. Wastewater treatment in the power stations from oil products and weight substances // *Izvestiya KGASU*. 2013. № 4 (26). P. 202–206.



УДК 661.185

Аюпов Дамир Алиевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: ayupov_damir@rambler.ru

Потапова Людмила Ильинична

кандидат химических наук, доцент

E-mail: ludmilapo@mail.ru

Казакулов Рауф Ильдарович

инженер

E-mail: Rauf-kazakulov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Хакимуллин Юрий Нуриевич

доктор технических наук, профессор

E-mail: hakim123@rambler.ru

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Адрес организации: 420015, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 72

Исследование составов дорожных поверхностно-активных веществ

Аннотация

Постановка задачи. В данной работе исследовались состав и структура поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые применяются в дорожном строительстве в качестве адгезионных добавок. Основной задачей была идентификация составов ПАВ, что позволяет предполагать механизм их воздействия на битумные вяжущие и каменные материалы.

Результаты. Сняты и расшифрованы ИК-спектры исследуемых ПАВ. Определены их числа омыления.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что они позволяют предположить механизм воздействия ПАВ на битумные вяжущие и их адгезионную способность, прогнозировать их эффективность при стабилизации ПБВ с различным типом полимеров.

Ключевые слова: битум, ПАВ, поверхностно-активные вещества, адгезионные добавки, модификация битума, дорожные ПАВ, адгезия битума, адгезия к щебню.

Введение

В дорожном строительстве поверхностно-активные вещества (ПАВ) широко применяются для двух целей: в качестве стабилизаторов битумных эмульсий [1-2], а также в качестве промоторов адгезии битумных вяжущих к минеральной части асфальтобетонной смеси [3-4]. При этом известная способность ПАВ являться эффективными стабилизаторами дисперсных систем [5-6] позволяет рассчитывать на пониженную склонность к расслоению ПАВ-содержащих полимербитумных вяжущих (ПБВ) на основе СБС или других полимеров, применяемых для модификации [7-8], что позволяет избежать дополнительного введения реакционноспособных стабилизаторов [9-10]. Очевидно, что различные ПАВ неодинаково эффективны как адгезионные добавки и как стабилизаторы дисперсных систем в силу своего строения. При этом производители скрывают состав выпускаемых продуктов, опасаясь их копирования конкурирующими химическими концернами. Идентификация молекулярного строения и составов, применяемых в дорожном строительстве, ПАВ позволила бы понять механизм их воздействия на битумные вяжущие и каменные материалы, спрогнозировать эффективность в случае применения поверхностно-активных веществ в качестве стабилизатора в полимерно-битумных вяжущих, классифицировать популярные ПАВ по доминирующему действию, отличать прямые аналоги от действующих по-другому принципу добавок.

Объекты исследования

Нами для исследований были выбраны пять популярных поверхностно-активных веществ, широко представленных на рынке дорожного строительства, Амдор 20Т, Азол 1002, Азол 1003В, Dynogam SL и Secabase 200. Научный и практический интерес представляет также отход переработки хлопкового масла казанского АО «Нэфис Косметикс» – ОПХМ, хорошо показавший себя в качестве эмульгатора в битумных эмульсиях [1].

Выбранные ПАВ, за исключением ОПХМ, широко применяются в дорожном строительстве в качестве адгезионных добавок и были синтезированы специально для этих целей. Исследование эффективности конкретных стабилизирующих добавок имеет узкий практический смысл, гораздо важнее представлять состав и структуру данных добавок, имея в виду, что полученные выводы, возможно, при расширении выборки поверхностно-активных веществ и повторяемости результатов, применимы к целому классу подобных соединений. С этой целью были сняты ИК-спектры изучаемых ПАВ, которые представлены ниже.

Азол-1002

На рис. 1 представлен ИК-спектр Азол-1002 (ОАО «Котласский химический завод») – катиоактивный ПАВ на основе амидоаминов и имидазолинов жирных кислот.

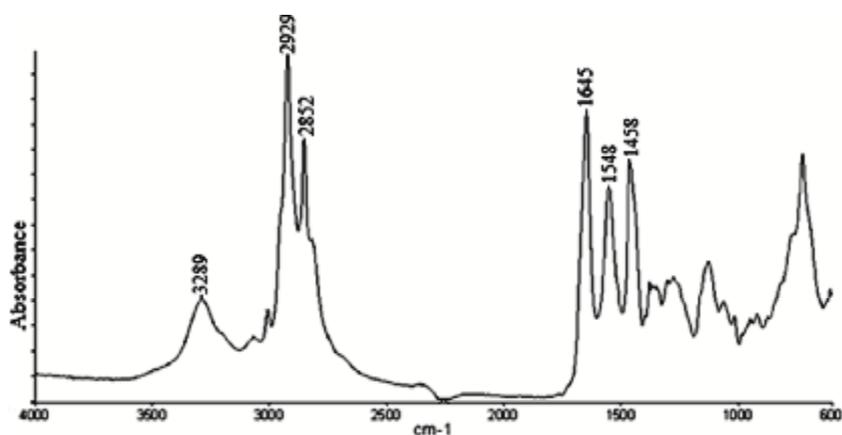


Рис. 1. ИК-спектр Азол-1002

По описанию производителя, адгезионная добавка Азол 1002 применяется для улучшения адгезии битумных и полимерно-битумных вяжущих к минеральной части асфальтобетонных смесей, а также в качестве стабилизатора свойств битума при производстве асфальтобетонных смесей в дорожном строительстве.

Основные технические свойства Азол 1002 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические свойства Азол 1002

Наименование показателей	Норма
1. Внешний вид при 20 °С	Вязкая жидкость темно-коричневого цвета
2. Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее	90,0
3. Общее содержание титруемого азота, %, не менее	4,5
4. Вязкость условная по ВУБ-1Ф с соплом 5мм при 50 °С, с, не более	100
5. Сцепление битумного вяжущего, в котором растворена адгезионная добавка Азол 1002, с поверхностью щебня, в баллах	4 – 5

В табл. 2 показаны представляющие интерес характерные пики с вероятной расшифровкой.

Таблица 2

Расшифровка ИК-спектра Азола-1002

Частота, см ⁻¹	Характеристика
3289	валентные колебания NH-групп
2923	валентные антисимметричные колебания CH ₂ -групп
2852	валентные колебания CH-групп
1645	валентные колебания карбонильных групп в третичных амидах
1548	деформационные колебания NH-групп во вторичных амидах
1458	ножничные деформационные колебания CH ₂ -групп

Таким образом, Азол-1002 представляет собой азотсодержащее органическое поверхностно-активное вещество, имеющее в своем составе вторичные амины, а также вторичные (имиды) и третичные амиды. Это совпадает с описанием производителя, который характеризует Азол 1002 как катионоактивный ПАВ на основе амидоаминов и имидазолинов жирных кислот.

Dinoram SL

Dinoram SL (Arkema Group) – это ПАВ, представляющий собой, по описанию производителя, производное N-алкил «жир» полипропилен полиамина. Применяется как эмульгатор для производства катионных битумных эмульсий быстрого распада для поверхностной обработки и для нанесения вяжущих слоев, а также как эмульгатор для производства эмульсий среднего распада для битумно-минеральных смесей, подлежащих хранению. Физико-химические свойства ПАВ Dinoram SL представлены в табл. 3.

Таблица 3

Технические свойства Dinoram SL

Характеристика	Единица измерения	Показатели
Общая щелочность	мл HCl(N)/г	5,2-5,7
Точка расплава	°C	Не более 12
Плотность при 25°C	г/см ³	0,915-0,935
Содержание воды	% вес.	Не более 1
Точка воспламенения	°C	100
Вязкость при 20 °C	мПа с	320

На рис. 2 представлен ИК-спектр поверхностно-активного вещества Dinoram SL.

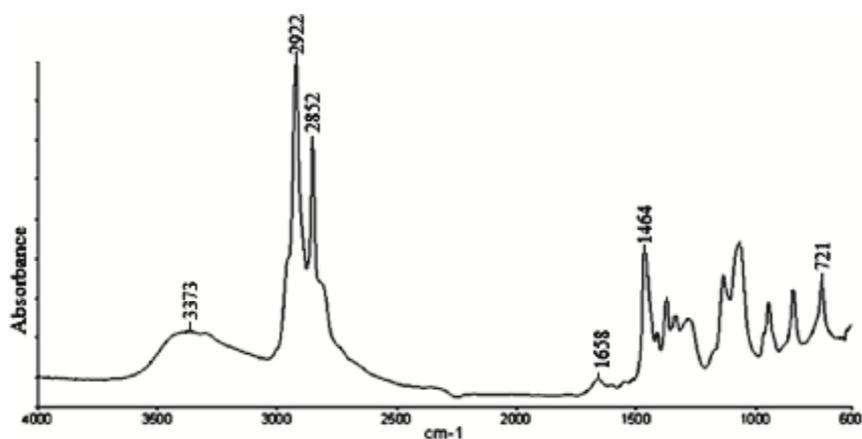


Рис. 2. ИК-спектр Dinoram SL

Характерные полосы описаны в табл. 4.

Таблица 4

Расшифровка ИК-спектра Dinoram SL

Частота, см ⁻¹	Характеристика
3373	валентные колебания NH-групп
2922	валентные антисимметричные колебания CH ₂ -групп
2852	валентные колебания CH-связей
1464	ножничные деформационные колебания CH ₂ -групп
721	маятниковые колебания CH ₂ -групп

Производитель описывает Dinoram SL как производное N-алкил «жир» полипропилен полиамина. По всей видимости, он представляет собой органическое вещество, поверхностная активность которого основана на содержании вторичных аминов. Нерастворимый в воде, Dinoram SL образует дисперсию в горячей воде и растворимые соли при добавлении органических или неорганических кислот (например, уксусная или соляная кислота). Данные соли используются в качестве катионных эмульгаторов.

Secabase 200

Также был идентифицирован Secabase 200 (Arkema Group) – смесь алкил амидо-полиаминов и алкил имидазо-полиаминов. СЕКАБАЗ 200 является термостабильной адгезионной добавкой для:

- чистого или полимер-модифицированного битума для горячих и теплых асфальтобетонов,
- флюксованного битума, применяемого для поверхностной обработки и холодных асфальтобетонов.

Физико-химические свойства ПАВ Secabase 200 SL представлены в табл. 5.

Таблица 5

Технические свойства Secabase 200

Характеристики	Единицы	Показатели
Внешний вид при 25°C	-	жидкость
Щелочность по перхлорату	мл HClO ₄ (N)/г	5,70-6,50
Точка застывания	°C	Не более 10
Точка воспламенения	°C	145
Удельная плотность при 20°C	кг/м ³	970
Вязкость при 20°C	мПа·с	5800

Нерастворимый в воде Секабаз 200 растворяется в чистом и полимермодифицированном битуме.

На рис. 3 представлен ИК-спектр Secabase 200.

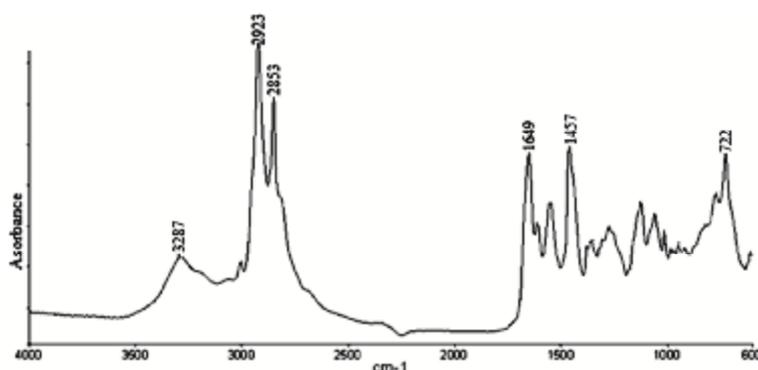


Рис. 3. ИК-спектр Secabase 200

Описание характеристических полос спектра показано в табл. 6.

Таблица 6

Расшифровка ИК-спектра Secabase 200

Частота, см ⁻¹	Характеристика
3287	валентные колебания NH-групп
2923	валентные антисимметричные колебания CH ₂ -групп
2853	валентные колебания CH-связей
1649	валентные колебания карбонильных групп в третичных амидах
1457	ножничные деформационные колебания CH ₂ -групп
722	маятниковые колебания CH ₂ -групп

Secabase 200 заявляется производителем как смесь алкил амидо-полиаминов и алкил имидазо-полиаминов. Спектр Secabase 200 не содержит новых пиков – все они представлены либо в спектре Азол 1002, либо в спектре Dinogam SL. По результатам ИК-спектроскопии можно сделать вывод, что Secabase 200 практически идентичен по составу Азолу-1002.

Азол 1003В

Азол 1003В (ОАО «Котласский химический завод») представляет собой поверхностно-активное вещество (ПАВ) амфолитного типа на основе природных продуктов и фосфатидов растительных масел. Эта адгезионная добавка по утверждению производителей имеет ту же область применения, что и Азол 1002: она применяется для улучшения адгезии битумных и полимерно-битумных вяжущих к минеральной части асфальтобетонных смесей, а также в качестве стабилизатора свойств битума при производстве асфальтобетонных смесей в дорожном строительстве.

Технические свойства Азол 1003 В представлены в табл. 7.

Таблица 7

Технические свойства Азол 1003 В

Наименование показателей	Норма
1. Внешний вид при 20°C	Текучая масса тёмно-коричневого цвета
2. Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее	99,0
3. Вязкость условная по ВУБ-1Ф с соплом 5 мм при 50°C, не более	180
4. Температура вспышки, °С, не ниже	230
5. Сцепление битумного вяжущего, в котором растворена Адгезионная добавка Азол 1003 марка В, с поверхностью щебня	4-5

На рис. 4 показан ИК-спектр Азола 1003-В.

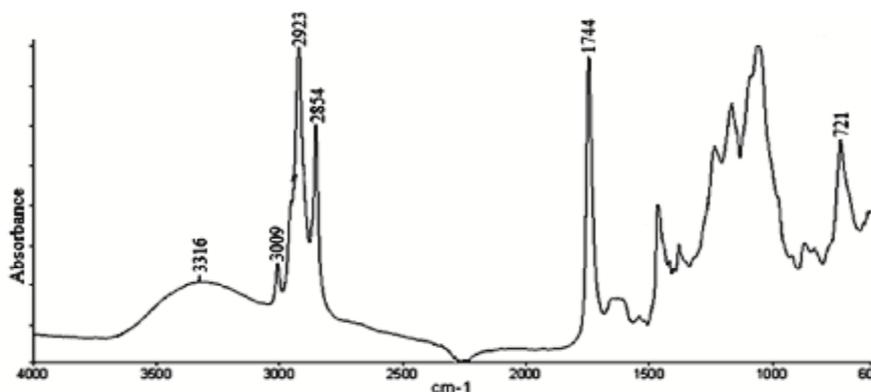


Рис. 4. ИК-спектр Азола 1003-В

В табл. 8 приведена расшифровка данного спектра.

Таблица 8

Расшифровка ИК-спектра Азола 1003-В

Частота, см ⁻¹	Характеристика
3316	комбинированная частота: валентные колебания катионов аммония (водородная связь) + связанная ОН-группа
2923	валентные антисимметричные колебания СН ₂ -групп
2854	валентные колебания СН-связей
1744	валентные колебания С=О-групп

Этот ПАВ позиционируется как вещество амфолитного типа на основе фосфатидов растительных масел, что подтверждается данными ИК-спектра. Катионные свойства данного ПАВ обусловлены наличием аминогруппы, в то время как анионактивность обуславливается содержанием карбоксильной группы.

Амдор-20Т

Также был проанализирован состав одной из наиболее используемой добавки Амдор-20Т (ЗАО Амдор) – по описанию производителя, представляет собой кислотно-полимерную присадку. Отличается от присадок аминного типа химической природой и свойствами. Рекомендуются для модификации битума на битумных производствах и базах хранения перед отгрузкой потребителям, а также для повышения адгезии полимербитумного вяжущего. Максимальный эффект от введения присадки достигается при интенсивном перемешивании с битумом не менее 3 часов при температуре 140-180 °С. При этом в результате химического взаимодействия присадки с компонентами горячего битума происходит нарастание модифицирующих свойств с последующей их стабилизацией и сохранением в течение нескольких суток.

При использовании присадки «АМДОР-20Т» для модификации битумполимерных вяжущих дозировка присадки возможна либо на стадиях перед введением полимера, либо совместно с введением полимера, или после введения полимера с последующим проходом вяжущего с присадкой через диспергатор, что способствует более полному диспергированию присадки в битуме, а последующая выдержка битумполимерных вяжущих для «дозревания» гарантирует достижение заданных адгезионных свойств.

При введении присадки непосредственно в линию подачи битума в асфальтосмеситель необходимо избегать смешения «АМДОР-20Т» с аминоксодержащими присадками.

Адгезионная присадка «АМДОР-20Т» дозируется в битум в концентрации от 0,1 до 0,4 % в зависимости от типа щебня и качества битума, обеспечивая степень покрытия поверхности щебня 90-100 %. Представляет собой водорастворимый, биоразлагаемый продукт на основе эфиров фосфорной кислоты.

Физические свойства «АМДОР-20Т» представлены в табл. 9.

Таблица 9

Физические свойства «АМДОР-20Т»

Внешний вид при 20 °С	Подвижная вязкая жидкость, обладающая кислотными свойствами, от светло-желтого до коричневого цвета
Показатели сцепления с минеральным материалом битума, содержащего 0,15-0,5 % присадки, по ГОСТ 12801-84	4ч5 баллов
Температура потери текучести, не выше, °С	Минус 3
Плотность при 20 °С, кг/м ³	1250ч1300
Вязкость, мм ² /с, при:	
10°С	1750
20°С	1100
30°С	600
40 °С	250

На рис. 5 показан ИК-спектр нового поверхностно-активного вещества Амдор-20Т.

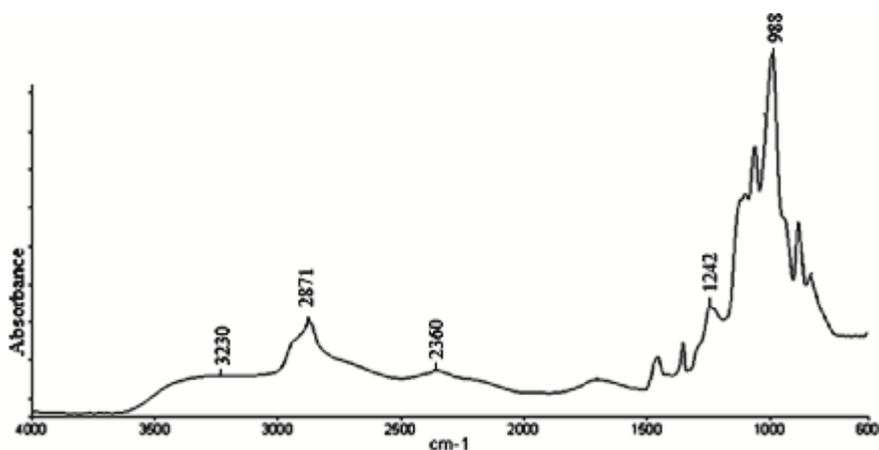


Рис. 5. ИК-спектр Амдора-20Т

Описание характеристических пиков представлено в табл. 10.

Таблица 10

Расшифровка ИК-спектра Амдора-20Т

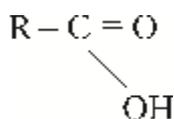
Частота, см ⁻¹	Характеристика
3230	комбинированная частота: валентные колебания катионов аммония (водородная связь) + связанная ОН-группа
2871	симметричные валентные колебания СН ₃ -групп
2360	валентные колебания Р-Н-групп
1242	валентные колебания Р=О-групп
988	деформационные колебания С-Н связей

Амдор-20Т существенно отличается от других изученных ПАВ. Он описывается производителем как продукт на основе эфиров фосфорной кислоты. Подчеркивается также, что он не является поверхностно-активным веществом аминного типа. На спектре действительно видны фосфорогранические соединения, а также водородные связи. Отсутствие ярко выраженных пиков, соответствующих аминным и карбоксильным группам, позволяет предположить, что это ПАВ является неионогенным. Кроме того, производитель называет Амдор-20Т «кислотно-полимерной присадкой». Можно предположить, что молекулярная масса Амдор-20Т выше, чем у традиционных ПАВ.

ОПХМ

Последний исследуемый состав – ОПХМ является кубовым остатком дистилляции жирных кислот хлопкового масла, а значит является анионоактивным ПАВ, визуально представляет собой пастообразную массу коричневого цвета, которая при нагревании до 50-60°C переходит в жидкое состояние.

Общая молекулярная формула высших жирных кислот:



где R – углеводородный радикал.

Жирнокислотный состав и основные характеристики ОПХМ представлены в табл. 11-12.

Таблица 11

Жирнокислотный состав ОПХМ

Состав, мас. %	ОПХМ
миристиновая С14:0	0,5-1,0
пальмитиновая С16:0	15-20
пальмитолеиновая С16:1	-
стеариновая С18:0	1-2
олеиновая С18:1	20-25
линолевая С18:2	30-40
линоленовая С18:3	-
арахиновая С20:0	-
гадолеиновая С20:1	-
бегеновая С22:0	-
эруковая С22:1	-

Таблица 12

Основные характеристики ОПХМ

Свойства	ОПХМ
Содержание мономерных кислот, % мас.	30
Содержание олигомерных кислот, % мас.	70
Кислотное число, мг КОН/г	110-125
Число омыления, мг КОН/г	150-165
Иодное число, гJ2 /100 г	80-90
Водородный показатель, рН	10-11,4
Среднечисловая молекулярная масса	1130
Среднемассовая молекулярная масса	1500
Полидисперсность	1,33
Содержание жировых веществ, % мас.	84-88
Содержание нежировых веществ, % мас.	4-6
Содержание воды, % мас.	8-10
Содержание золы, % мас., не более	0,4-0,6
Температура застывания, °С	35-40
Температура вспышки, °С	250

Числа омыления выбранных ПАВ

Для определения содержания свободных кислот и эфиров были установлены числа омыления изучаемых ПАВ. Результаты показаны в табл. 13.

Таблица 13

Числа омыления изучаемых ПАВ

№	ПАВ	Число омыления
1	Амдор 20Т	14,6
2	ОПХМ	11,4
3	Dinoram SL	8,66
4	Азол 1003 В	8,42
5	Азол 1002	7,50
6	Secabase 200	7,43

Из таблицы видно, что выбранные катионактивные ПАВ содержат меньше свободных кислот и эфиров, чем анионактивный ОПХМ и неионогенный Амдор-20Т. Среди катионактивных ПАВ наибольшее число омыления имеет Dinoram SL.

Наименьшее – Secabase 200. Интересно отметить, что схожие по составу Азол 1002 и Secabase 200 показали почти одинаковые результаты. Невозможно, однако, прямо утверждать, что катионактивные ПАВ имеют меньшие числа омыления, так как амфолитный Азол 1003В оказался в таблице ниже Dinogam SL. Отметим, что содержание свободных кислот и эфиров важно с точки зрения идентификации состава поверхностно-активных веществ, однако не характеризует напрямую их поверхностную активность.

Заключение

По проделанной работе можно сделать следующие выводы:

1. Азол-1002 представляет собой катионактивный ПАВ на основе амидоаминов и имидазолинов жирных кислот.
2. Dinogam SL представляет собой органическое вещество, поверхностная активность которого основана на содержании вторичных аминов.
3. Secabase 200 практически идентичен по составу Азолу-1002.
4. Азол-1003В – это вещество амфолитного типа.
5. Амдор-20Т, вероятно, является неионогенным ПАВ. Возможно, молекулярная масса Амдор-20Т выше, чем у изученных ПАВ. Он также имеет наибольшее число омыления.
6. ОПХМ является анионактивным ПАВ.

Полученные результаты позволяют предположить механизм воздействия ПАВ на битумные вяжущие и их адгезионную способность, прогнозировать их эффективность при стабилизации ПБВ с различным типом полимеров.

Список библиографических ссылок

1. Nuriev M. A., Murafa A. V., Makarov D. B., Khozin V. G. Waterproofing latex-bitumen emulsions // *Polymer Science. Series D*. 2008. Т. 1. С. 132–134.
2. Тенников А. А., Абдуллин А. И., Емельянычева Е. А., Абдуллина В. Х. Оценка эмульгирующей способности цвиттерионных ПАВ при создании водобитумных эмульсий // *Вестник Технологического университета*. 2018. Т. 21. № 3. С. 90–93.
3. Rossi C. O., Teltayev B., Angelico R. Adhesion promoters in bituminous road materials: a review // *Applied Sciences (Switzerland)*. 2017. Т. 7. № 5. С. 524–534.
4. Соломенцев А. Б., Мосюра Л. С., Анахин Н. Ю., Грошев Н. Г. Исследование физико-механических свойств асфальтовяжущего с адгезионными добавками // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 1-4 (55). С. 124–127.
5. Lehtonen M., Merinen M., Mikkonen K. S., Kilpelainen P. O., Xu C., Willfor S. M. Phenolic residues in spruce galactoglucomannans improve stabilization of oil-in-water emulsions // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2018. Т. 512. С. 536–547.
6. Богданова С. А., Гатауллин А. Р., Шевцова С. А., Галяметдинов Ю. Г. Модификация латексов дисперсиями углеродных нанотрубок // *Вестник Технологического университета*. 2018. Т. 21. № 2. С. 5–8.
7. Аюпов Д. А., Мурафа А. В., Хакимуллин Ю. Н. Модификация дорожных битумов радиационными регенератами бутиловых резин // *Строительные материалы*. 2009. № 12. С. 44–45.
8. Шыхалиев К. С., Алиева З. Н. Модификация битума с полиэтиленовыми отходами // *Проблемы современной науки и образования*. 2017. № 16 (98). С. 14–17.
9. Аюпов Д. А., Мурафа А. В., Потапова Л. И., Ягунд Э. М., Макаров Д. Б., Казакулов Р. И., Хакимуллин Ю. Н. Эпоксидированный силан как сшивающий агент между битумом и полимерным модификатором // *Известия КГАСУ*. 2015. № 4 (34). С. 253–258.
10. Пактер М. К., Беспалов В. Л., Самойлова Е. Э., Стукалов А. А., Ананьев Е. В., Науменко Д. С. Влияние модификации нефтяного дорожного битума реакционноспособными олигомерами на его термоокислительную стабильность в слоях различной толщины // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2017. № 2 (124). С. 45–52.

Ayupov Damir Alievich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: ayupov_damir@rambler.ru**Potapova Ludmila Illynichna**

candidate of chemical sciences, associate professor

E-mail: ludmilapo@mail.ru**Kazakulov Rauf Ildarovich**

engineer

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

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

Khakimullin Yuri Nurievich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: hakim123@rambler.ru**Kazan National Research Technological University**

The organization address: 420015, Russia, Kazan, K. Marksa st., 72

Road surfactants composition investigation**Abstract**

Problem statement. In this article the composition and structure of surfactants, which are used in road construction as adhesion additives, were investigated. The main task was the identification of surfactant compositions, what allows to suggest the mechanism of their influence on bituminous binders and stone materials.

Results. The surfactants IR spectra were studied deciphered. Surfactants numbers of saponification are determined.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is that they allow us to suggest the mechanism of surfactants influence on bituminous binders and their adhesiveness, to predict their effectiveness in stabilizing of polymer bituminous compositions with different types of polymers.

Keywords: bitumen, surfactants, adhesives, bitumen modification, road surfactants, bitumen adhesion, adhesion to stone.

References

1. Nuriev M. A., Murafa A. V., Makarov D. B., Khozin V. G. Waterproofing latex-bitumen emulsions // Polymer Science. Series D. 2008. Vol. 1. P. 132–134.
2. Tennikov A. A., Abdullin A. I., Emel'yanycheva E. A., Abdullina V. H. Zwitterionic surfactants emulsifying ability during creating water-bitumen emulsions evaluation // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2018. Vol. 21. № 3. P. 90–93.
3. Rossi C. O., Teltayev B., Angelico R. Adhesion promoters in bituminous road materials: a review // Applied Sciences (Switzerland). 2017. Vol. 7. № 5. p. 524–534.
4. Solomentsev A. B., Mosyura L. S., Anahin N. Y., Groshev N.G. Physicomechanical properties of asphalts with adhesion additives investigation // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2017. № 1-4 (55). P. 124–127.
5. Lehtonen M., Merinen M., Mikkonen K. S., Kilpeläinen P. O., Xu C., Willför S. M. Phenolic residues in spruce galactoglucomannans improve stabilization of oil-in-water emulsions // Journal of Colloid and Interface Science. 2018. Vol. 512. P. 536–547.
6. Bogdanova S. A., Gataullin A. R., Shevtsova S. A., Galyametdinov Yu. G. Modification of latexes by carbon nanotubes dispersions // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. 2018. Vol. 21. № 2. P. 5–8.

7. Ayupov D. A., Murafa A. V., Khakimulin Yu. N. Modification of road bitumen by radiation regenerants of butyl rubbers // *Stroitel'nye materialy*. 2009. № 12. P. 44–45.
8. Shikhaliev K. S., Aliyeva Z. N. Modification of bitumen with polyethylene waste // *Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya*. 2017. № 16 (98). P. 14–17.
9. Ayupov D. A., Murafa A. V., Potapova L. I., Yagund E. M., Makarov D. B., Kazakulov R. I., Khakimullin Yu. N. Epoxidized silane as crosslinking agent between bitumen and polymer modifier // *Izvestiya KGASU*. 2015. № 4 (34). P. 253–258.
10. Pakter M. K., Bepalov V. L., Samoylova E. E., Stukalov A. A., Ananyev E. V., Naumenko D. S. The effect of petroleum road bitumen modification by reactive oligomers on its thermal and oxidative stability in layers of various thicknesses // *Vestnik Donbasskoj nacional'noj akademii stroitel'stva i arhitektury*. 2017. № 2 (124). P. 45–52.

УДК 678.743.22.

Исламов Анвар Махмутович

кандидат технических наук, младший научный сотрудник

E-mail: iam16@yandex.ru

Закирова Гульшат Валериевна

студент

Фахрутдинова Венера Хафизовна

кандидат химических наук, доцент

E-mail: olvik@list.ru

Абдрахманова Ляйля Абдулловна

доктор технических наук, профессор

E-mail: laa@kgasu.ru

Низамов Рашит Курбангалиевич

доктор технических наук, профессор

E-mail: Nizamov@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Исследование градиентных материалов на основе ПВХ и эпоксидного мономера ДГЭБД

Аннотация

Постановка задачи. В работе исследовалась возможность использования эпоксидного мономера диглицидилового эфира 1,4-бутандиола для поверхностной диффузионной модификации ПВХ, и определялось его влияние на свойства получаемых композиционных материалов.

Результаты. Показано, что в результате пропитки ПВХ в эпоксидном мономере до небольшой степени набухания (до 2 %) с последующим отверждением в отвердителе и тепловой обработки в поверхностных слоях композитов происходит образование взаимопроникающих структур между ними, что обуславливает увеличение поверхностной микротвердости с максимумом при степени набухания 0,1 % (на 36 %).

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что модифицирование поверхности готовых ПВХ-изделий без изменения внутренней части, позволяет усилить весь материал в целом и увеличить его сопротивление к воздействию различных внешних факторов. При этом существенно снижается расход модифицирующей добавки по сравнению с ведением в объем материала, и увеличивается его эффективность из-за высокого локального концентрирования на поверхности.

Ключевые слова: поливинилхлорид, диглицидиловый эфир 1,4-бутандиола, диэтилентриамин, диффузия, градиент.

Введение

Для современного материаловедения полимерные композиционные материалы имеют особое значение, которое обусловлено сочетанием уникальных свойств нехарактерных для других традиционных материалов [1]. Среди них должное место занимают материалы на основе ПВХ, которые нашли широкое применение в строительстве и промышленности благодаря высоким прочностным показателям, химической стойкости к жидким и газообразным агрессивным средам, и малой себестоимости.

Как правило, структура и свойства материалов неодинаковы по сечению изделий и конструкций. Поверхностные слои реальных материалов отличны от внутренних областей, так как содержат больше локальных перенапряжений, дефектов структуры, макромолекул, возникающие из-за несовершенства технологии переработки [2]. Поэтому, при воздействии эксплуатационных факторов износ материалов происходит неравномерно по всему объему. В основном разрушению подвергается их поверхностный слой, что приводит к преждевременному выходу материала из строя, в то время как его

внутренняя часть остается неизменной. Поэтому необходимым представляется усиление поверхностных слоев ПВХ материалов различными способами модификации.

Существуют множество различных (механических, энергетических, диффузионных) методов модификации поверхностных свойств полимерных материалов с целью увеличения их твердости, ударной вязкости, износостойкости, стойкости к царапанию и т.д. [3-5]. Наиболее эффективным является поверхностная обработка различными жидкими реакционноспособными олигомерами, при которой на поверхности ПВХ образуются структуры типа полувзаимопроникающих сеток, изменяющихся по градиенту (градиентные полу-ВПС). Принцип их получения заключается в том, что готовое изделие из линейного полимера (ПВХ) подвергается пропитке в реакционноспособном олигомере (или мономере), который в дальнейшем подвергается полимеризации с образованием второго сетчатого полимера, концентрация которого в матрице ПВХ изменяется от поверхности вглубь, вследствие ограниченности процессов диффузии [6, 7]. В результате образуются материалы, свойства которых отличаются от свойств индивидуальных полимеров.

Возможность данного способа модификации обусловлена локальной неоднородностью молекулярной упаковки аморфных полимеров, в частности, ПВХ, которая представляет собой совокупность плотных глобулярных образований и менее плотных межглобулярных областей, доступных для диффузии жидких модификаторов. Метод последовательного отверждения реакционноспособных олигомеров при получении композиционных материалов является принципиально новым методом модификации полимерных изделий, позволяющий решить задачу усиления их поверхности, в широких пределах регулировать свойства, вследствие образования градиентных полу-ВПС. Метод намного эффективнее и экономичнее объемной модификации, вследствие сокращения расхода реакционноспособного модификатора.

Ранее нами была показана эффективность поверхностной модификации ПВХ материалов реакционноспособным олигомером полиизоцианатом (ПИЦ) [8, 9], позволяющей получать материалы с усиленными поверхностными свойствами. Однако работа по подбору реакционноспособных диффузانتов продолжается, и ведется поиск других олигомеров, позволяющих в широких пределах регулировать эксплуатационные свойства ПВХ материалов. Такими являются эпоксидные олигомеры и мономеры. Данные соединения имеют высокую совместимость с ПВХ, оказывают термостабилизирующее действие на хлорсодержащий полимер, и часто используются в композициях на их основе. Нами предпринималась попытка пропитки ПВХ в диглицидиловом эфире бисфенола-А [10]. Но из-за высокой вязкости смолы, пропитка оказалась возможной только в диффузante, представлявшим собой сильно разбавленный раствор олигомера в отвердителе (диэтилентриамин) с концентрацией до 0,2 % по массе. Это обуславливало низкую технологичность процесса модификации, и нецелесообразно большой расход исходных компонентов. Однако, не смотря на это, у модифицированных ПВХ материалов возростала микротвердость (в 3 раза) и динамический модуль упругости (в 1,2 раза).

В связи с этим, в качестве диффузанта был использован низковязкий, низкомолекулярный эпоксидный мономер – диглицидиловый эфир 1,4-бутандиола. Возможность его применения была показана на образцах винипласта [11]. Целью данной работы явилось изучение влияния эпоксидного мономера на свойства образцов ПВХ, не содержащих функциональных добавок, при небольших степенях набухания (до 2 %).

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на ПВХ-образцах размерами 20×20×4 мм, полученные путем вальцевания и последующего прессования композиции, состоящей из 100 м.ч. ПВХ С-7058-М (ГОСТ 14332-78) и 3 м.ч. стеарата кальция (ТУ 6-09-4104-87). В качестве эпоксидного мономера был использован диглицидиловый эфир 1,4-бутандиола (ДГЭБД), представляющий собой слегка окрашенную прозрачную жидкость с температурой кипения 230°C и динамической вязкостью 0,010-0,025 Па·с (25°C). В качестве отвердителя для эпоксидного мономера был выбран диэтилентриамин (ДЭТА) низкотемпературного отверждения с температурой кипения 260 °С, динамической вязкостью 7,7 мПа·с (25°C).

Способ модификации заключался в следующем: первоначально исходные образцы ПВХ пропитывались в эпоксидном мономере с прерыванием на определенной степени набухания. Затем образцы выдерживались в отвердителе до определенного стехиометрического соотношения к мономеру и далее подвергались термической обработке при 100 °С в течение 3 часов для отверждения мономера.

Обсуждение результатов

На начальном этапе исследований были определены закономерности диффузионной пропитки ПВХ образцов в ДГЭБД при различных температурно-временных режимах (рис. 1). Кинетику диффузии мономера определяли по изменению массы блочных образцов в ходе пропитки.

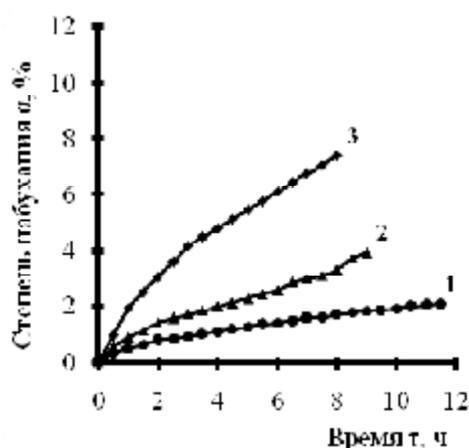


Рис. 1. Кинетические кривые набухания образцов ПВХ в ДГЭБД при температуре 20 °С (1), 40 °С (2) и 60 °С (3)

Установлено, что на образцах ПВХ наблюдаются те же тенденции, что и на образцах винипласта – характер кривых насыщения неограниченный. Однако степень набухания α для образцов ПВХ ниже (в 2-4 раза), которая свидетельствует об однородности структуры, большой плотности упаковки макромолекул, вероятно связанной с отсутствием в составе композиции различных добавок (стабилизаторы, пластификаторы, наполнители и т.д.).

Ранее было показано, что при достижении больших степеней набухания ПВХ, ДГЭБД оказывает сильное пластифицирующее действие. В связи с этим для получения лучшего оптимума свойств модифицированного ПВХ, пропитка осуществлялась только при 20°С для возможности достижения небольшой степени набухания (0,1-2 %). В таблице представлены характеристики процесса пропитки ПВХ. Из них видно, что с увеличением времени пропитки закономерно растет количество поглощенного ДГЭБД. Так же замедляется процесс диффузии мономера, вероятно, из-за уменьшения доступного для мономера свободного объема в ПВХ, который постепенно заполняется и ДГЭБД все сложнее продиффундировать в матрицу полимера.

В зависимости от температуры пропитки, невысокая степень набухания (0,1-2 %) может быть достигнута за разный промежуток времени, поэтому нами были определены линии равной степени пропитки в координатах температура-время (рис. 2), имеющие ценность с технологической точки зрения, по которым можно выбирать режимы набухания. Из них видно, что возрастание температуры приводит к снижению времени достижения соответствующей степени насыщения.

Пользуясь представленными зависимостями, можно для обеспечения необходимой степени пропитки при реализации технологии диффузионной модификации ПВХ подбирать различные температурно-временные режимы (таб.).

Таблица

Характеристики процесса пропитки ПВХ образцов в ДГЭБД

Температура пропитки, °С	Время пропитки τ , мин	Степень набухания α , %	Коэффициент диффузии D , $\times 10^{-6}$ см ² /с	Коэффициент сорбции S , г/см ³	Коэффициент проницаемости P , $\times 10^{-8}$ г \times см/см ² \times с
20	8	0,10	32,39	0,0023	7,53
	20	0,25	12,91	0,0043	5,59
	54	0,50	7,08	0,0089	6,31
	198	1,00	2,58	0,0212	5,48
	636	2,00	0,67	0,0269	1,80

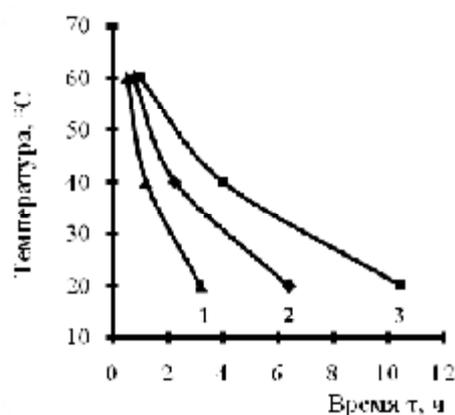


Рис. 2. Линии равной степени пропитки образцов ПВХ в ДГЭБД при степени набухания 1 % (1); 1,5 % (2); 2 % (3)

Для отверждения ДГЭБД, продифундировавшего в поверхностный слой ПВХ, образцы пропитывались в отвердителе – ДЭТА. По выявленной закономерности (рис. 3а) также наблюдается неограниченный характер набухания, сопровождающийся приростом массы образца. Однако, в предыдущей работе [11], где были использованы образцы винипласта, наблюдалось уменьшение массы в ходе выдержки в ДЭТА, что возможно связано с вымыванием некоторых компонентов, входящих в состав композиции полимерного материала.

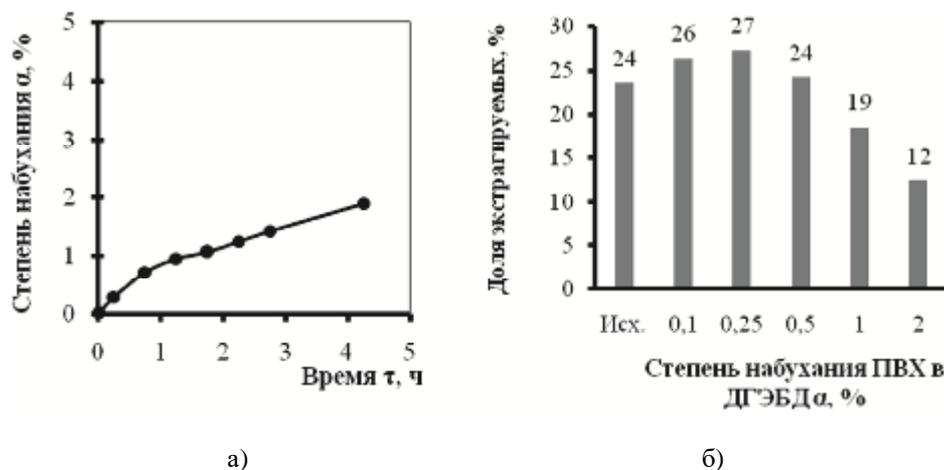


Рис. 3. Кинетическая кривая насыщения ПВХ в ДЭТА, при температуре 20 °С (а); количество экстрагируемых в ацетоне для ПВХ образцов с разной степенью набухания в ДГЭБД (б)

Время пропитки ПВХ в отвердителе имеет большое значение для свойств получаемых композитов. Как известно, свойства эпоксидных полимеров сильно зависят

от стехиометрического соотношения между олигомером и отвердителем. Нами были опробованы различные соотношения ДГЭБД:ДЭТА (100:100 и 100:20), среди которых 100:20 позволяло получать модифицированные ПВХ-композиты с наилучшим комплексом свойств. Полнота отверждения ДГЭБД определялась экстрагированием в ацетоне в течение 6 часов в аппарате Сокслета (рис. 3б). Результаты для образцов со степенью набухания более 0,5 % дополнительно подтверждают, что соотношение 100:20 (ДГЭБД:ДЭТА) достаточно для отверждения мономера в поверхностном слое матрицы ПВХ, что приводит к образованию нерастворимого эпоксидного полимера с сетчатой структурой. Небольшое увеличение золь-фракции при степени набухания 0,1-0,25 %, вероятно, связано с низкой локальной концентрацией ДГЭБД в поверхностных слоях, при отверждении которого образуется эпоксидный полимер преимущественно с разветвлённой и редкосшитой структурой.

Исследование отверждения ДГЭБД на свойства поверхностных слоев ПВХ проводилось измерением поверхностной микротвёрдости по толщине образцов (рис. 4). Результаты показали, что первоначально после пропитки мономер оказывает пластифицирующее действие, снижая поверхностную микротвёрдость ПВХ, и данный эффект увеличивается с ростом степени набухания.

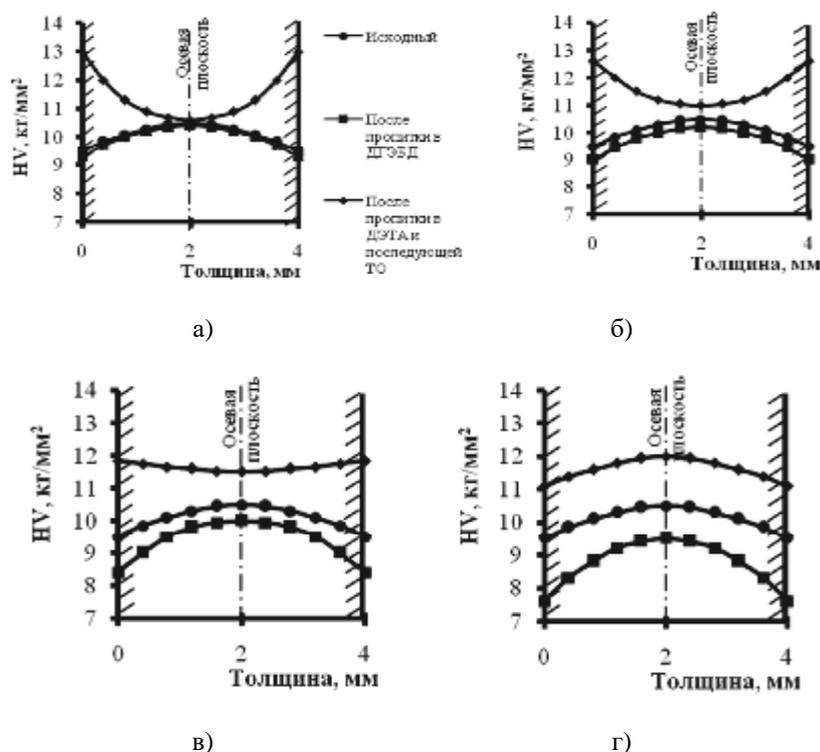


Рис. 4. Кривые распределения микротвёрдости по толщине ПВХ-образцов со степенью набухания 0,1 % (а), 0,25 % (б), 0,5 % (в) и 1 % (г) в ДГЭБД с последующей выдержкой в отвердителе и тепловой обработкой

После пропитки образцов в ДЭТА (до стехиометрического соотношения 100:20) и тепловой обработки при 100 °С в течение 3 часов наблюдается усиление образцов с инверсией кривых микротвёрдости (кроме степени набухания 1 %). Однако прирост микротвёрдости снижается с ростом степени набухания. Это обусловлено тем, что образующийся эпоксидный полимер на основе ДГЭБД является эластомером, находится в высокоэластическом состоянии, и также оказывает пластифицирующее действие. Усиление поверхности модифицированных образцов, гипотетически, можно связать с ингибированием роста трещин в «жесткой» матрице ПВХ и релаксацией внутренних напряжений эластичным полимером на основе ДГЭБД, что способствует уменьшению дефектности поверхностных слоев получаемых композитов и повышению их прочности.

Заключение

Таким образом, была показана эффективность поверхностной диффузионной модификации ПВХ реакционноспособным эпоксидным мономером ДГЭБД при небольших степенях набухания (до 2 %). Выявлено, что отверждение мономера выдержкой в отвердителе до стехиометрического соотношения 100:20 (ДГЭБД:ДЭТА) и последующей тепловой обработки при 100°C в течение 3 часов приводит к образованию в поверхностных слоях композитов взаимопроникающих структур между линейным ПВХ и сетчатым эпоксидным эластомером. Создание модифицированного слоя в ПВХ-композитах обуславливает увеличение поверхностной микротвердости с максимумом при степени набухания 0,1 % (на 36 %).

Список библиографических ссылок

1. Хозин В. Г. Полимеры в строительстве – реальные границы и перспективы эффективного применения // Полимеры в строительстве. 2014. № 1 (1). С. 9–26.
2. Sabbatini L. Polymer Surface Characterization. Berlin : De Gruyter, 2014. 308 p.
3. Ротрелк Б., Гудичек К., Канареек Я., Станек Я. Поверхностная обработка пластмасс. Л. : Химия, 1972. 184 с.
4. Назаров В. Г. Поверхностная модификация полимеров. М. : МГУП, 2008. 474 с.
5. Gregor H., Sharma A., Brunner M. Добавки для повышения стойкости к царапанию автомобильных пластиков как конкуренты защитным эмалям // Пластические массы. 2006. № 10. С. 39–42.
6. Thomas S., Grande D., Svelbar U., Raju K., Narayan R., Thomas S. P., Akhina H. Micro- and nano-structured interpenetrating polymer networks. From design to application. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, 2016. 407 p.
7. Бровко А. А., Горбач Л. А., Сергеева Л. М. Вязкоупругие свойства и моделирование процесса формирования полиуретан-полиакрилатных градиентных взаимопроникающих полимерных сеток // Полимерный журнал. 2009. Т. 31. № 4. С. 299–310.
8. Исламов А. М., Фахрутдинова В. Х., Абдрахманова Л. А., Старостина И. А., Ягунд Э. М., Кузнецова Л. М. Поверхностное усиление ПВХ полиизоцианатом // Известия вузов. Строительство. 2015. № 3. С. 28–33.
9. Исламов А. М., Фахрутдинова В. Х., Абдрахманова Л. А. Исследование структуры ПВХ материалов, поверхностно усиленных полиизоцианатом // Известия вузов. Строительство. 2017. № 3. С. 31–37.
10. Исламов А. М., Фахрутдинова В. Х., Абдрахманова Л. А. Поверхностное модифицирование ПВХ эпоксидной смолой, функционализированной углеродными нанотрубками // Известия КГАСУ. 2013. № 3 (25). С. 86–92.
11. Закирова Г. В., Исламов А. М., Фахрутдинова В. Х. Поверхностная модификация поливинилхлорида реакционноспособным эпоксидным олигомером // Полимеры в строительстве. 2017. № 1 (5). С. 26–35.

Islamov Anvar Makhmutovich

candidate of technical sciences, junior research scientist

E-mail: iam16@yandex.ru

Zakirova Gulshat Valerievna

student

Fakhrutdinova Venera Khafizovna

candidate of chemical sciences, associate professor

E-mail: olvik@list.ru

Abdrakhmanova Lyailya Abdullova

doctor of technical sciences, professor

E-mail: laa@kgasu.ru

Nizamov Rashit Kurbangalievich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: Nizamov@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Investigation of gradient materials based on PVC and of diglycidyl ether 1,4-butanediol

Abstract

Problem statement. The possibility of using epoxy monomer diglycidyl ether 1,4-butanediol for surface diffusion modification of PVC was investigated and its effect on the properties of the resulting composite materials was determined.

Results. It is shown that as a result of impregnation of PVC in epoxy monomer to a small degree of swelling (up to 2 %) followed by curing in the hardener and heat treatment, the formation of interpenetrating structures in the surface layers of composites results in the formation of interfacial structures between them, and causes an increase in the surface microhardness with a maximum at swelling degree of 0,1 % (by 36 %).

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry lies in the fact that modifying the surface of finished PVC products without changing the internal part allows to strengthen all the material as a whole and increase its resistance to the influence of various external factors. At the same time, the consumption of the modifying additive is significantly reduced in comparison with the control in the volume of the material, and its efficiency is increased because of the high local concentration on the surface.

Keywords: polyvinylchloride, 1,4-butanediol diglycidyl ether, diethylenetriamine, diffusion, gradient.

References

1. Khozin V. G. Polymers in construction – real borders and prospects for effective use // Polimeryi v stroitelstve. 2014. № 1 (1). P. 9–26.
2. Sabbatini L. Polymer Surface Characterization. Berlin : De Gruyter, 2014. 308 p.
3. Rotrekl B., Gudichek K., Kanareyek Ya., Stanek Ya. Surface treatment of plastics. L. : Chemistry, 1972. 184 p.
4. Nazarov V. G. Surface modification of polymers. M. : MGUP, 2008. 474 p.
5. Gregor H., Sharma A., Brunner M. Additives to enhance the scratch resistance of automotive plastics as competitors to protective enamels // Plasticheskiye massy. 2006. № 10. P. 39–42.
6. Thomas S., Grande D., Cvelbar U., Raju K., Narayan R., Thomas S. P., Akhina H. Micro- and nano-structured interpenetrating polymer networks. From design to application. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, 2016. 407 p.
7. Brovko A. A., Gorbach L. A., Sergeyeva L. M. Viscoelastic properties and modeling of the process of formation of polyurethane-polyacrylate gradient interpenetrating polymer networks // Polimerniy zhurnal. 2009. V. 31. № 4. P. 299–310.
8. Islamov A. M., Fakhrutdinova V. Kh., Abdrakhmanova L. A., Starostina I. A., Yagund E. M., Kuznetsova L. M. Surface reinforcement of PVC by polyisocyanate // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2015. № 3. P. 28–33.
9. Islamov A. M., Fakhrutdinova V. Kh., Abdrakhmanova L. A. Research of structure of PVC materials superficially reinforced by the polyisocyanate // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2017. № 3. P. 31–37.
10. Islamov A. M., Fakhrutdinova V. Kh., Abdrakhmanova L. A. Surface modification of PVC by the epoxy resin functionalized by carbon nanotubes // Izvestiya KGASU. 2013. № 3 (25). P. 86–92.
11. Zakirova G. V., Islamov A. M., Fakhrutdinova V. Kh. Surface modification of polyvinylchloride by the reactive epoxy oligomer // Polimeryi v stroitelstve. 2017. № 1 (5). P. 26–35.

УДК 667.6; 691.175.5/.8

Строганов Виктор Федорович

доктор химических наук, профессор

E-mail: svf08@mail.ru

Амельченко Максим Олегович

кандидат технических наук, ассистент

E-mail: colbasa-disabled@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Влияние наполнителей силикатной природы на свойства стирол-акриловых покрытий

Аннотация

Постановка задачи. Защита строительных сооружений и конструкций лакокрасочными материалами, в частности стирол-акриловыми, является одним из распространенных методов борьбы с коррозией. Известно, что уровень эксплуатационных характеристик покрытий во многом определяются содержанием в их структуре наполнителей, которые могут обладать различной геометрической формой частиц. Цель исследования – провести сравнительный анализ изменения уровня свойств стирол-акриловых сополимеров, наполненных минералами с различной геометрической формой частиц и покрытий на их основе.

Результаты. Исследованы основные эксплуатационные характеристики стирол-акриловых лакокрасочных покрытий, наполненных каолином и волластонитом, обладающих одинаковой химической природой – силикаты, но различной геометрической формой частиц. Показано, что игольчатая структура волластонита позволяет значительно увеличить уровень физико-эксплуатационных свойств лакокрасочных покрытий. Частичная замена волластонита в количестве 25 % на каолин способствует значительному улучшению основных эксплуатационных свойств лакокрасочных покрытий.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что применение наполнителей с различной геометрической формой частиц может способствовать проявлению аддитивного или синергетического эффектов, что в свою очередь позволит регулировать рецептуру с целью получения покрытий с заданным уровнем характеристик.

Ключевые слова: каолин, волластонит, силикатные наполнители, стирол-акриловые сополимеры, защитные полимерные покрытия.

Введение

Применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) является одним из наиболее распространенных и доступных методов защиты различных конструкций и сооружений. Использование ПКМ в различных отраслях промышленности во многом определяется их свойствами. Известно, что одним из путей повышения свойств ПКМ является их модификация различными наполнителями, в частности силикатной природы [1, 2]. Одним из наиболее широко используемых при модификации структуры полимерных материалов наполнителей-силикатов является каолин [3, 4], а одним из перспективных – волластонит [3, 4].

Применение каолина помимо его инертности к химическим реагентам и низкой стоимости, обусловлено также широкими возможностями по его модификации и активации [5, 6], что дополнительно может способствовать усилению структуры и повышению уровня свойств ПКМ, а также проявлению аддитивного и синергетического эффектов [7]. Наполнение полимерных материалов волластонитом представляет интерес в связи с игольчатой структурой минерала, позволяющей повышать прочностные характеристики материалов [8, 9]. Каолин (алюмосиликат) и волластонит (метасиликат кальция) – минералы силикатной природы, различающиеся геометрической формой

частиц, в связи с чем, актуально проведение исследований по определению влияния геометрической формы частиц наполнителей, одной химической природы, на свойства полимерных стирол-акриловых материалов, что и являлось целью данной работы.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования использовали: наполнители – каолин (ТУ 5729-016-48174985-2003) и волластонит марки Casiflux F75 (производство Sibelco Group, Бельгия), и стирол-акриловую дисперсию отечественного производства (ООО ПКФ «Оргхимпром») марки «Лакротэн®» – Э-21.

Определение значений основных характеристик проводилось согласно методикам ГОСТ:

- Укрывистость, смываемость – ГОСТ 52020-2003;
- Водо- и влагопоглощение – ГОСТ 21513-76;
- Адгезионная прочность – ГОСТ 32299-2013.

Определение адгезионной прочности полученных лакокрасочных покрытий осуществлялось к высокополярным субстратам – ЦПР (В:Ц = 0,6) и сталь (марка С245).

При проведении исследований применяли типовую базовую рецептуру содержащую мел, тальк, диоксид титана, в которую дополнительно сначала вводился волластонит, который частично заменяли на каолин.

Лакокрасочные композиции получали следующим способом:

- предварительно смешивали сухие компоненты в заданных соотношениях, затем добавляли дистиллированную воду и функциональные добавки;
- полученную массу помещали в диссольтер и перемешивали при скорости $n = 2000$ об/мин в течение 30 мин. для получения пигментной пасты;
- полученную пасту смешивали со стирол-акриловым пленкообразователем в соотношении 1:0,5 (пигментная паста: пленкообразователь).

Стирол-акриловые композиции, в которых первоначально содержание волластонита составляло 100 % обозначались СА-В, а композиции с содержанием каолина 100 % – СА-К. Частичная замена волластонита на каолин производилась в количествах 25, 50 и 75 %, с соответствующим им обозначением – СА-25, СА-50, СА-75.

Полученные композиции наносили на субстрат (согласно требованиям ГОСТ) для последующих испытаний.

Результаты и их обсуждение

Известно, что каолин и волластонит являются минералами силикатной природы, различающимися геометрической формой частиц. Наполнение полимерных покрытий каолином, наряду с задачей замены в рецептуре дорогостоящего диоксида титана, позволяет повысить такие показатели покрытий, как атмосферостойкость и прочность к механическим воздействиям [3, 4]. Однако следует отметить, что наряду с улучшением значений вышеуказанных показателей введение каолина обуславливает и снижение показателей – водо- и влагопоглощения покрытий.

Волластонит – минерал с игольчатой структурой, введение его в состав защитных покрытий способствует увеличению их физико-механических свойств, в частности адгезионной прочности, при этом отмечается ухудшение показателя укрывистости.

Сравнительный анализ результатов испытаний лакокрасочных покрытий, модифицированных наполнителями: каолином и волластонитом, (табл.) показал, что наполнение волластонитом способствует улучшению основных эксплуатационных показателей лакокрасочных покрытий: отмечается значительное снижение смываемости, водо- и влагопоглощения – в 2-2,7 раза, а также увеличение адгезионной прочности лакокрасочных покрытий к цементно-песчаной и стальной поверхностям.

С целью регулирования свойств покрытий, а также возможности проявления аддитивного или синергетического эффектов, нами проведено наполнение лакокрасочной композиции каолином и волластонитом. Кроме того, учитывая более высокую (по сравнению с каолином) стоимость волластонита, введение каолина является рациональным, с точки зрения снижения стоимости композиции и сохранения уровня защитных характеристик.

Таблица

**Результаты испытаний лакокрасочных покрытий
на основные эксплуатационные характеристики лакокрасочных покрытий**

Показатели свойств	Значение показателей	
	СА-В	СА-К
Укрывистость, г/м ²	72	76
Смываемость, г/м ²	4,6	10,6
Водопоглощение, %	4	7,6
Влагопоглощение, %	3,6	10
Адгезионная прочность, МПа:		
ЦПР	1,53	1,09
С245	1,55	0,8

Как отмечалось выше, исследование влияния наполнителя на свойства лакокрасочных покрытий проводили путем частичной замены в рецептуре волластонита на каолин в количестве 25, 50, 75 и 100 %.

Анализируя результаты по укрывистости (рис. 1а) следует отметить увеличение значений показателя, при его замене в количестве 50 %, что, по-видимому, обусловлено способностью кристаллов волластонита агрегировать вокруг себя частицы других наполнителей [10]. Это свойства игольчатого минерала способствует образованию более плотной структуры покрытий, а, следовательно, и повышению стойкости к механическому воздействию – смываемости, что наиболее заметно при содержании каолина 20-30 % (рис. 1б).

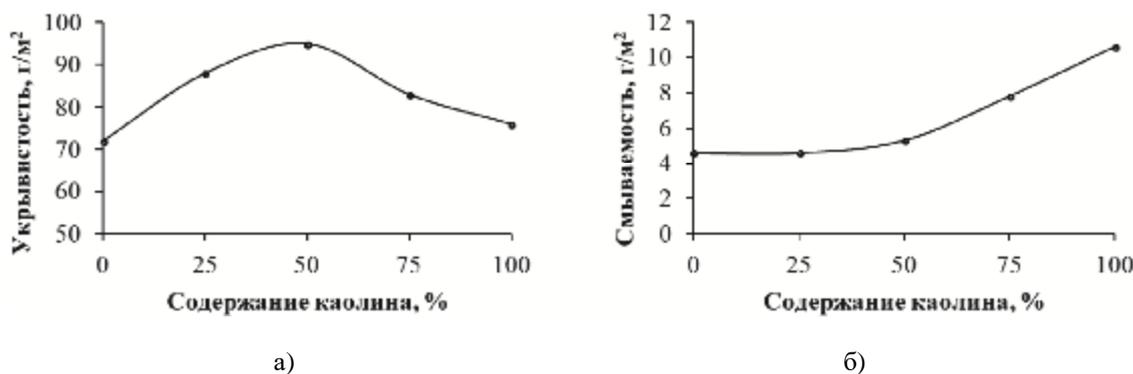


Рис. 1. Укрывистость и смываемость покрытий,
наполненных каолином в различных количественных соотношениях

Для лакокрасочных покрытий, предназначенных для наружной отделки, одним из важных показателей является их стойкость к воздействию воды в виде сплошной (дожди) и газообразной (туманы, испарения) фаз, в связи с чем, проводилось определение водо- (W_n) и влагопоглощения ($W_{пл}$).

При анализе результатов W_n и $W_{пл}$ установлено (рис. 2), что увеличение содержания каолина обуславливает повышение значений водо- и влагопоглощения в 2-3 раза, что наиболее заметно при наполнении в количестве 50-100 %. Следует обратить внимание на снижение уровня значений влагопоглощения (3,1 %) и увеличение этих значений по сравнению с показателем водопоглощения. Очевидно, это связано с особенностями структурного формирования покрытий: одновременным протеканием процессов диффузионного и агрегационного характеров.

Одной из важных физико-механических характеристик является адгезионная прочность (АП) покрытий, так как она косвенно может характеризовать долговечность лакокрасочных покрытий.

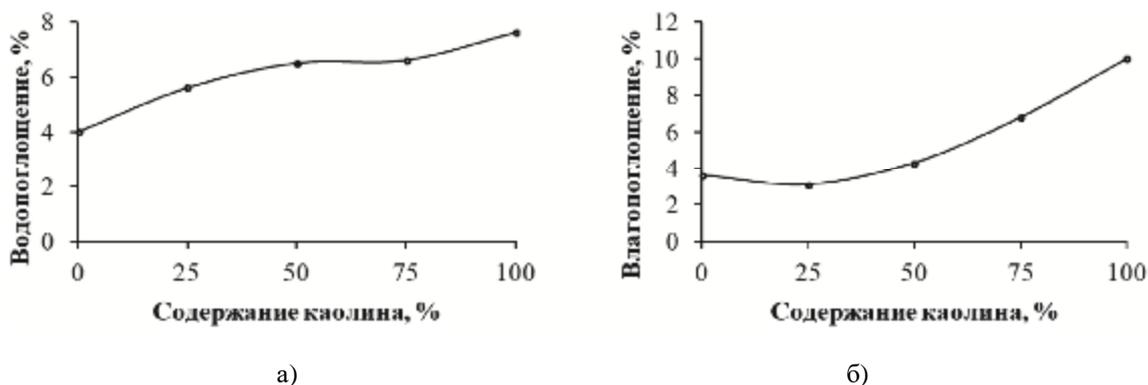


Рис. 2. Водо- и влагопоглощение покрытий, наполненных каолином в различных количественных соотношениях

Известно [11, 12], что адгезионная прочность между пленкообразователем и металлом происходит по функциональным группам полимера и атомам металла на поверхности субстрата. Анализ результатов адгезионной прочности к металлической поверхности (рис. 3) показал, что наиболее значимое повышение АП происходит при содержании каолина в количестве 20-30 % – в 1,8-2,1 раза. Полученные результаты можно объяснить появлением большего количества функциональных групп пленкообразователя, что вызвано способностью волластонита образовывать агрегаты с каолином.

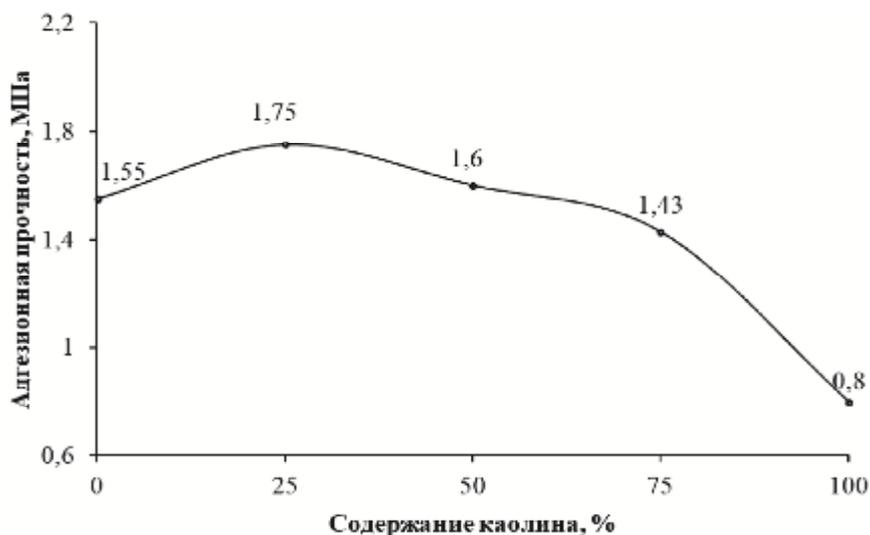


Рис. 3. Адгезионная прочность покрытий, наполненных каолином в различных количественных соотношениях к стальной поверхности

Очевидно, что проявление описанного эффекта окажет негативное влияние на адгезионную прочность лакокрасочных покрытий в случае нанесения их на пористую подложку, что подтверждается результатами по определению АП к цементно-песчаной поверхности (рис. 4). Частичная замена волластонита на каолин способствует повышению адгезионной прочности покрытий с 1,53 до 1,64 МПа. Можно предположить, что образование агрегатов между частицами игольчатого минерала и более дисперсными – каолина приводит к перекрыванию ими пор на цементно-песчаной поверхности в связи, с чем повышение АП происходит незначительно. Дальнейшее снижение адгезионной прочности при повышении содержания каолина обусловлено увеличением содержания в полимерной матрице мелкодисперсных частиц.

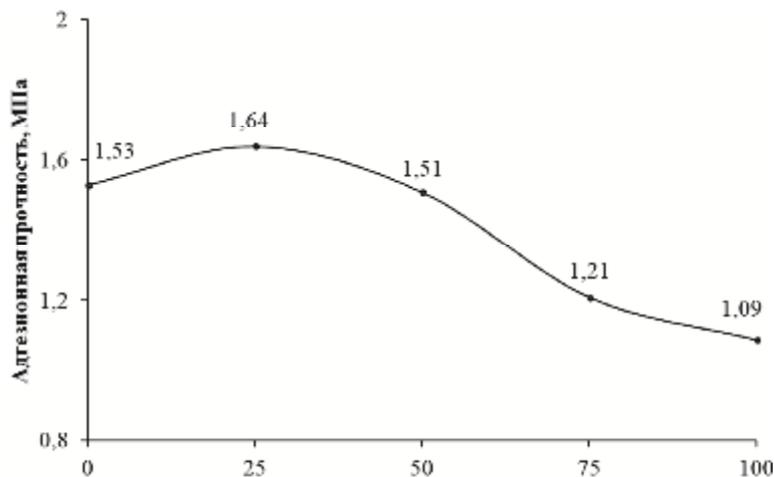


Рис. 4. Адгезионная прочность покрытий, наполненных каолином в различных количественных соотношениях к цементно-песчаной поверхности

Таким образом, показано, что наполнение покрытий волластонитом способствует увеличению уровня показателей свойств лакокрасочных покрытий – значительное повышение значений происходит для показателей адгезионной прочности к высокополярным субстратам (сталь и бетон), смываемости, влагопоглощения. Однако учитывая высокую стоимость игольчатого наполнителя рациональным является частичная замена его на каолин, как минерал, обладающий более низкой стоимостью, чем волластонит, и одной с ним химической природы – силикат. Показано, что введение двух наполнителей одной химической природы, но с разной геометрией частиц может способствовать проявлению аддитивного эффекта, что в дальнейшем позволит регулировать рецептуру полимерных композиционных материалов с целью получения покрытий с заданными характеристиками.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о возможном проявлении аддитивного характера взаимодействия между силикатными наполнителями – каолином и волластонитом. Введение в состав рецептуры композиции наполнителя игольчатой структуры, по-видимому, позволяет нивелировать низкие значения свойств покрытий, наполненных каолином, без значительного ухудшения, а в некоторых случаях и улучшения значений их основных эксплуатационных показателей. Полученные результаты свидетельствуют о возможности регулирования рецептур стирол-акриловых композиций с целью получения лакокрасочных покрытий с заданным уровнем характеристик или модифицировать их с целью снижения стоимости без ухудшения защитных свойств.

Список библиографических ссылок

1. Ehrenstein G. W., Pongratz S. Resistance and stability of polymers. Munich : Hanser Publishers, 2013. 1459 p.
2. Яковлев А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. СПб. : Химиздат, 2008. 448 с.
3. Xanthos M. Functional Fillers for Plastics. Second edition. Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010. 531 p.
4. Rothon R. N. Fillers for polymer applications. Chester : Springer, 2017. 489 p.
5. Разговоров П. Б. Инфракрасные спектры систем на основе активированного каолина // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2007. Т. 50. № 6. С. 39–42.

6. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Галаутдинов А. Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // *Строительные материалы*. 2015. № 5. С. 20–23.
7. Строганов В. Ф., Амельченко М. О., Лыгина Т. З., Наумкина Н. И. Возможность регулирования технологических и эксплуатационных свойств стирол-акриловых ЛКМ при применении каолинов различных видов активации // *Известия КГАСУ*. 2016. № 2 (36). С. 207–211.
8. Коробщикова Т. С., Орлова Н. А. Исследование влияния фактора анизотропии волластонита на прочностные характеристики полимерных материалов // *Ползуновский вестник*. 2011. № 4/2. С. 273–275.
9. Somtürk S. M., Emek I. C., Senler S., Eren M., Zeki Kurt S., Orbay M. Effect of wollastonite extender on the properties of exterior acrylic paints // *Progress in organic coatings*. 2016. Vol. 93. P. 34–40.
10. Тильнина В. А., Ткач В. Р., Эйрих В. И. Волластонит – уникальное минеральное сырье многоцелевого назначения. М. : Руды и металлы, 2003. 144 с.
11. Степин С. Н., Николаева Т. В., Катнов В. Е. Водная стирол-акриловая дисперсия для антикоррозионных покрытий // *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2014. № 7. С. 25–28.
12. Николаева Т. В., Родионов Д. А., Степин С. Н. Новая дисперсия ООО «ПКФ «Оргхимпром» для производства высококачественных антикоррозионных грунтовок // *Лакокрасочная промышленность*. 2008. № 6. С. 7–10.

Stroganov Victor Fedorovich

doctor of chemical sciences, professor

E-mail: svf08@mail.ru

Amelchenko Maxim Olegovich

candidate of technical sciences, assistant

E-mail: colbasa-disabled@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Effect of silicate fillers on the properties of styrene-acrylic coatings**Abstract**

Problem statement. Protection of building construction and structures with paint and lacquer materials, in particular styrene-acrylic, is one of the most common methods against corrosion. It is known that the level of performance of coatings is largely determined by the content of fillers in their structure, which may have different geometric shapes of particles. The aim of the study is to carry out a comparative analysis of the change in the level of properties of styrene-acrylic copolymers filled by silicate minerals with different geometric shapes and coatings based on them.

Results. The main performance characteristics of styrene-acrylic paint coatings, filled by kaolin and wollastonite, possessing the same chemical nature – silicates, but with different geometric shapes of particles – were investigated. It is shown that the acicular structure of wollastonite allows a significant increase in the level of physical and operational properties of paint coatings. Partial replacement of wollastonite in an amount of 25 % by kaolin contributes to a significant improvement in the basic performance properties of paint coatings.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is that the use of fillers with different geometric shapes of particles can promote the manifestation of additive or synergistic effects, which in turn will allow to regulate the formulation in order to obtain coatings with a specified level of performance.

Keywords: kaolin, wollastonite, silicate fillers, styrene-acrylic copolymers, polymer coatings.

References

1. Ehrenstein G. W., Pongratz S. Resistance and stability of polymers. Munich : Hanser Publishers, 2013. 1459 p.
2. Yakovlev A. D. Chemistry and technology of paint and lacquer coatings. SPb. : Himizdat, 2008. 448 p.
3. Xanthos M. Functional Fillers for Plastics. Second Edition. Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010. 531 p.
4. Rotho R. N. Fillers for polymer applications. Chester : Springer, 2017. 489 p.
5. Razgovorov P. B. Infrared spectra of systems based on activated kaolin // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya: Himiya i himicheskaya tekhnologiya. 2007. Vol. 50. № 6. P. 39–42.
6. Izotov V S., Mukhametrahimov R. H., Galautdinov A. R. Investigation of the effect of active mineral additives on the rheological and physico-mechanical properties of a gypsum cement-pozzolanic astringent // Stroitel'nye materialy. 2015. № 5. P. 20–23.
7. Stroganov V. F., Amel'chenko M. O., Lygina T. Z., Naumkina N. I. Possibility of regulation of technological and performance characteristics styrene-acrylic paints and lacquers materials filled by kaolins of different types of activation // Izvestiya KGASU. 2016. № 2 (36). P. 207–211.
8. Korobshchikova T. S., Orlova N. A. Investigation of the influence of the anisotropy factor of wollastonite on the strength characteristics of polymer materials // Polzunovskij vestnik. 2011. № 4/2. P. 273–275.
9. Somtürk S. M., Emek I. C., Senler S., Eren M., Zeki Kurt S., Orbay M. Effect of wollastonite extender on the properties of exterior acrylic paints // Progress in organic coatings. 2016. Vol. 93. P. 34–40.
10. Til'nina V. A., Tkach V. R., Eirikh V. I. Wollastonite – unique multi-purpose mineral raw materials. M. : Rudy i metally, 2003. 144 p.
11. Stepin S. N., Nikolaeva T. V., Catnov V. E. Water styrene-acrylic dispersion for anticorrosion coatings // Lakokrasochnye materialy i ih primeneniye. 2014. № 7. P. 25–28.
12. Nikolaeva T. V., Rodionov D. A., Stepin S. N. The new dispersion by PKF Orgkhimprom LLC for the production of high-quality anticorrosive primers // Lakokrasochnaya promyshlennost'. 2008. № 6. P. 7–10.

УДК 691.311: 691.54: 666.952

Халиуллин Марат Ильсурович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

Файзрахманов Ильдар Идрисович

аспирант

E-mail: faizрахmanov92@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

**Влияние молотого известняка
на свойства композиционного гипсового вяжущего
с применением термоактивированной глины
в качестве пуццоланового компонента**

Аннотация

Постановка задачи. Целью настоящей работы явилось исследование влияния добавки молотого известняка на основные физико-механические свойства композиционного гипсового вяжущего, в состав которого в качестве гидравлических компонентов входят портландцемент и пуццолановая добавка термоактивированной глины, для сокращения расхода более дорогостоящих обжиговых компонентов вяжущего.

Результаты. С применением стандартных методов исследования строительных материалов получены зависимости, характеризующие влияние добавки молотого известняка на водопотребность композиционного гипсового вяжущего, плотность, прочность, водопоглощение, водостойкость искусственного камня на его основе. Установлено, что введение в состав композиционного гипсового вяжущего известняка при удельных поверхностях 500-800 м²/кг в количестве до 5-10 % по массе вызывает увеличение прочности при сжатии на 15 % по сравнению с контрольными образцами. При введении до 10-15 % по массе известняка с дисперсностью, соответственно, 300 и 500-800 м²/кг прочность остается на уровне бездобавочных образцов с сохранением показателя коэффициента размягчения, отвечающего водостойким вяжущим.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в получении композиционного гипсового вяжущего с добавкой молотого известняка определенной дисперсности, введение которой обеспечивает получение показателей прочности и водостойкости вяжущего на уровне бездобавочных образцов при снижении расхода дорогостоящих обжиговых компонентов.

Ключевые слова: композиционное гипсовое вяжущее, молотый известняк, минеральный наполнитель, коэффициент размягчения, удельная поверхность.

Введение

Получение и применение минеральных вяжущих веществ с введением пуццолановых добавок для повышения показателей свойств известно еще в эпоху Древних Египта и Рима. Исследованиями, выполненными в 30-50-е годы XX века научными школами П.П. Будникова, А.В. Волженского, А.В. Ферронской и других, показано, что наиболее эффективным способом повышения водостойкости и прочности материалов на основе гипсовых вяжущих является применение гипсоцементнопуццолановых композиций [1-2]. Дальнейшее развитие исследований по получению водостойких материалов и изделий на основе гипсовых вяжущих связано с созданием композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) [3-5].

В конце XX века в качестве высокоактивной пуццолановой добавки в составе цементных и гипсовых композиций находят применение метакаолин, но месторождения каолиновых глин имеют ограниченное распространение, что снижает доступность и способствует увеличению стоимости добавки метакаолина. Подобная проблема существует и для других известных видов эффективных пуццолановых добавок.

В связи с этим, актуальной проблемой для получения КГВ с высокими показателями водостойкости, является поиск доступных и эффективных пуццолановых добавок. В последние годы в ряде стран мира выполняются исследования, направленные на получение пуццолановых добавок из термоактивированного глинистого сырья с различным содержанием каолинита.

Введение в состав вяжущих минеральных наполнителей взамен части более дорогих обжиговых составляющих является одним из направлений экономии энергозатрат при производстве вяжущих и снижения их стоимости. В ряде работ по исследованию влияния минеральных наполнителей различной природы на свойства гипсовых вяжущих показана эффективность применения добавки молотого известняка [6]. В работах [7-9] установлено, что эффективность добавок карбонатных наполнителей в цементные композиции повышается при их введении совместно алюмосодержащими добавками, например, шлаками, термоактивированными глинами и др.

Целью настоящей работы явились исследования по определению влияния на основные свойства КГВ с термоактивированной глиной в качестве пуццоланового компонента содержания и дисперсности добавки молотого известняка, для сокращения расхода более дорогостоящих обжиговых компонентов вяжущего без существенного снижения показателей его свойств.

Методы и материалы

Приготовление КГВ осуществлялось смешением компонентов гипсоцементнопуццолановой композиции, добавки гиперпластификатора Melflux 2651 F и минерального наполнителя – известняка.

В качестве компонентов гипсоцементнопуццолановой композиции в составе КГВ использовались:

- гипс строительный марки Г-5БП по ГОСТ 125;
- портландцемент марки ПЦ 500-Д0-Н по ГОСТ 10178;
- глина Сарай-Чекурчинского месторождения, подвергнутая термоактивированию.

Исходный химический состав глины (в % по массе): SiO_2 – 52,84; TiO_2 – 0,86; Al_2O_3 – 13,42; Fe_2O_3 – 6,18; MnO – 0,10; CaO – 1,33; MgO – 1,66; Na_2O – 1,20; K_2O – 1,82; P_2O_5 – 0,09; SO_3/S – <0,05; ппп – 4,62. Исходный минералогический состав глины (в % по массе): кварц – 28; слюда – 10; ортоклаз – 7; плагиоклаз – 8; смешанно-слоистый глинистый минерал – 40; хлорид – 4. Исходный гранулометрический состав глины (в % по массе): глинистых фракций – 49,5; пылевидных – 37,1; песчаных – 13,4.

Термическая активация глины согласно результатам ранее выполненных исследований [2] выполнялась в муфельной лабораторной печи при температуре 400 °С в течение 4 часов при скорости нагрева 1,7 °С в минуту. Подвергнутая термоактивации глина размалывалась в лабораторной планетарной мельнице до достижения дисперсности, характеризуемой показателями удельных поверхностей 300, 500 и 800 м²/кг.

В состав КГВ вводилась добавка гиперпластификатора Melflux 2651 F в твердом агрегатном состоянии производства BASF Constraction Polymers в количестве 0,8 % от массы вяжущего [2].

В работе исследовано введение в качестве минерального наполнителя в состав КГВ добавки известняка, добываемого ООО «Добрятинское карьероуправление» (Владимирская область) по ТУ 5743-002-37479474-2014. Минералогический состав известняка (в % по массе): CaCO_3 – 92,9; MgCO_3 – 4,1; глина и мелкие пылевидные фракции – 3. Известняк предварительно размалывался в планетарной мельнице до удельных поверхностей 300, 500 и 800 м²/кг.

Определение необходимого количества добавки термоактивированной глины в составе гипсоцементнопуццолановой композиции осуществлялось по методике, предложенной в МИСИ им. В.В. Куйбышева [4].

Испытания КГВ выполнялись по ГОСТ 23789. Образцы для испытания на определение прочности, средней плотности, водопоглощения по массе, коэффициента размягчения выдерживались в камере нормального твердения в течение 28 суток, после чего высушивались при 55 °С до достижения постоянной массы. Коэффициент размягчения определялся по методике ТУ 21-0284757.

Результаты и обсуждение результатов

Результаты выполненных исследований по определению необходимого количества добавки термоактивированной глины Сарай-Чекурчинского месторождения, размолотой до достижения удельной поверхности 200, 300, 500 и 800 м²/кг, для получения гипсоцементнопуццолановой композиции, показали (рис. 1), что с увеличением тонкости помола необходимое содержание пуццолановой добавки уменьшается от 30 до 10 % от массы гипсоцементнопуццолановой композиции или от 100 до 30 % от массы портландцемента.

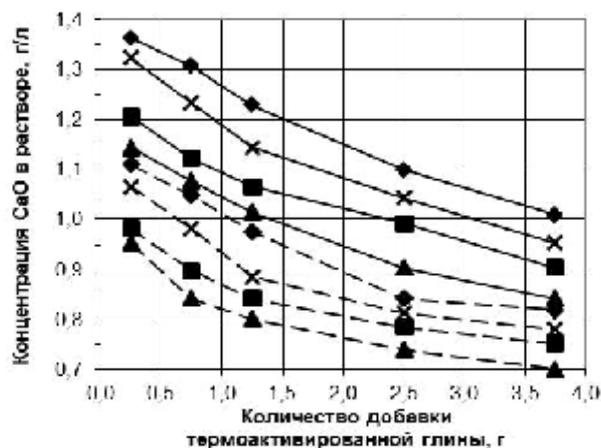


Рис. 1. Кинетика поглощения CaO добавкой термоактивированной глины:
концентрация CaO в растворе для препаратов:
1, 2, 3, 4 — 5 суточного возраста; 5, 6, 7, 8 — 7 суточного возраста.
Удельная поверхность термоактивированной глины, м²/кг:
1, 5 — 200; 2, 6 — 300; 3, 7 — 500; 4, 8 — 800

На рис. 2 представлены результаты исследований по определению необходимого количества известной высокоэффективной пуццолановой добавки метакеолина для получения гипсоцементнопуццолановой композиции.

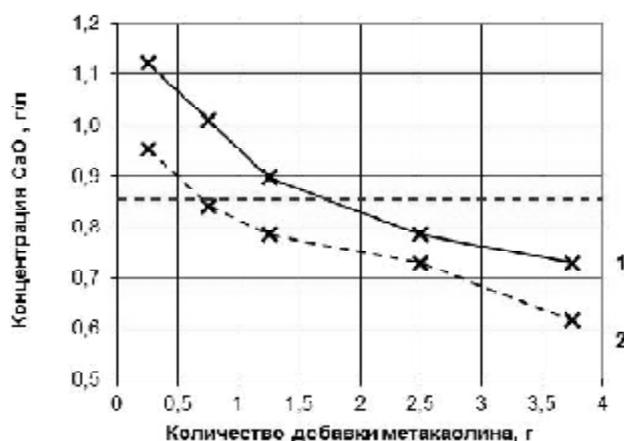


Рис. 2. Кинетика поглощения CaO добавкой метакеолина:
концентрация CaO в растворе для препаратов: 1 — 5 суточного возраста; 2 — 7 суточного возраста

Представленные данные демонстрируют, что необходимое содержание метакеолина составляет 30 % от массы портландцемента, что сопоставимо с полученными результатами для ранее рассмотренной добавки термоактивированной глины, размолотой после обжига до удельной поверхности 800 м²/кг и демонстрируют ее достаточно высокую эффективность в качестве пуццоланового компонента.

На следующем этапе работы с целью снижения содержания дорожных обжиговых компонентов в составе КГВ и его стоимости исследовано влияние на свойства вяжущего введения добавки минерального наполнителя – молотого известняка.

Результаты исследований влияния введения добавки молотого известняка различной дисперсности в количестве до 20 % на основные физико-механические свойства КГВ представлены на рис. 3-6.

По данным исследований происходит увеличение водопотребности КГВ с 27 до 28 % при введении свыше 15 % по массе добавки известняка, размолотого до удельных поверхностей 300 и 500 м²/кг и свыше 5 % известняка, размолотого до удельной поверхности 800 м²/кг.

При введении до 10 % по массе известняка с удельной поверхностью 300 м²/кг прочность при сжатии искусственного камня на основе КГВ сохраняется на уровне контрольных образцов без введения известняка (рис. 3). Дальнейшее увеличение содержания известняка данной дисперсности приводит к монотонному снижению прочностных показателей искусственного камня. При введении добавки известняка в количестве до 10 % по массе при удельной поверхности 500 м²/кг, а также до 5 % по массе при удельной поверхности 800 м²/кг прочность искусственного камня повышается на 15 % по сравнению с контрольными образцами. При содержании в составе вяжущего добавки известняка, размолотого до удельных поверхностей 500 и 800 м²/кг, в количестве до 15 % по массе прочность искусственного камня сохраняется на уровне контрольных образцов с дальнейшим ее снижением при увеличении содержания известняка.

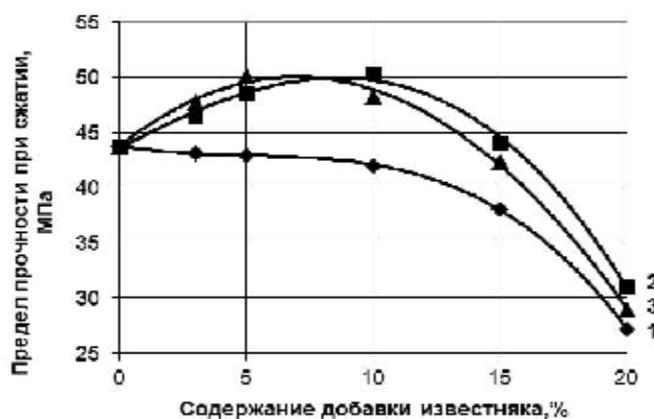


Рис. 3. Влияние содержания молотого известняка на прочность при сжатии искусственного камня на основе КГВ. Удельная поверхность известняка, м²/кг: 1 – 300; 2 – 500; 3 – 800



Рис. 4. Влияние содержания молотого известняка на плотность искусственного камня на основе КГВ. Удельная поверхность известняка, м²/кг: 1 – 300; 2 – 500; 3 – 800

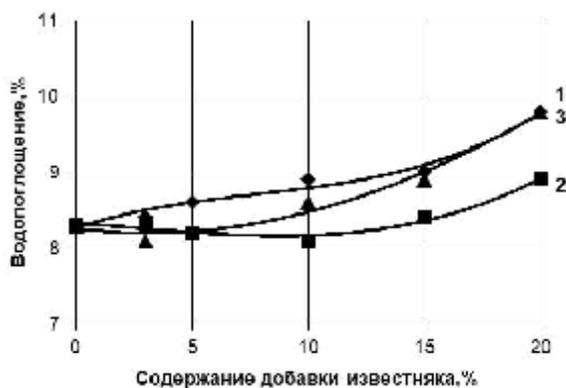


Рис. 5. Влияние содержания молотого известняка на водопоглощение по массе искусственного камня на основе КГВ.

Удельная поверхность известняка, м²/кг: 1 – 300; 2 – 500; 3 – 800

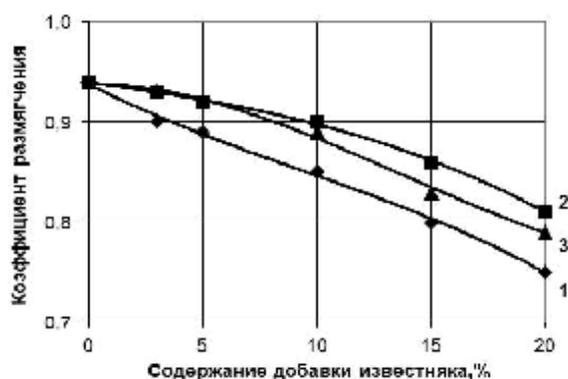


Рис. 6. Влияние содержания молотого известняка на водостойкость искусственного камня на основе КГВ.

Удельная поверхность известняка, м²/кг: 1 – 300; 2 – 500; 3 – 800

Наблюдаемый характер изменения прочностных показателей искусственного камня на основе КГВ при введении определенных количеств известняка с различной удельной поверхностью может быть объяснен описанным в работах В.И. Соломатова и Л.И. Дворкина [8] эффектом, обусловленным тем, что некоторый объем наполнителей с оптимальным размером частиц в сочетании с частицами вяжущего участвует в образовании кластерных структур, способствуя упорядочению структуры, снижению поврежденности и повышению прочностных характеристик композиционных строительных материалов. При этом, по мере повышения дисперсности, кристаллохимической близости к вяжущему, увеличивается эффективность частиц наполнителей как подложек направленного кристаллообразования при формировании структуры искусственного камня [10].

О возможности влияния молотого известняка на процессы структурообразования искусственного камня на основе КГВ в соответствии с вышеназванными механизмами, обеспечивающими повышение прочностных показателей, может свидетельствовать увеличение плотности образцов при введении добавки известняка в количестве 10 % по массе при удельной поверхности 500 м²/кг и 5 % по массе при удельной поверхности 800 м²/кг с 2052 кг/м³ для контрольного бездобавочного образца до, соответственно, 2163 и 2157 кг/м³ (рис. 4) при некотором снижении водопоглощения (рис. 5).

По данным, приведенным на рис. 6, увеличение содержания молотого известняка рассмотренной дисперсности в составе КГВ вызывает постепенное снижение коэффициента размягчения искусственного камня на его основе. При этом при содержании известняка с удельными поверхностями 500 и 800 м²/кг до 20 % по массе показатель коэффициента размягчения образцов остается на уровне 0,8, то есть КГВ продолжает относиться к водостойким.

Заключение

Введение в составе КГВ на основе гипсоцементнопуццолановой композиции с термоактивированной глиной в качестве пуццоланового компонента молотого до удельных поверхностей 500-800 м²/кг известняка в количестве 5-10 % по массе при сохранении водопотребности вяжущего приводит к увеличению прочности при сжатии на 15 % по сравнению с контрольными образцами без введения известняка.

При введении известняка с удельной поверхностью 300 м²/кг до 10 % по массе или до 15 % по массе с удельной поверхностью 500-800 м²/кг прочность сохраняется на уровне бездобавочных образцов с сохранением показателя коэффициента размягчения на уровне водостойких вяжущих.

Дальнейшее увеличение содержания молотого известняка в составе КГВ приводит к постепенному увеличению водопотребности вяжущего, снижению прочности, плотности, коэффициента размягчения.

Таким образом, введение добавки известняка в оптимальных количествах и дисперсности обеспечивает получение показателей прочности и водостойкости КГВ на уровне бездобавочных образцов при снижении расхода более дорогостоящих обжиговых минеральных компонентов вяжущего.

Список библиографических ссылок

1. Белов В. В., Бурьянов А. Ф., Яковлев Г. И., Петропавловская В. Б., Фишер Х.-Б., Маева И. С., Новиченкова Т. Б. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция. М. : Де Нова. 2012. 196 с.
2. Рахимов Р. З., Халиуллин М. И., Гайфуллин А. Р. Состав и гидравлическая активность керамзитовой пыли // Цемент и его применение. 2013. № 1. С. 124–128.
3. Токарев Ю. В., Гинчицкий Е. О., Яковлев Г. И., Бурьянов А. Ф. Эффективность модификации гипсового вяжущего углеродными нанотрубками и добавками различной дисперсности // Строительные материалы. 2015. № 6. С. 84–87.
4. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Галаутдинов А. Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 20–23.
5. Хасимова А. С., Морозова Н. Н., Хозин В. Г. Литой бетон на основе композиционного гипсового вяжущего // Сухие строительные смеси. 2015. № 3. С. 22–24.
6. Алтыкис М. Г., Халиуллин М. И., Рахимов Р. З., Морозов В. П., Бахтин А. И. Влияние карбонатных наполнителей на свойства ангидритового вяжущего // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1998. № 2. С. 51–53.
7. Antoni M., Rossen J., Martirena F., Scrivener K. Cement substitution by a combination of metakaolin and limestone // Cement and Concrete Research. 2012. Vol. 42. P. 1579–1589.
8. Zhang S., Lu D., Xu Z. Effect of dolomite powders on the hydration and strength properties of cement mortars: proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement / Beijing, China, 2015. P. 318.
9. Nocun-Wczelik W., Szybalski M., W. Zugaj E. Hydration of Portland cement with Dolomite: proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement / Beijing, China, 2015. P. 320.
10. Дворкин Л. И., Соломатов В. И., Выровой В. Н., Чудновский С. М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. К. : Будивельник, 1996. 136 с.

Khaliullin Marat Isurovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

Faizrakhmanov Ildar Idrisovich

post-graduate student

E-mail: faizrakhmanov92@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

The effect of ground limestone on the properties of a composite gypsum binder using thermally activated clay as a pozzolan component

Abstract

Problem statement. The purpose of this work is to study the effect of addition of ground limestone on the basic physical and mechanical properties of the composite gypsum binder, which includes Portland cement and pozzolanic additive of thermally activated clay as hydraulic components to reduce the consumption of more expensive firing components of the binder.

Results. With the use of standard methods for the study of building materials, the dependences characterizing the effect of the addition of ground limestone on the water demand of the composite gypsum binder, density, strength, water absorption, water resistance of the artificial stone on its basis are obtained. It was found that the introduction of a composite gypsum binder limestone into the composition at specific surfaces of 500-800 m²/kg in an amount of up to 5-10 % by weight causes an increase in compressive strength by 15 % compared to the control samples. With the introduction of up to 10-15 % by weight of limestone with a dispersion, respectively, 300 and 500-800 m²/kg, the strength remains at the level of non-additive samples with the preservation of the softening coefficient corresponding to the water-resistant binder.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is to obtain a composite gypsum binder with the addition of ground limestone of a certain dispersion, the introduction of which provides indicators of strength and water resistance of the binder at the level of non-additive samples with a reduction in the consumption of expensive firing components.

Keywords: composite gypsum binder, ground limestone, mineral filler, softening coefficient, specific surface area.

References

1. Belov V. V., Buryanov A. F., Yakovlev G. I., Petropavlovskaya V. B., Fisher H.-B., Maeva I. S., Novichenkova T. B. Modification of the structure and properties of building composites based on calcium sulfate. M. : De Nova, 2012. 196 p.
2. Rachimov R. Z., Khaliullin M. I., Gayfullin A.R. Structure and hydraulic activity of a claydite dust // Cement i ego primeneniye. 2013. № 1. P. 124–128.
3. Tokarev Yu. V., Ginchitsky E. O., Yakovlev G. I. Burianov A. F. Efficiency of Modification of a Gypsum Binder with Carbon Nanotubes and Additives of Various Dispersity // Stroitelnye materialy. 2015. № 6. P. 84–87.
4. Izotov V. S., Muhametrahimov R. Kh., Galautdinov A. R. Study of Influence of Active Mineral Additives on Rheological and Physical-Mechanical Properties of a Gypsum-Cement-Pozzolanic Binder // Stroitelnye materialy. 2015. № 5. P. 20–23.
5. Khasimova A. S., Morozova N. N., Khozin V. G., Vlasov V. V. Cast concrete based on composite gypsum binder // Suhie stroitelnye smesi. 2015. № 3. P. 22–24.
6. Altykis M. G., Khaliullin M. I., Rachimov R. Z., Morozov V. P., Bakhtin A. I. Effect of carbonate fillers on properties of anhydrite binder // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenii. Stroitelstvo. 1998. № 2. P. 51–53.
7. Antoni M., Rossen J., Martirena F., Scrivener K. Cement substitution by a combination of metakaolin and limestone // Cement and Concrete Research. 2012. Vol. 42. P. 1579–1589.
8. Zhang S., Lu D., Xu Z. Effect of dolomite powders on the hydration and strength properties of cement mortars: proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement / Beijing. China, 2015. P. 318.
9. Nocun-Wczelik W., Szybalski M., W. Zugaj E. Hydration of Portland cement with Dolomite: proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement / Beijing. China, 2015. P. 320.
10. Dvorkin L. I., Solomatov V. I., Vyrovoy V. N., Chudnovsky S. M. Cement concrete with mineral fillers. K. : Budivel'nik, 1996. 136 p.

УДК 691.311-41

Мухаметрахимов Рустем Ханифович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: muhametrahimov@mail.ru

Галаутдинов Альберт Радикович

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: galautdinov89@mail.ru

Лукманова Лилия Валиевна

инженер

E-mail: lilya0503199@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Структура и свойства гипсоцементно-пуццолановой матрицы, армированной целлюлозными волокнами

Аннотация

Постановка задачи. Для наружной и внутренней отделки зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения применяются различные листовые материалы и изделия. Особый интерес среди них представляют изделия на основе гипсового вяжущего, которое обладает уникальной отечественной минерально-сырьевой базой, значительным количеством разведанных запасов и невысокой стоимостью производства. Однако в настоящее время наблюдается снижение потребления таких изделий. Этим обусловлен значительный интерес к повышению качества и объема производимых и потребляемых изделий на основе гипсового и смешанных вяжущих на его основе. Цель исследования – изучить влияние степени распушки и содержания целлюлозных волокон на структуру и свойства гипсоцементно-пуццолановой матрицы.

Результаты. В работе изучена роль вида армирующих волокон в формировании структуры и свойств гипсоцементно-пуццолановых композитов. Показано положительное влияние целлюлозных волокон на свойства исследуемой модифицированной матрицы. Установлено, что наилучшие показатели пределов прочности при использовании целлюлозных волокон достигаются при их содержании в составе смеси в количестве 0,5-1 % от массы вяжущего и степени помола 30°ШР.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности получения листовых изделий на основе гипсового вяжущего с повышенными физико-механическими характеристиками за счет дисперсного армирования гипсоцементно-пуццолановой матрицы целлюлозными волокнами.

Ключевые слова: гипсоцементно-пуццолановое вяжущее, комплексная добавка, дисперсное армирование, целлюлозные волокна.

Введение

В настоящее время сохраняются высокие темпы строительства зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения. Для внутренней отделки вновь возводимых, а также реконструируемых зданий и сооружений применяются различные материалы и изделия, такие как фиброцементные плиты, сухие строительные смеси, гипсокартонные и гипсоволокнистые листы (ГКЛ и ГВЛ) и др. Особый интерес представляют изделия на основе гипсового вяжущего, который обладает уникальной отечественной минерально-сырьевой базой, значительным количеством разведанных запасов, невысокой стоимостью и экологичностью производства. Однако следует сказать о наметившейся тенденции к снижению потребления ГКЛ и ГВЛ. Так потребление данных изделий с 2006 г. снизилось на 43 %, что по нашему мнению связано с отсутствием на рынке строительных материалов листовых изделий на основе гипса с высокими эксплуатационными свойствами. При этом в настоящее время наблюдается рост и развитие рынка отделочных материалов, в том числе листовых.

Этим обусловлен значительный интерес к повышению качества и объема производимых и потребляемых изделий на основе гипсового вяжущего. В этой связи на первом этапе исследований изучена роль вида армирующих волокон в формировании структуры и свойств гипсоцементно-пуццолановых композитов. На втором этапе выполнены экспериментальные исследования влияния целлюлозных волокон на свойства гипсоцементно-пуццолановой матрицы (ГЦПМ). На третьем этапе изучены особенности формирования микроструктуры дисперсно-армированной ГЦПМ.

Роль вида армирующих волокон в формировании структуры и свойств гипсоцементно-пуццолановых композитов

Для устранения недостатков тонкостенных листовых изделий на основе цементных, гипсовых и смешанных вяжущих – невысокой прочности при изгибе, значительной хрупкости, высоких деформаций усадки/набухания в их состав вводятся различные армирующие материалы [1-4]. Эффективность армирования зависит как от вида армирующих волокон и их ориентировки в объеме материала [5, 6], так и от обволакивающего материала матрицы. В работе [7] показан опыт применения армирующих волокон для гипсовых строительных материалов, приведены составы и технология получения сухих смесей для самовыравнивающихся оснований полов с использованием полимерных волокон и комплекса модифицирующих добавок. В работах [8, 9] показана эффективность применения целлюлозных волокон с разной степенью распушки на эксплуатационные свойства прессованных, автоклавированных фиброцементных плит, производимых по мокрому способу.

Матрица в армированных композициях придает изделию необходимую форму, создает монолитный материал и, объединяя в одно целое многочисленные волокна, позволяет композиции воспринимать различного рода внешние нагрузки. Кроме того, матрица сама принимает участие в создании несущей способности композиции, обеспечивая передачу усилий на волокна [10].

При выборе волокон для дисперсного армирования необходимо учитывать не только технологичность, прочность, экономичность, но и долговечность, которая тесно связанная со стойкостью волокон в матрице и их адгезией к ней. Относительная прочность волокон на растяжение с уменьшением их диаметра увеличивается, поэтому для армирования применяют волокна минимальной толщины. По мнению авторов [11] наиболее эффективны волокна диаметром от 5 до 30 мкм с прочностью на растяжение в пределах 100-400 МПа.

По виду дисперсного армирования листовых изделий, согласно классификации И.И. Бернея [12], различают две основные разновидности: с рассеянным и связанным расположением волокон. При рассеянном расположении волокна находятся на таком расстоянии друг от друга, что каждое из них работает независимо. В листовых изделиях со связанным расположением волокон сцепление между ними в зонах контакта, возникающее в результате твердения вяжущего, создает условия для совместной работы волокон в таком материале. Рассеянное армирование может перейти в связанное при увеличении длины и числа волокон в единице объема.

В зависимости от ориентировки волокон материалы могут иметь несколько видов армирования. При рассеянном расположении арматуры – это объемное, направленно-объемное, плоскостное и направленно-плоскостное армирование, а при связанном расположении волокон – соответственно каркасное, направленно-каркасное, сетчатое и направленно-сетчатое. Определенная ориентировка волокон при объемном и каркасном видах армирования отсутствует. При плоскостном и сетчатом армировании волокна ориентированы в параллельных плоскостях. Если при любом из перечисленных видов армирования волокна приобретают ориентировку в каком-либо направлении, соответствующий вид армирования называется еще и направленным.

Указанные в данной классификации виды армирования не встречаются в чистом виде. Как правило, плоскостная ориентировка волокон бывает несовершенной, а направление волокон строго не выдерживается. Поэтому, рассматривая структуру дисперсно-армированного материала, можно говорить лишь о преобладании армирования того или иного вида.

Технические характеристики различных видов волокон, рассмотренных нами для дисперсного армирования гипсоцементно-пуццолановых систем, приведены в таблице.

Таблица

**Технические характеристики волокон
для дисперсного армирования гипсоцементно-пуццолановых систем**

Вид волокна	Плотность, г/см ³	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, МПа
Полипропиленовое	0,9	400-770	3500-8000
Полиэтиленовое	0,95	700	1400-4200
Нейлоновое	1,1	770-840	4200
Акриловое	1,1	210-420	2100
Полиэфирное	1,4	730-780	8400
Асбестовое	2,6	910-3100	68000
Целлюлозное	1,2	300-500	10000
Стеклоанное	2,6	3850	75000
Углеродное	2,0	2000	245000
Карбоновое	1,63	7800	380000
Полиамидное	0,9	720	1900
Вискозное	1,2	660	5600
Базальтовое	2,6	1600-3600	100000
Волластонит	2,9	200-400	10000
Кевларовое	1,45	3600	150000
Полиакрилонитрил	1,2	900	20000

Рассматривая данные виды волокон следует отметить, что нейлоновые, полиамидные, карбоновые и кевларовые волокна обладают множеством положительных свойств, такими как упругость, износостойкость, высокая прочность и др. Однако данные виды волокон имеют высокую стоимость [13]. В этой связи их применение для дисперсного армирования ГЦПМ приведет к значительному удорожанию готовой продукции.

Акриловые и полиакрилонитриловые волокна достаточно дешевы в производстве, но имеют тенденцию к скатыванию и комкованию, что затрудняет их применение в качестве дисперсного армирующего материала в связи с невозможностью их равномерного распределения в гипсоцементной матрице.

Эффективность применения волластонита в качестве армирующего компонента доказана для цементной матрицы материала. Однако отсутствуют данные об их влиянии на структуру и свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего (ГЦПВ). При этом известно, что при контакте с водой поверхность волластонита гидролизуеться, образуя гидроксид кальция. Можно ожидать, что введение волластонита в ГЦПВ помимо микроармирующего эффекта приведет к увеличению щелочности жидкой фазы и созданию условий для формирования высокоосновных гидросульфалюминатов кальция.

Применение базальтовых и стеклянных волокон для армирования ГЦПМ ограничивается ввиду имеющихся данных [14, 15] об их малой стойкости к химической коррозии в среде гипсоцементно-пуццоланового камня. Применение асбестовых волокон в работе не исследуется не смотря на их хорошие свойства, в связи со снижением спроса на изделия, содержащие асбестовые волокна, что связано с противоречивой информацией об их канцерогенности.

Высокая удельная поверхность углеродных волокон [16] приводит к их конгломерации в процессе изготовления дисперсно-армированных изделий и неравномерному распределению в объеме материала. Использование ультразвуковых диспергаторов для приготовления суспензий углеродных волокон в среде поверхностно-активных веществ позволяет в известной степени нивелировать данный недостаток. Однако при этом усложняется технология приготовления гипсоволокнистой смеси на основе диспергированных углеродных волокон.

Полипропиленовые волокна химически инертны, молекулы волокна не содержат реакционных групп. В этой связи, данные волокна не подвержены химической коррозии

[13, 17]. Данный тип волокон является гидрофобным, что положительно сказывается на водостойкости изделий, армированных полипропиленовыми волокнами. Преимущество этого волокна также в его невысокой стоимости по сравнению с аналогами. Однако данный тип волокон обладает малой огнестойкостью (начинает размягчаться при 140 °С, температура плавления 175 °С) [18].

Целлюлозное волокно является традиционно применяемым материалом для дисперсного армирования изделий на основе гипсоцементно-пуццоланового вяжущего. Целлюлозные волокна биопозитивны, обладают высокими адгезионными, в частности цементоудерживающими, и прочностными свойствами [19]. Однако в литературных данных отсутствуют экспериментальные исследования влияния степени помола целлюлозных волокон на физико-механические свойства изделий на основе низкомарочного гипсового вяжущего с пониженным содержанием портландцемента при их модификации химическими добавками. Кроме того не изучен вид дисперсного армирования изделий, формирование которых производится с применением литьевого способа.

На основе проведенного анализа различных видов волокон, рассмотренных нами для дисперсного армирования ГЦПМ на основе низкомарочного ГЦПВ, для дальнейших исследований приняты целлюлозные волокна.

Высокие технические показатели, химическая стойкость и малая масса целлюлозных волокон обуславливает значительный интерес к исследованию их в качестве дисперсно-армирующего материала гипсоцементно-пуццолановой матрицы. К тому же, отечественная промышленность имеет высокие объемы выпуска данного вида волокон. Это определяет необходимость изучения особенностей формирования структуры и свойств гипсоцементно-пуццолановой матрицы, армированной данным видом волокон.

Материалы и методы исследований

Для приготовления гипсоцементно-пуццоланового вяжущего использовали:

- строительный гипс марки Г6БП производства ООО «Аракчинский гипс»;
- портландцемент марки ПЦ500Д0 Белгородского цементного завода;
- минеральную добавку – метакраин с гидравлической активностью 1238 мг/г,

выбранный из широкого спектра природных и техногенных АМД с учетом выполненных ранее исследований [20-22].

Соотношение компонентов в составе композиционного вяжущего составило – гипс:ПЦ:АМД – 76:20:4 масс.ч.

Для приготовления разработанной полифункциональной комплексной добавки [23] использовали ГП «Одолит-К» производства ООО «Сервис-Групп» (ТУ 5745-01-96326574-08); СП «Бест-ТБ» производства ООО «Инновационные Технологии», гидрофобизирующую добавку «Этилсиликат-40» производства ОАО «Химпром» (ТУ 2435-427-05763441-2004).

В качестве волокнистого материала использовали целлюлозу хвойную сульфатную небеленую марки НСК-0, производства ОАО «Соломбальский ЦБК» по СТО 00279189-2-2007, предварительно распушенную до 20, 30, 50° ШР.

На первом этапе изучено влияние степени помола и содержания целлюлозных волокон на пределы прочности при изгибе ГЦПМ на основе низкомарочного ГВ с пониженным содержанием ПЦ. Количество воды затворения подбиралось до достижения НГ гипсоцементно-волокнистой смеси. На втором этапе изучали микроструктуру гипсоцементной матрицы, армированной целлюлозными волокнами и модифицированной разработанной полифункциональной КД.

Испытания на прочность при изгибе образцов гипсоволокнистых листов производились на образцах 400×300×10 мм по методике ГОСТ Р 51829-2001 «Листы гипсоволокнистые. Технические условия».

Оптические исследования полученных образцов гипсоцементно-пуццоланового камня проводились с помощью электронного растрового сканирующего микроскопа Philips XL-30. Оптические исследования проводились с целью изучения морфологии гидратных новообразований, поверхности структуры исследуемых гипсоцементных композиций и изменений происходящих в них, а также особенностей распределения волокон в матрице.

Экспериментальные исследования влияния целлюлозных волокон на свойства гипсоцементно-пуццолановой матрицы

Как известно, при роспуске целлюлозных волокон происходит их разлом, что оказывает влияние как на физико-механические характеристики волокон, так и на свойства дисперсно-армированных изделий на их основе [6]. Прочность целлюлозных волокон характеризуется их разрывной длиной. В работе [24] установлено, что при размоле целлюлозных волокон их разрывная длина резко растет в первой стадии размола, достигает максимума при степени размола 60-70° ШР, а затем начинает снижаться. Точка перегиба достигается тогда, когда дальнейшее развитие сил связи уже не может компенсировать падение прочности за счет снижения средней длины волокна и снижения прочности самого волокна, ослабленного размолом.

В ранее выполненных исследованиях [23, 25] разработана полифункциональная комплексная добавка, принятая для модификации исследуемой матрицы для дисперсного армирования. Применение полифункциональной КД, содержащей, поликарбоксилатный эфир «Одолит-К», суперпластификатор первой группы «Бест-ТБ» и водную гомогенную смесь олигоэтоксисилоксанов «Этилсиликат-40», позволяет существенно увеличить прочностные характеристики, водостойкость и морозостойкость гипсоцементно-пуццолановой матрицы, а также снизить ее водопоглощение. В настоящей работе изучено дисперсное армирование разработанной модифицированной матрицы целлюлозными волокнами.

Результаты экспериментальных исследований влияния степени помола и содержания целлюлозных волокон на относительный предел прочности при изгибе ГЦПМ приведены на рис. 1.

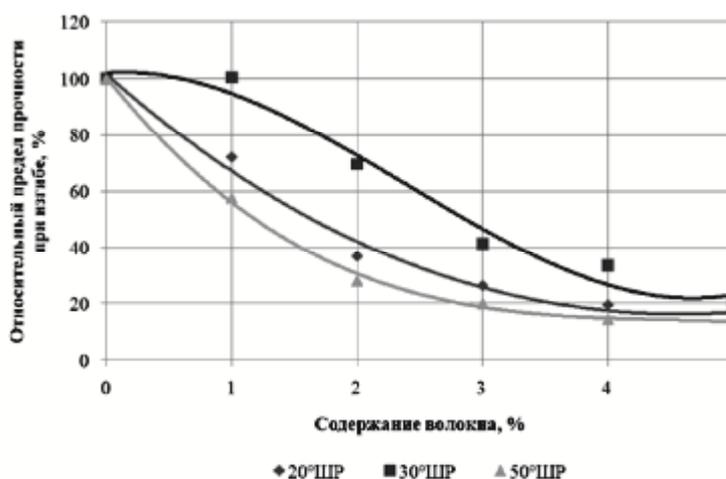


Рис. 1. Влияние степени помола и содержания целлюлозных волокон на относительный предел прочности при изгибе ГЦПМ

Зависимости влияния содержания целлюлозных волокон на относительный предел прочности при изгибе ГЦПМ при различной степени помола описываются полиномами третьей степени следующего вида:

$$R_{\text{изг}}(20^\circ\text{ШР}) = -0,0861x^3 + 4,869x^2 - 39,09x + 101,45;$$

$$R_{\text{изг}}(30^\circ\text{ШР}) = 1,7222x^3 - 12,438x^2 + 3,3587x + 102,02;$$

$$R_{\text{изг}}(50^\circ\text{ШР}) = -0,9111x^3 + 12,226x^2 - 55,729x + 100,43.$$

Анализ полученных зависимостей показывает, что целлюлозные волокна с различной степенью помола оказывают существенное влияние на пределы прочности при изгибе ГЦПМ. Оптимальный коэффициент фибрового армирования гипсоцементно-пуццолановой матрицы целлюлозными волокнами по критерию достижения требуемого предела прочности при изгибе в соответствии ГОСТ Р 51829-2001 составляет 0,5-1 % от массы вяжущего. Дальнейшее увеличение содержания целлюлозных волокон в составе смеси приводит к значительному снижению показателей прочности, что, на наш взгляд, связано с увеличением водопотребности смеси, комкованием волокон и их неравномерным распределением в гипсоцементно-пуццолановой матрице. Наилучшие показатели пределов

прочности при изгибе и сжатии достигаются при помоле целлюлозных волокон до 30°ШР. Дальнейшее увеличение степени помола, согласно полученным экспериментальным данным, приводит к снижению прочностных показателей готовых изделий, что по нашему мнению обусловлено тем, что степень поврежденности целлюлозного волокна увеличивается не пропорционально росту прочности связи.

Значительный интерес при этом представляет изучение особенностей формирования микроструктуры модифицированной гипсоцементной матрицы дисперсно-армированной целлюлозными волокнами с оптимальной степенью помола.

Исследование особенностей формирования микроструктуры дисперсно-армированной ГЦПМ

Микроструктуру гипсоцементной матрицы армированной целлюлозными волокнами, модифицированных разработанной полифункциональной КД изучали с помощью растровой электронной микроскопии. Электронные снимки образцов, представлены на рис. 2-5.



Рис. 2. Электронно-микроскопический снимок ГВЛ при увеличении $\times 100$



Рис. 3. Электронно-микроскопический снимок ГВЛ при увеличении $\times 500$

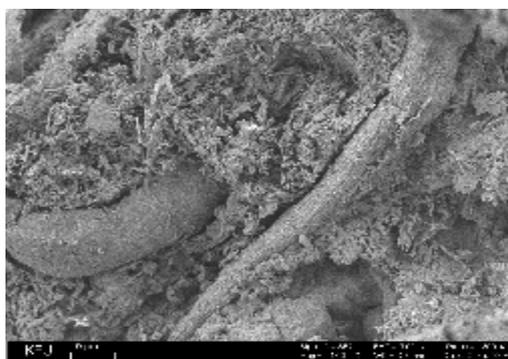


Рис. 4. Электронно-микроскопический снимок ГВЛ при увеличении $\times 1000$

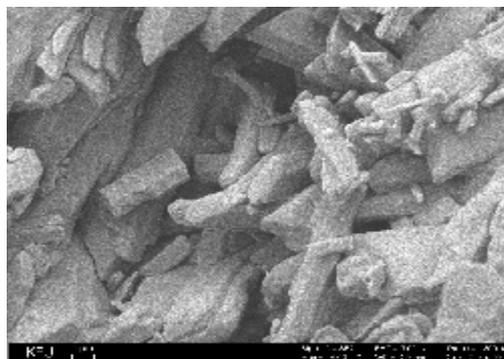


Рис. 5. Электронно-микроскопический снимок ГВЛ при увеличении $\times 5000$

Как следует из электронно-микроскопических снимков, структура ГВЛ представляет собой пряди тонких волокон целлюлозы, соединяющихся в монолит продуктами гидратации ГЦПВ. Наличие волокон целлюлозы обуславливает прочность и жесткость конгломерата, связующее предохраняет волокно от агрессивных воздействий окружающей среды, обеспечивает взаимодействие между волокнами при механических воздействиях. На рис. 2 видна общая картина структуры ГВЛ на участке излома. Структура характеризуется сравнительно однородным, хаотическим распределением целлюлозных волокон. Волокна расположены преимущественно параллельно плоскости формования этим объясняется повышенная прочность при изгибе. При увеличении $\times 5000$ (рис. 5) видны скопления бесформенных субмикроструктур, представляющих собой низкоосновные гидросульфаталюминаты кальция, отличающиеся высокой степенью аморфности.

При увеличении $\times 100$ (рис. 2) четко видны зоны контакта между армирующими волокнами, следовательно, можно однозначно сделать вывод о связанном расположении волокон. При этом при рассмотрении структуры ГВЛ, наблюдается расположение и ориентировка волокон в различных плоскостях. Таким образом, можно сделать вывод об отсутствии направленно-сетчатого армирования с линейно-плоскостной ориентацией и сетчатого армирования с плоскостной ориентацией. Далее рассмотрим каркасное армирование, к которому относятся рассматриваемые ГВЛ. Электронные микроскопические снимки показывают, что преобладает линейная ориентировка волокон в плоскости листа. Таким образом, по виду армирования ГВЛ преобладает направленно-каркасное армирование с линейной ориентировкой волокон в плоскости листа, что свидетельствует о равномерном распределении волокон в составе матрицы и обуславливает повышенные физико-механические характеристики готовых изделий.

Выполненные исследования показывают положительное влияние исследуемого типа волокон на структуру и свойства модифицированной ГЦПМ. Таким образом, целлюлозные волокна при правильном выборе вида, степени распушки и содержания позволяют повысить качество производимых изделий на основе гипсового вяжущего и расширить область их применения.

Выводы

1. Анализ литературных данных свидетельствует о важнейшей роли армирующих волокон в формировании структуры и свойств композиционных материалов, их правильный выбор позволяют значительно повысить физико-механические характеристики готовых изделий. Обзор опыта применения волокон, представленных в настоящее время на строительном рынке и пригодных для дисперсного армирования гипсоцементных композиций, позволил выделить целлюлозные как один из наиболее эффективных видов в качестве армирующего компонента для ГЦПМ.

2. Выполненные экспериментальные исследования позволили определить оптимальное содержание целлюлозных волокон в составе модифицированной гипсоцементно-пуццолановой матрицы. Наилучшие показатели пределов прочности при использовании целлюлозных волокон достигаются при их содержании в составе смеси в количестве 0,5-1 % от массы вяжущего и степени помола 30° ШР.

3. Микроструктура дисперсно-армированной ГЦПМ характеризуется равномерным распределением целлюлозных волокон, преобладанием направленно-каркасного армирования с линейной ориентировкой волокон в плоскости листа, что обуславливает повышенные физико-механические характеристики готовых изделий.

Список библиографических ссылок

1. Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. М. : АСВ, 2004. 560 с.
2. Janardhana M., Meher Prasad A., Menon D. Ductibility of Glass Fibre Reinforced Gypsum Wall Panels Subjected to Cyclic (Reversed) Loading // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 803–813.
3. Wu Y. F. Structural Behavior of Glass Fiber Reinforced Gypsum Walls // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 813–831.
4. Sreenivasa R. L., Menon D., Meher Prasad A. Design of Axially Loaded Concrete Filled Glass Fiber Reinforced Gypsum Wall Panels // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 841–849.
5. Stroeve P., Guo Z. Distribution and Orientation of Fibers in the Perspective of the Mechanical Properties of Concrete // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 145–155.
6. Мухаметрахимов Р. Х. Фиброцементные плиты на смешанном вяжущем. Казань, 2012. 174 с.

7. Халиуллин М. И., Алтыкис М. Г., Рахимов Р. З. Эффективные сухие гипсовые смеси с добавками полимерных волокон // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 3. С. 33–37.
8. Мухаметрахимов Р. Х., Изотов В. С., Гревцев В. А. Фиброцементные плиты на основе модифицированного смешанного вяжущего // Известия КГАСУ. 2010. № 2 (14). С. 250–254.
9. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Сабитов Л. С. Цементно-волоконистый композиционный материал для фиброцементных плит // Строительные материалы. 2011. № 5. С. 20–21.
10. Мухаметрахимов, Р. Х., Изотов В. С. Модификация структуры дисперсно-армированных композиций для повышения сопротивления разрушению: сб. ст. VIII Академических чтений РААСН – Международной научно-технической конференции / КГАСУ. Казань, 2014. С. 220–224.
11. Брюкнер Х., Дейлер Е., Фитч Г. Изготовление и применение гипсовых строительных материалов. М.: Стройиздат, 1981. 223 с.
12. Берней И. И., Колбасов В. М. Технология асбестоцементных изделий. М.: Стройиздат, 1985. 400 с.
13. Кауфманн Д., Мансер М. Изменение прочности двухкомпонентных полимерных волокон при ползучести и в агрессивных средах // Метро и тоннели. 2015. № 4. С. 30–35.
14. Манушина А. С., Урбанов А. В., Немцев А. Д., Потапова Е. Н. Влияние волокон на свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Успехи в химии и химической технологии. 2016. № 7. С. 66–68.
15. Баталин Б. С., Семкова Е. Н., Сарайкина К. А. Исследование процесса взаимодействия стекловолокна с цементным камнем // Master's Journal. 2013. № 2. С. 143–147.
16. Konsta-Gdoutos M. S., Metaxa Z. S., Shah S. P. Nanoimaging of Highly Dispersed Carbon Nanotube Reinforced Cement Based Materials // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 125–133.
17. Cifuentes H., Medina F., Espinar M. Influence of the Geometric Properties of Polypropylene Fibers on Fracture Energy and Size Effect of Low Strength Concrete // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 161–173.
18. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Галаутдинов А. Р. Влияние полипропиленовых волокон на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 1. С. 135–137.
19. Guadalupe Sierra Beltran M., Schlangen E. Wood and Other Natural Fibres As Reinforcement in Cementitious Materials // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 51–63.
20. Mukhametrakhimov R. Kh., Galautdinov A. R., Lukmanova L. V. Influence of active mineral additives on the basic properties of the gypsum cement-pozzolan binder for the manufacture of building products // MATEC Web of Conferences. 2017. № 106. P. 1–6.
21. Алтыкис М. Г., Халиуллин М. И., Рахимов Р. З., Морозов В. П., Бахтин А. И. Влияние добавок цеолитсодержащих пород на свойства гипсовых вяжущих // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1996. № 3. С. 56.
22. Рахимов Р. З., Халиуллин М. И., Гайфуллин А. Р. Состав и гидравлическая активность керамзитовой пыли // Цемент и его применение. 2013. № 1. С. 124–128.
23. Мухаметрахимов Р. Х., Галаутдинов А. Р., Лукманова Л. В. Влияние пластифицирующих добавок на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного и техногенного сырья // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 382–387.
24. Левшина В. В., Бывшев А. В. Формирование структурно-механических свойств бумаги // Химия растительного сырья. 1999. № 6. С. 143–148.
25. Галаутдинов А. Р., Мухаметрахимов Р. Х. Повышение водостойкости гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного гипса // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 333–343.

Mukhametrakhimov Rustem Khanifovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: muhametrahimov@mail.ru**Galautdinov Albert Radikovich**

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: galautdinov89@mail.ru**Lukmanova Liliya Valievna**

engineer

E-mail: lilya0503199@gmail.com**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

Structure and properties of gypsum cement-pozzolan matrix reinforced with cellulosic fibers**Abstract**

Problem statement. Different types of sheet materials and products are used for outside and interior finish of the industrial and civil buildings and structures. The products based on gypsum binder that has unique domestic mineral raw material base, appreciable quantity of discovered resources and low fabricating cost are of special interest among these sheet products. Besides, at the present time the reduction of using these products is observed. In connection with this there is considerable interest in quality improvement and quantity increase of consumable products based on gypsum and mixed gypsum binders. The research objective is studying the influence of the rate of cellulosic fiber opening and content of cellulosic fibers on the structure and properties of gypsum-cement-puzzolan matrix.

Results. The function of the type of reinforcing fibers in structure formation and properties of gypsum-cement-puzzolan compositions is studied in the article. Positive influence of cellulosic fibers on the properties of investigated modified matrix is observed. It is found that the best ultimate strength indexes while using cellulosic fibers can be achieved with its mixing ratio in amounts of 0,5-1 % by weight of binder and freeness rate of 30°SR.

Conclusions. Signification of obtained results for construction industry consists in possibility of production of the sheet materials based on gypsum binder with advanced physical and mechanical properties by means of fiber reinforcement of gypsum-cement-puzzolan matrix by cellulosic fibers.

Keywords: gypsum-cement-puzzolan binder, complex admixture, fiber reinforcement, cellulosic fibers.

References

1. Rabinovich F. N. Composites based on dispersed-reinforced concrete. Questions of theory and design, technology, constructions. M. : ASV, 2004. 560 p.
2. Janardhana M., Meher Prasad A., Menon D. Ductibility of Glass Fibre Reinforced Gypsum Wall Panels Subjected to Cyclic (Reversed) Loading // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 803–813.
3. Wu Y. F. Structural Behavior of Glass Fiber Reinforced Gypsum Walls // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 813–831.
4. Sreenivasa R. L., Menon D., Meher Prasad A. Design of Axially Loaded Concrete Filled Glass Fiber Reinforced Gypsum Wall Panels // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 841–849.
5. Stroeven P., Guo Z. Distribution and Orientation of Fibers in the Perspective of the Mechanical Properties of Concrete // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 145–155.
6. Mukhametrakhimov R. Kh. Fiber-cement plates based on a mixed binder. Kazan, 2012. 174 p.

7. Khaliullin M. I., Altykis M. G., Rakhimov R. Z. Effective dry plaster mixes with the additives of polymeric fibres // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenii. Stroitelstvo*. 2004. № 3. P. 33–37.
8. Mukhametrakhimov R. Kh., Izotov V. S., Grevcev V. A. Fiber-cement plates based on modified mixed binder // *Izvestiya KGASU*. 2010. № 2 (14). P. 250–254.
9. Izotov V. S., Mukhametrakhimov R. Kh., Sabitov L. S. Cement-fiber composite material for fiber-cement plates // *Stroitel'nye materialy*. 2011. № 5. P. 20–21.
10. Mukhametrakhimov R. Kh., Izotov V. S. Modification of the structure of dispersed-reinforced compositions for increasing fracture resistance: dig. of art. VIII academic readings of RAACS – International scientific-technical conference / KGASU. Kazan, 2014. P. 220–224.
11. Bryukner H., Dejler E., Fitch G. Manufacture and application of gypsum building materials. M. : Strojizdat, 1981. 223 p.
12. Bernej I. I., Kolbasov V. M. Technology of asbestos-cement products. M. : Strojizdat, 1985. 400 p.
13. Kaufmann D., Manser M. Change in strength of two-component polymer fibers for creep and in corrosive areas // *Metro i tonneli*. 2015. № 4. P. 30–35.
14. Manushina A. S., Urbanov A. V., Nemcev A. D., Potapova E. N. Effect of fibers on the properties of gypsum cement-pozzolan binder // *Uspekhi v himii i himicheskoi tekhnologii*. 2016. № 7. P. 66–68.
15. Batalin B. S., Semkova E. N., Sarajkina K. A. Investigation of the process of interaction of fiberglass with cement stone // *Master's Journal*. 2013. № 2. P. 143–147.
16. Konsta-Gdoutos M. S., Metaxa Z. S., Shah S. P. Nanoimaging of Highly Dispersed Carbon Nanotube Reinforced Cement Based Materials // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 125–133.
17. Cifuentes H., Medina F., Espinar M. Influence of the Geometric Properties of Polypropylene Fibers on Fracture Energy and Size Effect of Low Strength Concrete // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 161–173.
18. Izotov V. S., Mukhametrakhimov R. Kh., Galautdinov A. R. Influence of polypropylene fibers on the main properties of gypsum cement-pozzolan binder // *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta*. 2015. № 1. P. 135–137.
19. Guadalupe Sierra Beltran M., Schlangen E. Wood and Other Natural Fibres As Reinforcement in Cementitious Materials // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 51–63.
20. Mukhametrakhimov R. Kh., Galautdinov A. R., Lukmanova L. V. Influence of active mineral additives on the basic properties of the gypsum cement-pozzolan binder for the manufacture of building products // *MATEC Web of Conferences*. 2017. № 106. P. 1–6.
21. Altykis M. G., Khaliullin M. I., Rakhimov R. Z., Morozov V. P., Bakhtin A. I. The effect of zeolite-bearing rocks on the properties of gypsum binders // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenii. Stroitelstvo*. 1996. № 3. P. 51–53.
22. Rakhimov R. Z., Khaliullin M. I., Gayfullin A. R. Structure and hydraulic activity of a claydite dust // *Cement i ego primenenie*. 2013. № 1. P. 124–128.
23. Mukhametrakhimov R. H., Galautdinov A. R., Lukmanova L. V. The effect of plasticizing additives on the main properties of a gypsum cement-pozzolan binder based on low-quality and technogenic raw materials // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 4 (38). P. 382–387.
24. Levshina V. V., Byvshev A. V. Formation of structural and mechanical properties of paper // *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 1999. № 6. P. 143–148.
25. Galautdinov A. R., Mukhametrakhimov R. Kh. Increase of water resistance of gypsum cement-pozzolan binder based on low-quality gypsum // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 4 (38). P. 333–343.



УДК. 621,867

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

Расчет транспортирующих машин

Аннотация

Постановка задачи. Транспортирующие машины – ленточные конвейеры, ковшовые элеваторы, скребковые конвейеры и др. широко используются в погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских операциях в строительной и других отраслях техники. В производственных условиях часто возникает необходимость использования транспортирующих устройств непосредственно по месту применения, где известные устройства могут не вписаться по габаритам, траекториям движения или другим производственным требованиям, кроме того их не всегда можно срочно приобрести, к тому же они дорогие по цене. Поставлена задача – произвести расчет любой из транспортирующих машин под соответствующие производственные условия и предложить изготовление собственными силами.

Результаты. Проведены теоретические предпосылки и показан пример расчета производственного ленточного конвейера по заданным параметрам. Определены все элементы устройства, проверены на прочность, показаны варианты изготовления конвейера в условиях мелкосерийного производства. Доказана возможность обеспечения строительного производства транспортирующими машинами собственным производственным оборудованием.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что любое из транспортирующих машин для нужд предприятия можно спроектировать и изготовить собственными силами с привязкой к конкретному месту использования с минимальными материальными затратами, используя вышеизложенный материал статьи.

Ключевые слова: транспортирующие машины, ленточные конвейеры, строительное производство, расчет параметров машины.

Введение

Транспортирующие машины имеют фундаментальное значение во всех сферах производственной деятельности человека. Транспортное машиностроение имеет многовековую историю и, пожалуй, является более древним, чем любая отрасль машиностроения.

Каждое из производств имеет средства механизированного межоперационного транспорта погрузочно-разгрузочных и транспортных работ.

Область применения транспортирующих машин там, где необходима высокая подача (производительность) и большая длина транспортирования [1].

Существует большое конструктивное многообразие транспортирующих машин, классификация которых показана на рис. 1.

Наиболее распространены в использовании, в том числе и в строительной отрасли, ленточные конвейеры, которые возьмем в качестве примера расчета. Схема ленточного конвейера показана на рис. 2.

Конструкция ленточного конвейера включает источник привода с приводным барабаном 1, загрузочный и разгрузочный бункеры 2, отклоняющий ролик 3, ролик очистки 4 в виде щеточного барабана, отклоняющих барабанов 5, натяжной барабан 6. В качестве амортизирующих элементов ленты использованы роликкоопоры 7, и для поддержки ленты 9 служат холостые 8 и грузовые 10 роликкоопоры [2].



Рис.1. Классификация транспортирующих машин

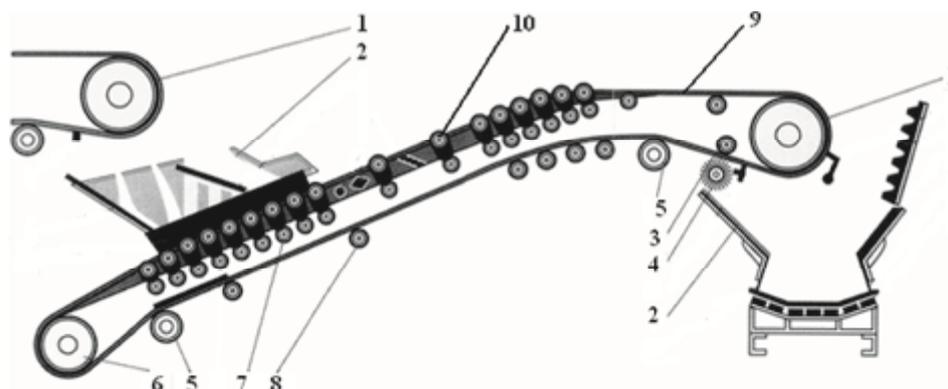


Рис. 2. Схема ленточного транспортера:

- 1 – барабан привода ленты; 2 – загрузочный и разгрузочный бункера; 3 – отклоняющий ролик;
- 4 – ролик очистки; 5 – отклоняющий барабан; 6 – натяжной барабан; 7 – ролик опоры;
- 8 – холостые ролик опоры; 9 – лента; 10 – грузовые ролик опоры

В России имеется несколько производственных предприятий, изготавливающих транспортирующие машины, в том числе, ленточные конвейеры: НСИБ – Новосибирский завод оборудования для производства газобетона, Курганский механический завод Мельмаш, «Горняк» – заводы конвейерного оборудования, расположенные в городах Москва, Екатеринбург, Красноярск.

Но, как отмечалось ранее, готовые изделия могут не удовлетворять заказчика по многим показателям, в этом случае целесообразно изготовить устройство, отвечающее всем требованиям потребителя.

Исследование и анализ результатов

Расчет конвейера проводится с целью определения размеров ленты и других составных частей, обеспечивающих требуемую подачу и долговечность конвейера, определение силовых воздействий на элементы конвейера, проверка их прочности, выбор типовых изделий: электродвигателя, муфты, редуктора, других комплектующих изделий [3].

Исходными данными для расчета являются: Π – подача, т/ч; траектория движения груза, физико-механические свойства груза, место и условия монтажа, удобство обслуживания и т.д.

Для всех типов транспортирующих машин справедлива единая формула подачи, т/ч (производительность, по старой терминологии), которая очень проста:

$$\Pi = 3,6 q \cdot v, \quad (1)$$

где q – погонная масса груза, кг/м; v – скорость транспортирования груза, м/с.

Погонная масса груза выражается через параметры рабочего желоба конвейера, который может быть: однороликовый, двухроликовый и трехроликовый. Математически погонная масса выражается, например, для трехроликового желоба следующим выражением:

$$q = \gamma \psi (0,16B^2 \operatorname{tg} \varphi + 0,12B^2 \operatorname{tg} \alpha), \quad (2)$$

где γ – плотность груза, кг/м³; ψ – коэффициент заполнения рабочего объема желоба; B – ширина ленты, м; φ – угол естественного откоса груза; α – угол наклона роликоопор желоба.

Подставив выражение (2) в (1), определяется ширина ленты B :

$$B = \sqrt{\frac{\Pi}{3,6\gamma v (0,16 \operatorname{tg} \varphi + 0,12 \operatorname{tg} \alpha)}}. \quad (3)$$

Определенная по этим условиям ширина ленты – B – уточняется по ГОСТ 20-85 ($B=300,400,500,650,800,1000,1200,1400,\dots,3000$ мм).

Ориентировочно определяется толщина ленты, зависящая от количества несущих прокладок (3...10) и толщины верхнего и нижнего вулканизационных защитных слоев резины, далее назначаются диаметры барабанов, роликоопор, расстояния между ними, принимается по рекомендациям скорость транспортирования груза. Вычерчивается схема конвейера в определенном масштабе.

После назначения геометрических параметров конвейера необходимо определить силовые параметры на участках траектории груза, максимальное натяжение в ленте, мощность транспортирования, гарантированное условие работоспособности привода ленты барабаном без буксования [4].

Следует отметить, что сопротивление перемещения груза будет пропорционально зависеть от длины транспортирования, траектории движения и от тяговой характеристики приводного барабана.

Натяжение ленты в характерных точках конвейера можно определить через натяжение в предыдущей точке плюс сопротивление на участке от предыдущей точки до определяемой. Для этой цели разбивают контур конвейера на участки с одинаковой кривизной (одинаковым сопротивлением на участке), обозначают точки разграничения, начиная со сбегающей ветви барабана, например, точкой 1. В этой точке натяжение ленты пока неизвестно, обозначается это натяжение как S_1 . Тогда натяжение во второй точке определится как натяжение в первой точке плюс потери на сопротивление движению ленты от точки 1 до 2 точки (силы трения), т.е.:

$$S_2 = S_1 + W_{1-2}; S_3 = S_2 + W_{2-3} = S_1 + W_{1-3}; S_4 = S_3 + W_{3-4} = S_1 + W_{1-4}; S_5 = S_4 + W_{4-5} = S_1 + W_{1-5}; \dots \quad (4)$$

Если число характерных точек равно n , то сила натяжения ветви, набегающей на приводной барабан, равна:

$$S_n = S_1 + W_{1-n}. \quad (5)$$

Формула (5) выражает силу натяжения S_n в набегающей ветви барабана и силу натяжения S_1 в сбегающей ветви через силу сопротивления W_{1-n} от первой точки до n точки. Сила сопротивления W_{1-n} будет выражена, каким-то численным значением, в Ньютонах.

Между приводным барабаном и лентой недопустимо буксование, условие отсутствия буксования определяется формулой Эйлера:

$$S_n = S_1 \cdot e^{f\alpha}, \quad (6)$$

где e – основание натурального логарифма, ($e=2,71$), f – коэффициент трения между барабаном и лентой, $f=0,1-0,4$; α – угол охвата барабана лентой, в радианах [5].

Таким образом, условие работоспособности ленточного конвейера определяется двумя уравнениями (5 и 6) с двумя неизвестными S_n и S_1 . Решение этих уравнений дает численное значение силы в набегающей S_n и сбегающей S_1 ветвях.

Подставляя значение силы S_1 в формулы (4) определяются силы натяжения в любой точке контура. Это необходимо знать для определения силы натяжения ленты натяжным

барабаном, проверки правильности расстояния между грузовыми и холостыми роlikоопорами, проверки прочности ленты, определение мощности транспортирования.

Определение сил сопротивления перемещения ленты с грузом и без груза будет рассмотрено в примере числового расчета конвейера.

Расчет ленточного конвейера

Примем следующие исходные данные: подача $\Pi=350$ т/ч; груз, песок ($\gamma=2000$ кг/м³, угол естественного откоса груза в покое $\varphi=45^\circ$, при движении – $0,35 \cdot 45^\circ$), угол наклона конвейера $\beta=18^\circ$, угол наклона боковых роlikоопор рабочего желоба $\alpha=20^\circ$, длина участков – $\ell_1=30$ м, $\ell_2=40$ м.

1. По рекомендациям [6] по типу груза назначается максимально допустимая скорость транспортирования груза из условия отсутствия выдувания песка с ленты воздушным потоком, для песка $v=2,2$ м/с.

2. По значению подачи $\Pi=350$ т/ч принимается трехроlikовый рабочий желоб.

3. В соответствии с типом рабочего желоба выводится формула определения ширины ленты B (формула, выражение (3) была представлена ранее):

$$B = \sqrt{\frac{\Pi}{3,6\gamma v (0,16tg\beta + 0,12tg\alpha)}} = \frac{350}{3,6 \times 2000 \times 2,2 \times 0,8 (0,16tg(0,35 \times 45^\circ) + 0,12tg20^\circ)} = 0,539 \text{ м.}$$

По ГОСТ 20-85 принимается ширина $B=650$ мм ленты из ряда стандартных размеров: 400, 500, **650**, 800, 1000... Материал кордовых прокладок Бельтинг-820, предел прочности $K_p=550$ Н/см.

Толщина ленты δ из данного материала включает толщину количества прокладок от 3 до 10 при толщине одной прокладки $a=1,25$ мм, толщину верхнего защитного слоя $\delta_1=1,5$ мм, нижнего слоя $\delta_2=1,0$ мм. Примем предварительно минимальное количество прокладок, равное 3, тогда толщина $\delta=3 \cdot 1,25+1,5+1,0=6,25$ мм. Толщина будет проверяться после определения максимального натяжения в ленте.

4. Определяются диаметры барабанов и роlikоопор. Диаметры приводного и натяжного барабанов определяются по условию $D > 130i$ (i -количество прокладок) – $D=130 \cdot 3=390$ мм. По ГОСТ 22646-77 уточняется диаметр барабана из ряда чисел: 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630... Принимаем диаметр, равный 400 мм.

Диаметр роlikоопор определяется по ГОСТ 22646-77 по условию – при $B=400-800$ мм и плотности груза $\gamma=1,6$ т/м³, $d=89$ мм; при $B=400-1200$ мм и плотности $\gamma=2,0$ т/м³, $d=108$ мм. При нашем значении $B=650$ мм и плотности песка $\gamma=2,0$ т/м³, принят диаметр роlikоопор $d=108$ мм.

Конструктивно принимается расстояние между грузовыми роlikоопорами $\ell_z=1,4$ м, между холостыми роlikоопорами $\ell_x=2,6$ м.

5. Определение погонных нагрузок от груза, ленты и роlikоопор грузовых (верхних) и холостых (нижних).

- От груза:

$$q = \frac{\Pi \gamma g}{3,6 v} = \frac{350 \times 9,81}{3,6 \times 2,2} = 440 \text{ Н/м;}$$

- от ленты $q_l=1,1 B \delta g=1,1 \cdot 0,65 \cdot 6,25 \cdot 9,81=45$ Н/м;

- от грузовых роlikоопор $q_z=(10B+7)g/\ell_z=(10 \cdot 0,65+7)9,81/1,4=96$ Н/м;

- от холостых роlikоопор $q_x=(10B+3)g/\ell_x=(10 \cdot 0,65+3)9,81/2,6=36$ Н/м.

6. Определяются по таблице в зависимости от особенности конструкции опорных роlikов комплексные коэффициенты сопротивления, для грузовой ветви $\omega_z=0,04$ и для холостой $\omega_x=0,035$ [7].

7. Определяются натяжения в отмеченных точках контура конвейера, используя выражения (4). Предварительно обозначим натяжение в точке 1, как S_1 , оно нам неизвестно (рис. 3). Тогда натяжение в точке 2 будет равно $S_2 = S_1 + W_{1-2}$ (здесь W_{1-2} – сопротивление перемещению ленты от точки 1 до точки 2), оно определяется:

$$W_{1-2}=(q_l+q_x)\omega_x \cdot \ell_2=(45+36) \cdot 0,035 \cdot 40=113 \text{ Н. и } S_2=S_1 + 113 \text{ Н.}$$

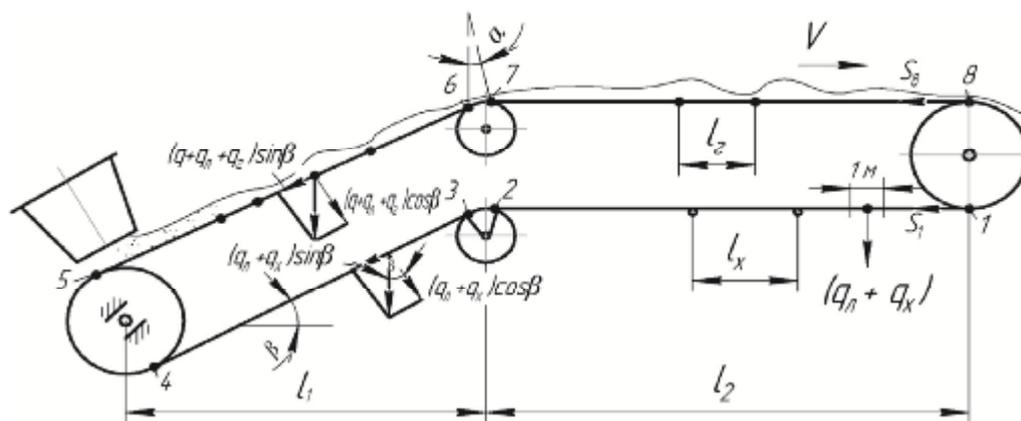


Рис. 3. Схема к определению натяжений в точках ленточного конвейера

Натяжение в точке 3, $S_3 = S_2 + W_{2-3}$ или $S_3 = K_2 \cdot S_2 = 1,03 (S_1 + 113) = 1,03 S_1 + 116$ Н. (здесь K_2 – коэффициент потерь, зависящий от угла охвата барабана лентой, при угле $< 90^\circ$ $K_2 = 1,03$, при угле $> 90^\circ$ и $< 180^\circ$ $K_2 = 1,04$, при угле $> 180^\circ$ $K_2 = 1,05$).

Натяжение в точке 4 определится $S_4 = S_3 + W_{3-4}$. Сопротивление перемещению от точки 3 до точки 4 равно:

$$W_{3-4} = [(q_L + q_X) \omega_X \cos \beta - (q_L + q_X) \sin \beta] l_{1/cos \beta} = [(45 + 36) \cos 18^\circ \cdot 0,035 (45 + 36) \sin 18^\circ] 30 / \cos 18^\circ = -663 \text{ Н}$$

и $S_4 = S_3 + W_{3-4} = 1,03 S_1 + 116 - 663 = 1,03 S_1 - 547$ Н.

Натяжение в точке 5 определится $S_5 = S_4 + W_{4-5} = K_2 \cdot S_4 = 1,05 (1,03 S_1 - 547) = 1,08 S_1 - 547 + 27 = 1,08 S_1 - 520$, т.е. $S_5 = 1,08 S_1 - 520$ Н.

Натяжение в точке 6, $S_6 = S_5 + W_{5-6}$. Сопротивление перемещения W_{5-6} определится

$$W_{5-6} = [(q + q_L + q_r) \omega_r \cos \beta + (q + q_L + q_r) \sin \beta] l_{1/cos \beta} = [(440 + 45 + 96) 0,04 \cdot 0,95 + (440 + 45 + 96) 0,3] 30 / 0,95 = 6189 \text{ Н}$$

и $S_6 = 1,08 S_1 - 520 + 6189 = 1,08 S_1 + 5669$ Н.

Натяжение в точке 7 составит $S_7 = S_6 \cdot e^{\alpha \omega} = (1,08 S_1 + 5669) \cdot 2,71^{0,26 \cdot 0,04} = 1,09 S_1 + 5725$ Н.

Натяжение в точке 8 составит $S_8 = S_7 + W_{7-8}$, сопротивление W_{7-8} определится

$$W_{7-8} = (q + q_L + q_r) \omega_r \cdot l_2 = (440 + 45 + 96) \cdot 0,04 \cdot 40 = 929 \text{ Н}$$

и $S_8 = 1,09 S_1 + 5725 + 929 = 1,09 S_1 + 6654$ Н.

Таким образом, первое уравнение, связывающее натяжения ветвей ленты на приводном барабане и сопротивление перемещения, имеет вид $S_8 = 1,09 \cdot S_1 + 6654$.

По условию работоспособности натяжения в ленте должно соблюдаться условие

$$\text{Эйлера, т.е. } S_8 = S_1 \cdot e^{\alpha \omega} = S_1 \cdot 2,71^{0,04 \cdot 3,14} = 3,05 S_1 \text{ или } S_8 = 3,05 S_1.$$

Итак, получены два уравнения $S_8 = 1,09 \cdot S_1 + 6654$, $S_8 = 3,05 \cdot S_1$.

Решение уравнений дает значение $S_1 = 2796$ Н и $S_8 = 9702$ Н.

8. Определяется проверка выбора толщины ленты по коэффициенту запаса прочности по формуле:

$$K = \frac{i \cdot B \cdot K_p}{S_{max}} = \frac{3 \cdot 65 \cdot 550}{9702} = 11,05^3 [K], \quad (7)$$

где i – количество прокладок в ленте; B – ширина ленты, см; K_p – предел прочности

ленты, Н/см; S_{max} – максимальное натяжение в ленте, Н.

Допускаемый коэффициент запаса прочности $[K] = 9-11$ для Бельтинга Б-820,

следовательно, количество прокладок $i = 3$ и толщина ленты $\delta = 6,25$ мм остаются без

изменений [8].

9. Определяется правильность принятого ранее расстояния 1,4 м между грузовыми

роликооперами по формуле:

$$f = \frac{(q + q_L) l_z^2}{8 S_{min}} \cdot \epsilon [f_z] \quad f = \frac{(440 + 45) \cdot 1,4^2}{8 \cdot 2499,68} = \frac{9506}{19997,44} = 0,47 \text{ м} \quad (8)$$

Минимальное значение натяжения $S_{min} = S_5 = 1,08 S_1 - 520 = 1,08 \cdot 2796 - 520 = 2499,68$ Н.

Допускаемое значение прогиба $[f_r] = (0,025 - 0,032) \cdot 1,4 = (0,035 - 0,044)$ м. Действующее

значение прогиба 0,47 м больше допускаемого (0,25-0,17) м, следует уменьшить принятое

расстояние 1,4 м до (1,1-1,2) м.

Проверка расстояния между холостыми роликооперами, принятое ранее равным 2,6 м по формуле:

$$f = \frac{q_x l_x^2}{8S_{\min}} \times [f_x] \quad f = \frac{45 \times 2,6^2}{8 \times 2332,68} = \frac{3042}{18661,44} = 0,16 \text{ м.} \quad (9)$$

Минимальное натяжение для холостой ветви будет равно $S_{\min}=S_4=1,03S_1-547=2332,68$ Н.

Допускаемое значение прогиба ленты $[f_x]=(0,025-0,032) \cdot 2,6=(0,065-0,083)$ м. Действующее значение прогиба 0,16 м больше допускаемого (0,065-0,083) м, следует уменьшить принятое расстояние 2,6 м до (2,1-2,2) м.

10. Определяется мощность на барабане по формуле:

$$N = \frac{(S_8 - S_1) \cdot V \cdot K}{1000} = \frac{(9702 - 2796) \cdot 2,2 \cdot 1,05}{1000} = 15,952 = 16 \text{ кВт.} \quad (10)$$

Здесь K – коэффициент потерь на барабане, равен 1,05.

Определяется мощность электродвигателя по формуле:

$$N_3 = N / \eta = 16 / 0,8 = 20 \text{ кВт,}$$

здесь η – общий КПД передаточного механизма, пока ориентировочно принято 0,8, так как неизвестен редуктор.

По $N_3=20$ кВт выбирается электродвигатель, у которого мощность равна или чуть больше расчетной. Подходит электродвигатель 4А200М6У3, его мощность 22 кВт, $n=975 \text{ мин}^{-1}$, диаметр вала 55 мм, конический конец.

11. Определяется частота вращения барабана по формуле:

$$n_6 = \frac{60 \cdot V}{\pi D_6} = \frac{60 \cdot 2,2}{3,14 \cdot 0,4} = 105,1 \text{ мин}^{-1}. \quad (11)$$

12. Определяется передаточное отношение редуктора по формуле:

$$u = n_3 / n_6 = 975 / 105,1 = 9,28. \quad (12)$$

13. По $u=9,28$, с учетом крутящего момента на барабане ($M=0,5(S_8-S_1)D_6=0,5(9702-2796) \cdot 0,4=1381,2$ Н·м=1,4 кН·м) подбирается планетарный редуктор, у которого $u=10,0$, $M=2,0$ кН·м, диаметр вала 45 мм.

14. По моменту на валах с учетом диаметров соединяемых валов подбирается муфта для соединения валов электродвигателя и редуктора. Момент на валу электродвигателя определяется формулой:

$$M_6 = M_3 = 1000N / \omega = 1000 \cdot 22 / 102,05 = 215,6 \text{ Н·м.} \quad (13)$$

Здесь $\omega = \pi n / 30 = 3,14 \cdot 975 / 30 = 102,05$ рад/с. Момент на валах берется с учетом коэффициента запаса $K=2$, следовательно, по $M = K \cdot M_3 = 2 \cdot 215,6 = 431$ Н·м и диаметрам валов $d_3=55$ мм и $d_p=45$ мм подбирается упруго- втулочная муфта, подходит МУВП-6, у которой $M=500$ Н·м и диапазон отверстий для соединяемых валов от 40 до 56 мм. Муфта удовлетворяет требованиям выбора.

15. Для обеспечения работоспособности конвейера необходимо поддерживать расчетное натяжение ветвей ленты на приводном барабане. Натяжение регулируется перемещением натяжного барабана, для чего нужно знать какое усилие к нему необходимо приложить. Регулировка может производиться винтовым соединением, посредством пружин, но здесь трудно осуществить контроль силы натяжения [9,10].

На наш взгляд, самым оптимальным натяжным устройством является подвес груза к подвижной опоре вала барабана. Точный вес груза легко определяется расчетом. На рис. 3 приведена схема определения натяжений в характерных точках контура. На концевой натяжной барабан в точках 4 и 5 действуют расчетные натяжения S_4 и S_5 . На основании положения о равновесии системы сил теоретической механики сумма сил S_4 и S_5 будет равна силе натяжения барабана или весу груза. Так, $S_4=2332,68$ Н и $S_5=2499,68$ Н, следовательно, сила натяжения равна сумме этих сил, т.е. $2332,68+2499,68=4832,36$ Н. Для реализации этой силы надо подвесить груз, масса которого равна 492,6 кг. Подвешенный груз полезен еще и тем, что при вытягивании (удлинении) ленты он всегда будет обеспечивать постоянное натяжное усилие на натяжном барабане.

Изготовление конвейера

Изготовление конвейера в условиях мелкосерийного производства не требует сложного и дорогостоящего оборудования. Достаточно иметь сварочный аппарат (газовый или электро-), токарно-винторезный и фрезерный станки, наждачный и сверлильный станки.

Многие изделия, входящие в состав конструкции конвейера, покупаются из изготавливаемых другими предприятиями и находящиеся в свободной продаже (на них нет дефицита), сюда относятся: резиноканевые ленты, электродвигатели, муфты, редукторы, подшипники качения, крепежные изделия, различные электротовары, стальные профильные материалы: уголки, швеллеры, тавровые балки, трубы, стальные листы и т.п.

Изготовлены самостоятельно будут барабаны и ролики из соответствующих труб различного сечения, к которым будут приварены торцовые стенки с валами и обработанные на токарном станке. Рама будет изготовлена посредством сварки из профильных материалов по месту установки конвейера. Загрузочные и разгрузочные устройства изготавливаются из листового материала посредством сварки и зависят от характеристики груза и способа его подачи на конвейер и разгрузки.

Для изготовления конвейера не требуются высококвалифицированные специалисты, он материально обойдется значительно дешевле, чем заказной конвейер под те же параметрические характеристики.

По приведенному порядку проводится расчет и других типов транспортирующих машин с незначительными местными корректировками.

Заключение

1. В строительной отрасли часто возникает потребность в транспортирующих устройствах, которые необходимо встраивать по конкретному месту установки, где готовые конструкции не всегда подходят к производственным условиям.

2. Приведен общий порядок расчета транспортирующих машин на примере широко используемого в технике ленточного транспортера. Показан пример числового расчета производственного ленточного конвейера по заданным параметрам.

3. Доказана возможность обеспечения строительного производства транспортирующими машинами самостоятельным изготовлением по производственным потребностям. Показан вариант изготовления конвейера в условиях мелкосерийного производства.

Список библиографических ссылок

1. Волков Д. П., Крикун В. Я. Строительные машины и средства малой механизации. М. : Мастерство, 2002. 480 с.
2. Меновщиков В. А., Ярлыков В. М. Подъемно-транспортирующие машины в примерах и задачах. Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. аграр. ун-та, 2004. 203 с.
3. Катрюк И. С., Мусяиченко Е. В. Машины непрерывного транспорта. Конструкции, проектирование и эксплуатация. Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2006. 266 с.
4. Кожушко Г. Г., Лукашук О. А. Расчет и проектирование ленточных конвейеров. Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2016. 2016 с.
5. Зеленский О. В. Справочник по проектированию ленточных конвейеров. М. : Недра, 2009. 384 с.
6. Мудров А. Г., Сахапов Р. Л. Лабораторный практикум по машинам непрерывного транспорта. Казань : КГАСУ, 2017. 31 с.
7. Ромакин Н. Е. Машины непрерывного транспорта. М. : Академия, 2014. 432 с.
8. Рачков Е. В. Машины непрерывного транспорта. М. : Альтаир-МГАВТ, 2014. 164 с.
9. Замалиев Ф. С. Напряженное состояние преднапряженных сталежелезобетонных балок от действия эксплуатационных нагрузок // Известия КГАСУ, № 3 (41). 2017. С. 87–97.
10. Mills D. E., Jones M. G. Handbook of Pneumatic Conveying Engineering, Marcel Dekker, inc., 2004. 701 p.

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

Calculation of transporting machines**Abstract**

Problem statement. Transporting machines – belt conveyors, bucket elevators, scraper conveyors, etc. are widely used in loading and unloading transport and warehouse operations in the construction and other machinery industries. In production conditions, it is often necessary to use transport devices directly to the place of application, where known devices may not fit in size, trajectories or other production requirements, in addition, they cannot always be purchased immediately, besides they are expensive in price. The task is to make the calculation of any of the transporting machines under the appropriate production conditions and to offer the production on their own.

Results. The theoretical background and an example of calculating the production belt conveyor according to the specified parameters is shown. All the elements of the device are determined, tested for strength; the variants of manufacturing the conveyor in the conditions of small-scale production are shown. The possibility of providing construction production with transporting machines with own production equipment is proved.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is that any of the transporting machines for the needs of the enterprise can be designed and manufactured in-house with reference to a specific place of use with minimal material costs, using the above material of the article.

Keywords: transport machines, belt conveyors, construction production, calculation of machine parameters.

References

1. Volkov D. P., Krikun V. J. Construction machinery and means of mechanization. M. : Skill, 2002. 480 p.
2. Menovshchikov V. A., Yarlykov V. M. Lifting-transport machines in examples and tasks. Krasnoyarsk : publishing house of Krasnoyarsk state agr. univ, 2004. 203 p.
3. Katryuk I. S., Musiyachenko E. V. Machines of continuous transport. Constructions, design and operation. Krasnoyarsk : CPI KSTU, 2006. 266 p.
4. Kozhushko G. G., Lukashuk O. A. Calculation and design of belt conveyors. Ekaterinburg, Ural University publ., 2016. 201 p.
5. Zelensky O. V. Guide to the design of belt conveyors. M. : Nedra, 2009. 384 p.
6. Mudrov A. G., Sakhapov R. L. Laboratory workshop on continuous transport machines. Kazan : KGASU, 2017. 31 p.
7. Romakin N. E. Continuous transportation machines. M. : Academy, 2014. 432 p.
8. Rachkov E. V. Continuous transport machines. M. : Altair-MGAVT, 2014. 164 p.
9. Zamaliev F. S. Stress state of prestressed steel-concrete beams from the action of operational loads // Izvestiya KGASU, № 3 (41). 2017. P. 87–97.
10. Mills D. E., Jones M. G. Handbook of Pneumatic conveying Engineering, Marcel Dekker, Inc., 2004. 701 p.

УДК 69.05

Мухаметрахимов Рустем Ханифович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: muhametrahimov@mail.ru

Хузин Айрат Фаритович

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: airat.khuzin2010@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Хамидуллина Динара Дамировна

инженер производственно-технического отдела

ООО «ПроектСтройМонтаж»

Адрес организации: 420087, Россия, г. Казань, ул. Курчатова, д. 6, кв. 12

Особенности технологии устройства и контроля качества монолитных сталефибробетонных перекрытий с использованием пустотообразователей

Аннотация

Постановка задачи. Цель настоящей работы – изучить особенности технологии устройства монолитных перекрытий с использованием пустотообразователей, выявить ее недостатки и предложить способы их устранения.

Результаты. В работе на первом этапе изучены причины низкого качества выполнения монолитных перекрытий с применением пустотообразователей и предложены способы устранения выявленных недостатков. На втором этапе определены основные дефекты и повреждения, возникающие при строительстве, ремонте и эксплуатации данных плит перекрытий. На третьем этапе изучены особенности системы контроля качества, осуществляемые непосредственно при устройстве монолитных перекрытий с применением пустотообразователей, предложен состав операций и средства контроля.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в повышении качества монолитных перекрытий с использованием пустотообразователей. Установлено, что использование сталефибробетона в перекрытиях с неизвлекаемыми пустотообразователями позволяет снизить процент армирования на 9,82 %, по сравнению с другими исследуемыми вариантами, снизить расход бетона по сравнению со сплошной монолитной плитой почти в 2 раза.

Ключевые слова: облегченные монолитные перекрытия, эффективные конструктивные формы, неизвлекаемые вкладыши-пустотообразователи, фибробетон, одностадийное бетонирование, фиксаторы, дефекты, повреждения, контроль качества, технология и организация строительства.

Введение

Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона позволяет возводить прочные и долговечные сооружения практически любой формы и этажности в относительно короткие сроки, что обуславливает преимущества данной технологии перед строительством из сборных конструкций. Однако такое строительство является весьма материалоемким, что приводит к утяжелению, как самой постройки, так и ее составных частей. Одним из наиболее тяжелых элементов с высокой трудоемкостью их устройства являются конструкция перекрытия. В большинстве случаев их устраивают сплошными, так как это предусматривает сравнительно низкое количество трудозатрат, но приводит к значительному увеличению расхода бетона и арматуры, и как следствие утяжелению конструкции. В этой связи одной из актуальных задач повышения эффективности строительного производства является снижение массы конструкций здания, материалоемкости при обеспечении высокого качества строительной продукции.

Известно, что снижение массы перекрытий зданий может быть достигнуто за счет применения новых эффективных конструктивных форм [1], использования предварительно напряженных элементов [2], увеличения применения легких бетонов на пористых заполнителях [3] и др.

Наиболее перспективным представляется устройство перекрытий эффективных конструктивных форм, поскольку их применение позволяет снизить массу перекрытий на 30-40 %, уменьшить расход арматуры в 1,3-1,5 раз, снизить массу здания в целом на 25-30 %. К перекрытиям эффективной конструктивной формы относят монолитные кессонные перекрытия, перекрытия с неизвлекаемыми вкладышами в виде пустотелых бетонных блоков, пластмассовых изделий и т.п. Эти элементы играют роль несъемной опалубки, формируя пространство для получения кессонной структуры из монолитного бетона, заполняют часть конструкции перекрытия, одновременно образуя пустоты и уменьшая массу перекрытий.

Рассмотрим более подробно применение различных пустотообразователей, так как данный метод наиболее эффективен с точки зрения снижения материалоемкости и обеспечения ровной потолочной поверхности.

В работах [4-12] рассмотрены несколько видов монолитных железобетонных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями (рис. 1), их принципиальным различием являются форма, габариты и материал из которого они изготовлены.

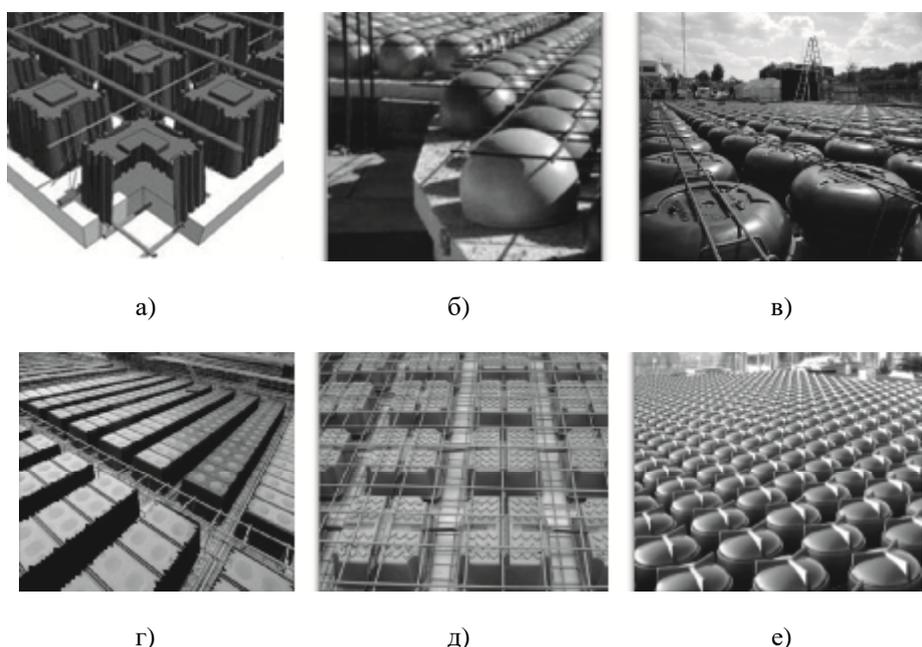


Рис. 1. Виды монолитных железобетонных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями: а – Airdeck; б – BubbleDeck; в – Cobiax; г – U-BahnBeton; д – U-BootBeton; е – Beeplate

Устройство монолитных железобетонных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями позволяет значительно снизить массу перекрытий. Благодаря данному преимуществу установится возможным избежать выступающих капителей и балок между колоннами, увеличить пролеты между колоннами и, соответственно, уменьшить количество колонн. Уменьшение веса перекрытий ведет к снижению общей нагрузки на колонны и фундамент, что приводит к оптимизации сечения колонн и толщины фундаментной плиты.

Технология устройства монолитных перекрытий с применением пустотообразователей

Выделяют несколько технологий устройства плит перекрытия с применением пустотообразователей. Так, в работе [13] описывается технология, по которой на первом этапе выполняется монтаж опалубки. На втором этапе производят укладку нижней арматурной сетки и каркаса ребер между пустотообразователями. На третьем этапе осуществляется бетонирование нижней полки перекрытия. Установку пустотообразователей следует производить на свежесуложенный бетон, для их сцепления (до набора прочности бетона более 1,5МПа), что исключает их всплытие при последующем бетонировании. На четвертом этапе выполняется монтаж верхней

арматурной сетки и бетонирование верхней части перекрытия. При этом бетон следует укладывать сначала на пустотообразователи, далее на ребра.

Недостатком данной технологии является двухстадийный процесс бетонирования, в связи с чем, возникают проблемы обеспечения адгезии и гидроизоляции рабочего шва. Механические воздействия, возникающие при установке пустотообразователей на свежееуложенный бетон нижней полки плиты чреваты возникновением дефектов его структуры и свойств. Следует отметить низкие показатели прочности и трещиностойкости бетона нижнего пояса плит в связи с ее относительно малой толщиной. Кроме того непрерывность процесса бетонирования верхней части перекрытия затрудняется необходимостью укладки бетона сначала на пустотообразователи, а затем на ребра.

Другая технология, описанная в работе [14] отличается тем, что после монтажа опалубки и укладки нижней арматурной сетки и каркаса ребер, производят монтаж пустотообразователей с последующей укладкой верхней арматурной сетки и бетонированием. Укладку бетона осуществляют в два этапа. На первом этапе бетонированию подвергается нижний пояс плиты перекрытия, с технологической выдержкой необходимой для набора бетоном прочности более 1,5 МПа. На втором этапе бетонированию подвергается ребра между пустотообразователями и верхнюю полку плиты перекрытия.

Помимо недостатков, отмеченных в первом методе, в данной технологии следует отметить сложность процесса первого этапа бетонирования нижнего пояса плиты перекрытия. При не обеспечении достаточной толщины этого слоя не произойдет адгезия пустотообразователей, что приведет к их всплытию при втором этапе бетонирования. Чрезмерная толщина первого слоя приведет к всплытию пустотообразователей, что не обеспечит их проектное положение.

Третий способ устройства монолитных перекрытий с использованием пустотообразователей [15] позволяет осуществить переход к одностадийному бетонированию на всю толщину плиты перекрытия за счет применения специальных фиксаторов, которые обеспечивают проектное положение пустотообразователей при их всплытии в процессе бетонирования. Технология устройства плиты перекрытия с пустотообразователями по данному способу включает следующие процессы: монтаж опалубки, укладка нижней арматурной сетки и каркаса ребер, установку пустотообразователей, монтаж фиксаторов пустотообразователей, укладка верхней арматурной сетки, бетонирование в один слой.

Недостатком данного способа связанного с применением фиксаторов является необходимость сверления отверстий в опалубке под фиксирующие скобы, что увеличивает трудоемкость работ и приводит к быстрому изнашиванию опалубки перекрытия.

Данная технология устройства монолитных перекрытий с применением пустотообразователей по нашему мнению является наиболее эффективной, так как осуществляется при одностадийном бетонировании, но, не смотря на это, нижний пояс плит перекрытий отличается относительно невысокой прочностью и трещиностойкостью в связи с ее малой толщиной. Также к недостатку следует отнести отсутствие в нашей стране необходимой нормативной базы по расчету, проектированию, изготовлению и устройству монолитных перекрытий с применением пустотообразователей и производственной базы по их производству.

Способ устранения недостатков монолитных перекрытий с применением пустотообразователей и специальных фиксаторов

Для устранения недостатка невысокой прочности и трещиностойкости нижнего пояса плит перекрытий авторами предлагается применение сталефибробетонных смесей при бетонировании. Известно [16], что введение стальных волокон в бетон в количестве 20-50 кг на 1 м³ повышает прочность на растяжение при изгибе в 2-3 раза, на сжатие до 10-50 %, на осевое растяжение до 50-80 %, ударную вязкость в 8-10 раз, модуль упругости до 20 %, трещиностойкость в 2-3 раза, долговечность – в 2 раза. Не менее чем на класс повышается морозостойкость и водонепроницаемость. Это дополнительно позволит сократить расход арматуры в железобетонных конструкциях, что компенсирует затраты связанные с удорожанием бетона с волокнами.

Для сравнения материалоемкости сплошного монолитного железобетонного перекрытия, монолитного железобетонного перекрытия с неизвлекаемыми пустотообразователями и монолитного сталефибробетонного перекрытия с неизвлекаемыми пустотообразователями и были выполнены расчеты по предельным состояниям первой и второй группы по СП 52-101-2003 в соответствии с требованиями пп. 6.1.1-6.1.10. Для примера была принята часть плиты перекрытия по технологии Daliform Group для системы U-Boot Beton с размерами в плане 1,44×1,44 м.

По результатам расчетов установлено, что применение монолитного сталефибробетонного перекрытия с неизвлекаемыми пустотообразователями позволяет снизить процент армирования на 9,82 %, по сравнению с другими исследуемыми вариантами, снизить расход бетона по сравнению со сплошной монолитной плитой почти в 2 раза.

Важным критерием достижения эффективности монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями является соблюдение технологии их устройства, что достигается своевременным контролем качества на этапах входного, операционного и приемочного контроля. На следующем этапе исследований изучены основные дефекты и повреждения монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями и причины их возникновения. Предложен состав операций и средства контроля процессов устройства перекрытий.

Основные дефекты и повреждения монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями

На данном этапе рассмотрены наиболее характерные дефекты и повреждения, возникающие при строительстве и в процессе эксплуатации монолитных перекрытий из фибробетона с неизвлекаемыми пустотообразователями, а также причины их возникновения (табл. 1).

Таблица 1

Характерные дефекты и повреждения возникающие при возведении монолитных перекрытий с неизвлекаемыми пустотообразователями и причины их возникновения

Конструктивный элемент	Наименование дефектов и повреждений	Причины возникновения
Опалубка	Щели в стыковых соединениях, отклонения от проектных размеров	Применение несертифицированных изделий; несоответствие геометрических параметров изделий; несоблюдение проектных размеров при установке, ненадлежащее крепление щитов опалубки
Арматура	Не точность установки арматурных изделий, коррозия элементов, некачественно выполненная сварка (вязка) узлов каркаса	Применение несертифицированных изделий; воздействие агрессивных сред; отсутствие у арматурщиков соответствующей квалификации
Муфта для крепления пустотообразователей	Коррозия элементов, несоответствие геометрических параметров	Применение несертифицированных изделий; нарушение правил транспортировки и хранения; механические воздействия; отсутствие защитного покрытия; воздействие агрессивных сред
Пустотообразователи	Смещение пустотообразователей в горизонтальном и вертикальном направлениях	Применение несертифицированных изделий; несоответствие геометрических параметров изделий; несоблюдение проектных размеров при установке
Фибробетон	Неоднородность смеси	Нарушение технологии производства; нарушение технологии бетонирования;

Как видно из табл. 1, наиболее распространенными причинами появления дефектов и повреждений, возникающих при строительстве данных плит перекрытий, являются не обеспечение контроля операций на этапах подготовительных работ, монтажа пустотообразователей, приемки выполненных работ.

Контроль качества при установке пустотообразователей и монтаже фиксаторов

Состав операций и средства контроля на подготовительном этапе, при монтаже пустотообразователей и приемке выполненных работ при установке пустотообразователей и монтаже фиксаторов приведен в табл. 2.

Таблица 2

Состав операций и средства контроля

Этапы работ	Контролируемые операции	Контроль (метод, объем)	Документация
Подготовительные работы	Проверить: <ul style="list-style-type: none"> - наличие документа о качестве и соответствие характеристик пустотообразователя проектным; - качество поверхности, точность геометрических параметров, внешний вид вкладышей, соединительных муфт и фиксаторов; - наличие акта освидетельствования (приемки), ранее выполненных работ; - очистку опорных поверхностей ранее смонтированных и поднимаемых пустотообразователей от мусора, грязи, снега и наледи; - наличие ориентировочных рисков, определяющих проектное положение монтируемого вкладыша. 	Визуальный Измерительный, каждый элемент Визуальный Визуальный Визуальный	Паспорта (сертификаты качества), общий журнал работ, акт освидетельствования (приемки) ранее выполненных работ.
Монтаж пустотообразователей	Контролировать: <ul style="list-style-type: none"> - установку вкладышей в проектное положение: отклонение от оси в продольном и поперечном направлениях – контроль установки муфт (отклонение по горизонтали) и контроль высоты ножки (отклонение по вертикали); - установки фиксаторов пустотообразователей. 	Измерительный Измерительный	Общий журнал работ
Приемка выполненных работ	Проверить: <ul style="list-style-type: none"> - фактическое положение смонтированных пустотообразователей; - внешний вид лицевых поверхностей; - несущую способность пустотообразователя. 	Измерительный Визуальный Измерительный	Акт освидетельствования (приемки) выполненных работ, исполнительная геодезическая схема
Контрольно-измерительный инструмент: рейка-отвес, уровень строительный, линейка металлическая, нивелир, теодолит.			
Операционный контроль осуществляют: мастер (прораб), геодезист – в процессе работ. Приемочный контроль осуществляют: работники службы качества, мастер (прораб), представители технадзора заказчика.			

Технические требования:

а) геометрические размеры пустотообразователей, должны соответствовать требованиям, приведенным на рис. 2.

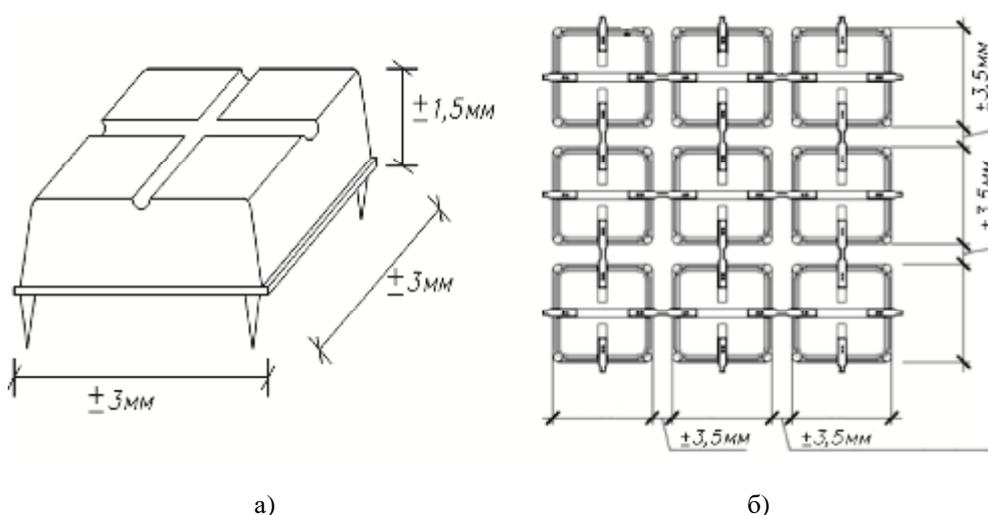


Рис. 2. Технические требования к геометрическим размерам пустотообразователей:
 а – допустимые отклонения геометрических размеров пустотообразователей по длине, ширине и высоте; б – допустимые отклонения расстояния между пустотообразователями для продольных и поперечных балок

б) Требования к качеству применяемых материалов и приемки.

Материал пустотообразователей должен отвечать требованиям нормативных документов для данного вида продукции. Пустотообразователи должны обладать прочностью, жесткостью, неизменяемостью формы и устойчивостью в рабочем положении, в условиях монтажа и транспортирования.

Пустотообразователи должны быть прочно закреплены друг с другом с помощью соединительных муфт при раскладке. Не допускается использовать при монтаже поврежденные пустотообразователи – трещины, неисправность ножки, не симметричность вкладыша, перекошенность, так же их замена на другой без внесения изменений в проектную документацию.

При приемке опалубки необходимо проверить наличие паспорта с инструкцией по монтажу и эксплуатации пустотообразователей, проверить геометрические размеры, качество рабочих поверхностей, качество поверхностей, не соприкасающихся с бетоном.

При монтаже пустотообразователей замеряют несущую способность их верхней стороны. Допустимая вертикальная равномерно-распределенная нагрузка на верхнюю сторону вкладыша (для площадки размерами не более 43×43 см) составляет не более 1,2 тс/м².

Заключение

1. По результатам анализа литературы рассмотрены различные технологии устройства монолитных перекрытий с применением пустотообразователей. Определены их достоинства и недостатки. Выявлено, что наиболее эффективной является технология с применением специальных фиксаторов, позволяющих бетонировать плиту перекрытия на всю толщину в один этап, принятая для дальнейших исследований.

2. По результатам выявленных недостатков в виде невысокой прочности и трещиностойкости нижнего пояса плит перекрытий исследуемой технологии предложено использование сталефибробетонных смесей при бетонировании.

3. По результатам выполненных расчетов установлено, что использование сталефибробетонна в перекрытиях с неизвлекаемыми пустотообразователями позволяет снизить процент армирования на 9,82 %, по сравнению с другими исследуемыми вариантами, снизить расход бетона по сравнению со сплошной монолитной плитой почти в 2 раза.

4. Выявлены основные дефекты и повреждения, возникающие при строительстве и в процессе эксплуатации монолитных перекрытий из сталефибробетона с неизвлекаемыми пустотообразователями и установлены основные причины их возникновения. Предложен состав операций и средства контроля.

Список библиографических ссылок

1. Фоломеев А. А. Снижение материалоемкости железобетонных конструкций. М. : Стройиздат, 1974. 66 с.
2. Воеводин А. А. Предварительно напряженные системы элементов конструкций. М. : Стройиздат, 1989. 304 с.
3. Иванов И. А. Легкие бетоны на искусственных пористых заполнителях. М. : Стройиздат, 1993. 182 с.
4. Бугаевский С. А. Современные облегченные железобетонные перекрытия с применением неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей // Научный вестник строительства. 2015. № 692. С.74–75.
5. AirDeck System // airdeck.com: официальный сайт AirDeck System.2013. URL: <http://www.airdeck.com/> (дата обращения: 16.03.2018).
6. Tina, Lai. Structural Behavior of BubbleDeck Slabs and Their Application to Lightweight Bridge Decks // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. № 45. P. 54.
7. Mota Mike. Voided two-way flat plate slabs // STRUCTURE magazine. 2009. № 7. P. 7.
8. Чураков А. Г. Двухосная пустотная плита с инновационными видами пустот // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 6 (21).С.70–88.
9. Карапетян А. Х. Технология Cobiax: экономично – экологично – быстро // Вестник Российского союза строителей. 2013. № 2. С. 20–21.
10. CobiaxTechnologiesAG // cobiax.com : официальный сайт Cobiax. 2014. URL: <http://www.cobiax.com/startseite> (дата обращения: 17.03.18).
11. DALIFORMgroup // daliform.com : официальный сайт DALIFORM. 2014. URL: <http://ru.daliform.com/prodotti/categorie.php> (дата обращения: 18.03.18).
12. Beeplate System // beeplate.com : официальный сайт Beeplate System. 2014. URL: <http://www.beeplate.com> (дата обращения: 18.03.18).
13. Способ устройства железобетонного перекрытия облегченного типа : пат. 69346 Украина, № 201112222 ; заявл. 18.10.2011 ; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. 1 с.
14. Способ устройства облегченного железобетонного перекрытия : пат.75556 Украина, № 201204865 ; заявл. 18.04.2012 ; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23. 2 с.
15. Способ изготовления многополостной железобетонной монолитной плиты: пат. 65670 Украина, № 20023032057 ; заявл. 07.03.2003 ; опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12. 1 с.
16. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Сабитов Л. С. Экспериментальные исследования эффективности дисперсного армирования растянутой зоны бетонных изгибаемых элементов // Научный журнал строительства и архитектуры. 2010. № 1. С. 119–125.

Mukhametrakhimov Rustem Khanifovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: muhametrahimov@mail.ru**Khuzin Airat Faritovich**

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: airat.khuzin2010@yandex.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenayast., 1

Khamidullina Dinara Damirovna

engineer of production and technical department

LLC «ProjectStroyMontazh»

The organization address: 420087, Russia, Kazan, Kurchatova st., 6

Technology of device and quality control of monolithic steel-fiber concrete slabs using emptiness-formers

Abstract

Problem statement. The purpose of this work is studying the features of the technology of monolithic slabs with emptiness-formers, to identify its disadvantages and suggest ways to eliminate them.

Results. At the first stage, the reasons for the low quality of monolithic slabs with emptiness-formers are studied and the ways to eliminate the identified disadvantages are proposed. At the second stage, the main defects and damages arising in construction, repair and operation of these floor slabs are determined. At the third stage, the features of the quality control system, carried out directly at the production of monolithic slabs with the use of emptiness-formers, operation list and control means are proposed.

Conclusions. The significance of presented results for the construction industry is to improve the quality of monolithic slabs using emptiness-formers. The use of steel fiber concrete slabs with a unrecoverable emptiness-formers allows to reduce the percentage of reinforcement by 9,82 %, compared to the other studied form of slabs and to reduce the consumption of concrete compared to a solid monolithic slab almost two times.

Keywords: lightweight monolithic slab, an efficient structural shape, unrecoverable emptiness-formers.

References

1. Folomeev A. A. Reduction of material consumption of reinforced concrete structures. M. : Stroyizdat, 1974. 66 p.
2. Voevodin A. A. Prestressed systems of structural elements. M. : Stroyizdat, 1989. 304 p.
3. Ivanov I. A. Light weight concrete on artificial porous aggregates. M. : Stroyizdat, 1993. 182 p.
4. Bugaevskiy S. A. Modern lightweight reinforced concrete floors with the use of non-removable void-form liners // *Naychniy vestnik stroitelstva*. 2015. № 692. P. 74–75.
5. AirDeck System // *airdeck.com*: official site AirDeck System. 2013. URL: <http://www.airdeck.com/> (reference date: 16.03.2018).
6. Tina, Lai. Structural Behavior of BubbleDeck Slabs and Their Application to Lightweight Bridge Decks // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017. № 45. P. 54.
7. Mota Mike. Voided two-way flat plate slabs // *STRUCTURE magazine*. 2009. № 7. P. 7.
8. Churakov A. G. Biaxial hollow slab with innovative types of voids // *Stroitelstvo unikalnih zdaniy I sooruzheniy*. 2014. № 6 (21). P. 70–88.
9. Karapetyan A. H. Cobiax technology: cost – effective- environmentally friendly – fast // *Vestnik Rossiyskogo soyuza stroiteley*. 2013. № 2. P. 20–21.
10. Cobiax Technologies AG // *cobiax.com* : official site Cobiax. 2014. URL: <http://www.cobiax.com/startseite> (reference date: 17.03.18).
11. DALIFORMgroup // *daliform.com* : official site DALIFORM. 2014. URL: <http://ru.daliform.com/prodotti/categorie.php> (reference date: 18.03.18).
12. Beeplate System // *beeplate.com* : official site Beeplate System. 2014. URL: <http://www.beeplate.com/> (reference date: 18.03.18).
13. Production technology of lightweight reinforced concrete : patent 69346 of the Ukraine, № 201112222 ; decl. 18.10.2011 ; publ. 25.04.2012, Bull. in № 8. 1 p.
14. Production technology of lightweight reinforced concrete : patent 75556 of the Ukraine, № 201204865 ; decl. 18.04.2012 ; publ. 10.12.2012, Bull. in № 23. 2 p.
15. Production technology of multi-cavity reinforced concrete monolithic plate: patent 65670 of the Ukraine, № 20023032057 ; decl. 07.03.2003 ; publ. 15.12.2003, Bull. in № 12. 1 p.
16. Izotov V. S., Mukhametrakhimov R. K., Sabitov L. S. Experimental studies of the efficiency of dispersed reinforcement of the stretched zone of concrete bending elements // *Nauchnyy gurnal stroitelstva i arhitekturi*. 2010. № 1. P. 119–125.



УДК 625.08

Габдуллин Талгат Ривгатович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: talgat2204@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Совершенствование состава горячего термопластика

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследований совершенствование состава горячего термопластика с целью повышения сроков эксплуатации дорожной разметки и снижение финансовых затрат выполнении дорожно-разметочных работ.

Результаты. Основные результаты исследования заключаются в разработке более совершенного термопластика на основе добавления в его типовой состав строго дозированного количества пластификаторов. В результате достигается необходимый уровень пластичности термопластика, исключающее возникновение трещин и сколов от нагрузок при проезде по поверхности разметки транспортных средств.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в получении усовершенствованного состава термопластика. Описаны этапы его получения. Установлено, что срок эксплуатации горизонтальных линий дорожной разметки, нанесенные предлагаемым составом, будут повышаться. Соответственно, полученный состав термопластика является наиболее практичным по сравнению с типовыми составами материалов для нанесения дорожной разметки.

Ключевые слова: линия, дорожная разметка, дорожное покрытие, состав, пластификатор, пластичность, нагрузка, пятно контакта, качество, способ, экономичность.

Введение

Основным недостатком горизонтальной дорожной разметки из термопластика, влияющей на срок службы, является износ (рис. 1) [1].



Рис. 1. Износ дорожной разметки:

а) первоначальное состояние разметки; б) разметка после двух месяцев эксплуатации

Основными причинами износа горизонтальной дорожной разметки являются ее отслоение и истирание [2].

Отслоение может происходить:

- по причине плохого сцепления термопластика с асфальтовым покрытием из-за недостаточно строгого соблюдения технологических условий нанесения разметки – не обеспечивается необходимая степень чистоты поверхности нанесения разметки от пыли, грязи, влаги и др.;

- за счет возникновения трещин разметочного материала от осевых нагрузок транспортных средств из-за недостаточной ее пластичности. В трещины попадает влага, которая просачиваясь под разметку, ускоряет ее отслоение.

В случае нанесения термопластика при температуре воздуха ниже рекомендованной происходит ухудшение характеристик линий разметки, и такое ухудшение можно только частично компенсировать повышением температуры материала. Следует отметить, что при повышении температуры начинается термическое разложение термопластика, поэтому превышение рекомендованной температуры неизбежно приводит к ухудшению характеристик материала (уменьшение коэффициента яркости, увеличение желтизны, ухудшение физико-механических характеристик).

Если не удастся компенсировать пониженную температуру асфальтобетона и воздуха в достаточной мере, то происходит частичное или полное отслоение полосы термопластика. При этом наблюдаются трещины на поверхности разметки. При высокой дневной температуре термопластик вновь прилипает к асфальту. Но в любом случае срок службы такой разметки снижается.

Вторым, хорошо известным недостатком, влияющим на срок эксплуатации дорожной разметки, является ее истираемость.

Истираемость – это способность материала изменяться в объёме и массе под действием истирающих воздействий. Истираемость зависит от твердости материала: чем выше твердость, тем меньше истираемость [1].

Пример истираемости горизонтальной разметки из термопластика на дорогах г. Казани представлен на рис. 2.



Рис. 2. Пример истираемости горизонтальной разметки

В статье приведены результаты исследований направленных на повышение пластичности термопластика, как материала, имеющего больший срок эксплуатации и, соответственно, экономически более целесообразного материала для нанесения дорожной разметки.

Постановка задачи

Долговечность разметки (срок ее эксплуатации) зависит от свойств маркировочного материала и величины воспринимаемой эксплуатационной нагрузки.

В целях повышения срока эксплуатации горизонтальной дорожной разметки предлагается усовершенствовать состав термопластика (маркировочного материала) повышением ее характеристик пластичности.

Результаты исследований

Изучение и исследования проблемы истираемости горизонтальной дорожной разметки проводились согласно «Методическим рекомендациям по определению износа горизонтальной дорожной разметки по площади» (Приняты и введены в действие письмом Государственной службы дорожного хозяйства министерства транспорта Российской Федерации (Росавтодор) от 19.11.2003 № ОС-1017-р.) и «Рекомендации по

контролю качества горизонтальной дорожной разметки» (Приняты и введены в действие письмом Государственной службы дорожного хозяйства министерства транспорта Российской Федерации (Росавтодор) от 22.01.2004 г. № ОС-28/352-ис.)

Причинами истираемости являются несовершенный состав материала разметки и осевое давление на разметку преимущественно от большегрузных автомобилей. Допустимые осевые нагрузки транспортных средств, в зависимости от расположения осей транспортного средства (ТС) и расстояния между ними на дорожное покрытие представлены в табл.

Таблица

Осевые нагрузки транспортных средств на дорожное покрытие

Расположение осей ТС	Расстояние между осями, м	Допустимые осевые нагрузки колесных ТС в зависимости от и числа осей и количества колес на оси		
		для АД, рассчитанных на допустимую осевую нагрузку 6 тонн/ось	для АД, рассчитанных на допустимую осевую нагрузку 10 тонн/ось	для АД, рассчитанных на допустимую осевую нагрузку 11,5 тонн/ось
Одиночные	от 2,5 м и более	5,5 (6)	9(10)	10,5 (11,5)
Спаренные оси большегрузных ТС всех категорий при межосевом расстоянии	до 1	8(9)	10(11)	11,5 (12,5)
	от 1 до 1,3	9(10)	13(14)	14 (16)
	от 1,3 до 1,8	10(11)	15(16)	17(18)
Тройные оси большегрузных ТС всех категорий при межосевом расстоянии	от 1,8 до 2,5	11 (12)	17(18)	18 (20)
	до 1	11(12)	15 (16,5)	17(18)
	до 1,3	12(13)	18 (19,5)	20 (21)
	от 1,3 до 1,8	13,5 (15)	21 (22,5**)	23,5 (24)
Ближние оси большегрузных ТС всех категорий с количеством осей более трех при межосевом расстоянии (нагрузка на одну ось)	от 1,8 до 2,5	15 (16)	22 (23)	25 (26)
	до 1	3,5 (4)	5 (5,5)	5,5 (6)
	от 1 до 1,3	4 (4,5)	6 (6,5)	6,5 (7)
	от 1,3 до 1,8	4,5 (5)	6,5 (7)	7,5 (8)
Ближние оси большегрузных ТС всех категорий имеющих на каждой оси по восемь и более колес	от 1,8 до 2,5	5 (5,5)	7 (7,5)	8,5 (9)
	до 1	6	9,5	11
(нагрузка на одну ось)	от 1 до 1,3	6,5	10,5	12
	от 1,3 до 1,8	7,5	12	14
	от 1,8 до 2,5	8,5	13,5	16

В целях минимизации истираемости и, тем самым, продления срока службы дорожной разметки из термопластика предлагается добавление пластификаторов в типовой состав термопластика.

В качестве добавок к типовому составу термопластика были выбраны следующие материалы: пластификатор «Праймер» ЕС и полимер KRATON D-1101 используемых при изготовлении асфальтобетона.

Данные добавки были выбраны на основе хорошо изученности их свойств и широкой применяемости в разработке составов дорожных покрытий.

Пластификатора ЕС представляет собой полимерную систему, применяемую в целях повышения адгезии, устойчивости материала к разрывам, его твердости и стойкости к истиранию, улучшения пластичности, эластичности и удобства к нанесению, а также расширения температурного диапазона эксплуатации.

Полимер KRATON D-1101 применяется, как модифицирующая добавка к термопластичным полимерам и может быть использован при создании различных адгезивов, герметиков и покрытий широкого диапазона применения. Данный полимер также повышает твердость и стойкость к истиранию материала разметки и обеспечивает надежное его сцепление с асфальтобетоном, Полимер становится мягкой и более гибкой при низких температурах и более вязкой при высоких температурах.

Для определения оптимального состава материала разметки был подготовлен и проведен следующий эксперимент.

В лабораторных условиях были изготовлены семь партий (по десять в каждой партии) образцов термопластика с различными составами. Десять образцов первой партии были сделаны из типового состава термопластика. Для второй партии были изготовлены три группы по десять образцов с добавлением в состав термопластика пластификатора «Праимер» ЕС по 0,5 %, 1,0 % и 1,5 % соответственно в каждую группу. Третья партия была изготовлена добавлением полимера KRATON D-1101 аналогично второй партии три группы по десять образцов также по 0,5 %, 1,0 % и 1,5 % соответственно.

Образцы изготавливались следующим образом:

на электрическую плиту устанавливалась металлическая чаша с типовым составом термопластика, которого, тщательно перемешивая, нагревали до 180...200 °С. Затем расплавленный горячий термопластик для получения образцов нужных размеров заливался в заранее подготовленные цилиндрические формы. Чтобы изготовить образцы второй и третьей партий в термопластик при нагреве добавлялись пластификатор «Праимер» ЕС и полимер KRATON D-1101 строго в расчетном количестве.

Испытание образцов на сжатие

Для расчета максимальных осевых нагрузок был выбран автомобиль-самосвал VOLVO FM 400 6×4. Данный выбор обосновывался наиболее распространенной ее массой среди автомобилей-тяжеловозов и характерной осевой нагрузкой на дорожное покрытие. Площадь пятна контакта измерялась на реальном самосвале. Процесс измерений пятна контакта представлен на рис. 3.

Произведенные по результатам практических измерений расчеты пятен контакта колес для выбранного самосвала показали, что дорожная разметка испытывает удельную нагрузку равную $P_{oc} = 18,3 \text{ кг/см}^2$.

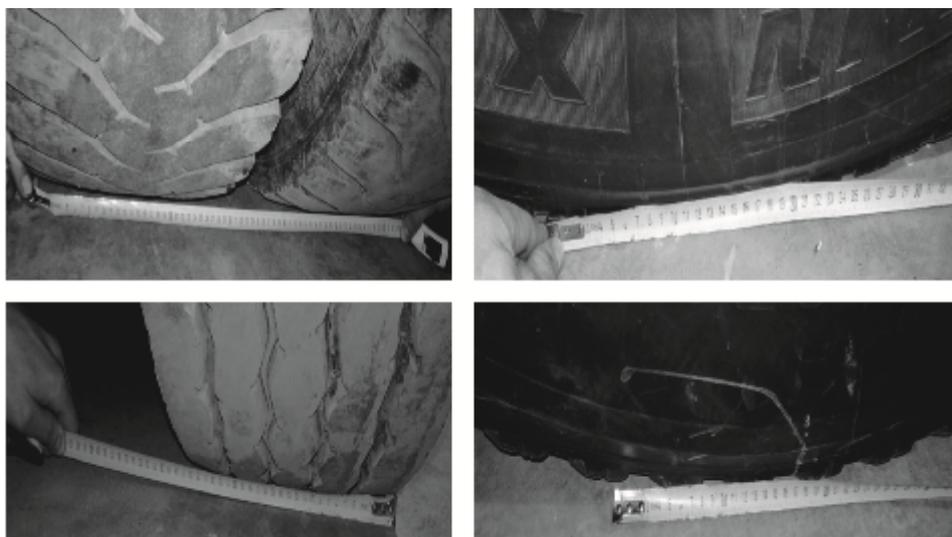


Рис. 3. Измерения пятен контакта колес автомобиля VOLVO FM 400 6×4

Под таким давлением изготовленные образцы испытывались на прессе ПСУ 10 на сжатие. После достижения требуемого значения давления в целях определения порога разрушения образца давление сжатия продолжали повышать до появления признаков критических разрушений.

Процесс испытания образцов показан на рис. 4.

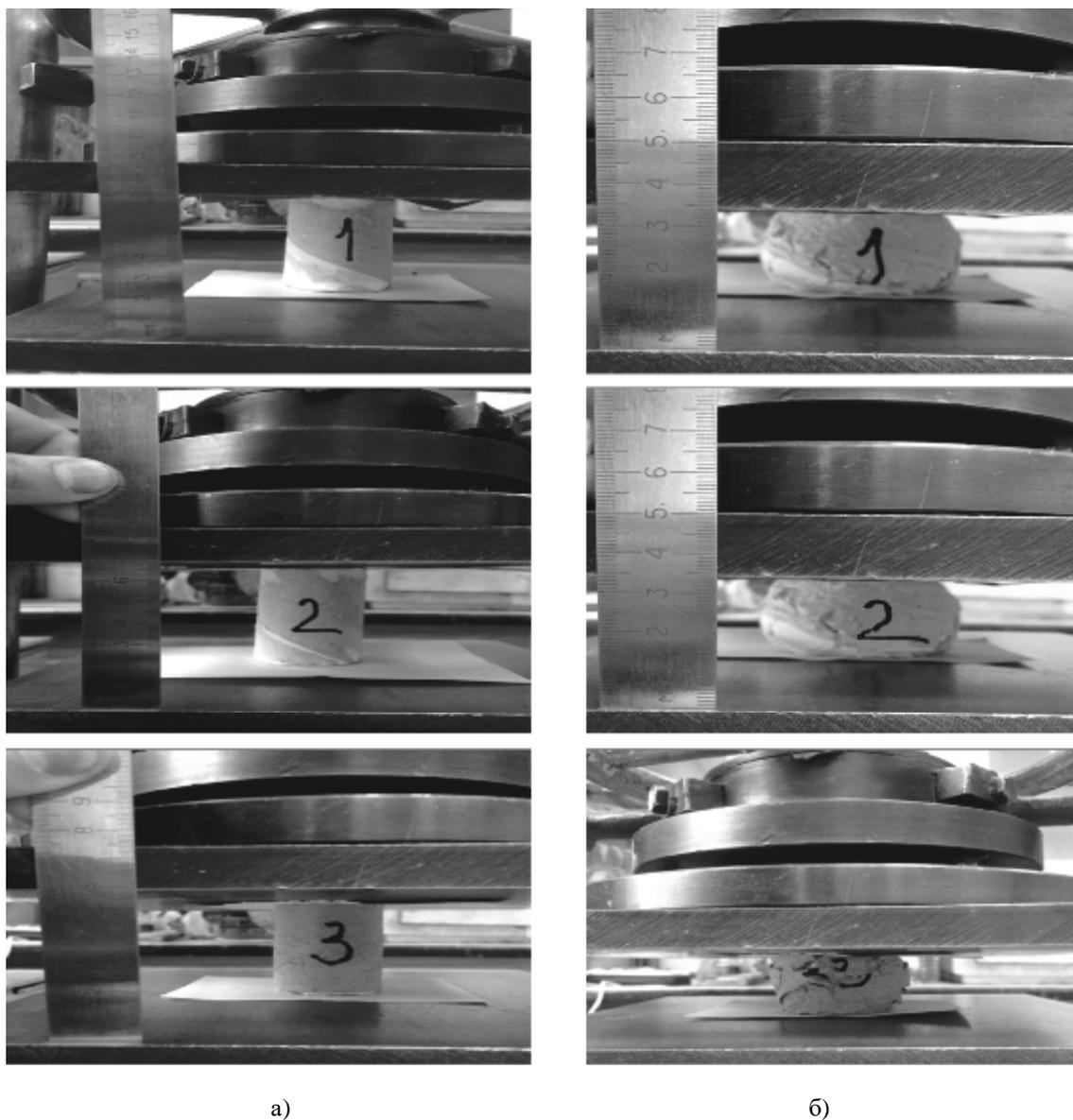


Рис. 4. Испытание образцов:
а) исходное состояние; б) вид крена при достижении требуемого давления

Образцы партии № 1 без добавления пластификатора. В процессе сжатия расчетным давлением в образцах данной партии наблюдается картина потери формы, далее появление трещин и полное разрушение.

Образцы партии № 2 с добавлением полимера KRATON D-1101. Наилучшие результаты показали образцы с добавлением пластификатора в количестве 1% от массы термопластика. Средняя нагрузка, которую выдержали данные образцы, по результатам экспериментов составила 380 кгс или 23,8 кг/см². Выдержанная нагрузка в 1,3 раза превосходит расчетную.

Образцы партии № 3 добавлением пластификатора «Праймер» ЕС. Результаты испытаний показали, что наилучшие показатели имеют образцы с дозировкой полимера в 1,5 %. Средняя нагрузка, которую выдержали образцы данной партии по результатам экспериментов составила 930 кгс или 58,1 кг/см². Выдержанная нагрузка в 3 раза превосходит расчетную.

При испытании образцов с добавлением пластификатора «Праймер» ЕС наблюдались начальные проявления потери формы, незначительные трещины и сжатие образца без критических разрушений. Следовательно, проведенные испытания позволяют сделать вывод о том, что добавление данного пластификатора положительно влияет на рабочие характеристики термопластика, а именно повышает его пластичность без потери прочности, минимизируя тем самым возникновение трещин на поверхности дорожной разметки.

Сравнительный анализ результатов испытаний образцов всех трех партий показал, что лучшие результаты показали образцы термопластика с добавлением пластификатора «Праймер» ЕС в 1 %.

Заключение

Таким образом, добавление небольшого количества пластификатора (1 %) в состав термопластика, на наш взгляд, позволяет достаточно успешно решить задачу повышения истираемости и износостойкости дорожной разметки, так как термопластик становится более пластичным и испытываемые разметкой нагрузки не приводят к образованию трещин с последующим ее отслаиванием от поверхности дорожного покрытия. Соответственно увеличивается срок эксплуатации дорожной разметки и исчезает необходимость ежегодного нанесения (освежения) разметки, тем самым достигается значительная экономия сил и средств.

Список библиографических ссылок

1. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог. М. : Академия, 2010. 320 с.
2. Подольский В. П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Дорожные покрытия. М. : Академия, 2012. 304 с.
3. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение. М. : Машиностроение, 2009. 528 с.
4. Шарапов Р. Р., Романович А. А., Харламов Е. В. Строительные и дорожные машины и оборудование: лабораторный практикум. Белгород : БГТУ. 2014. 125 с.
5. Габдуллин Т. Р. Нанесение дорожной разметки на влажное дорожное покрытие // Известия КГАСУ. 2016. № 1 (35). С. 240–246.
6. Габдуллин Т. Р., Земдыханов М. М. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа // Известия КГАСУ. 2014. № 4 (30). С. 464–469.
7. Абрамов А. Т. Экономическое обоснование инженерных задач в дипломных проектах: методические рекомендации. Барнаул : АГАУ, 2002. 68 с.
8. Габдуллин Т. Р., Загретдинов Р. В. Повышение производительности систем управления дорожно-строительной техникой при использовании систем глобального спутникового позиционирования. // Известия КГАСУ. 2014. № 4 (26). С. 397–402.
9. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark J.Thompson «Validation of Intelligent Technology», Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
10. 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. С. 012119.
11. 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

Improving the composition of hot thermoplastic**Abstract**

Problem statement. The aim of the research is to improve the composition of hot thermoplastics in order to increase the life of the road marking and reduce the financial costs of road marking.

Results. The main results of the research consist in the development of a more advanced thermoplastic on the basis of the addition of a strictly dosed amount of plasticizers to its standard composition. As a result, the necessary level of plasticity of the thermoplastic is attained, which excludes the appearance of cracks and chips from loads when driving through the marking surface of vehicles.

Conclusions. The significance of the results obtained for the road construction industry is to obtain an improved composition of thermoplastic. The stages of obtaining it are described. It is established that the service life of horizontal road marking lines applied by the proposed composition will increase. Accordingly, the obtained composition of thermoplastic is economically more advantageous in comparison with typical compositions of materials for applying road marking.

Keywords: line, road marking, road surface, composition, plasticizer, plasticity, load, contact spot, quality, method, economy.

References

1. Vasilyev A. P. Operation of highways. M. : Academy, 2010. 320 p.
2. Podolsky V. P. Technology and organization of construction of highways. Road coverage. M. : Academy, 2012. 304 p.
3. Lakhtin Yu. M., Leontieva V. P. Material Science. M. : Mashinostroenie, 2009. 528 p.
4. Sharapov R. R., Romanovich R. A., Kharlamov E. V. Building and road machines and equipment: laboratory practical. Belgorod : Baltic State Technical University, 2014. 125 p.
5. Gabdullin T. R. Road marking on wet coating // Izvestiya KGASU, 2016, № 1 (35). P. 240-246.
6. Gabdullin T. R., Zemdihanov M. M. Development of the machine to remove the markup with hydrodynamic cavitation working body type // Izvestiya KGASU. 2014. № 4 (30). P. 464-469.
7. Abramov A. T. Economic justification of engineering problems in the graduation projects: methodological recommendations. Barnaul : ASAU, 2002. 68 p.
8. Gabdullin T.R. Productivity improvement of machine control systems using new global satellite positioning systems // Izvestiya KGASU. 2013. № 4 (26). P. 397-402.
9. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark J. Thompson «Validation of Intelligent Technology», Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
10. 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.
11. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom : ICE Publishing, 2014. 588 p.



УДК 533.69.048

Гумеров Анвар Васильевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: anvar_gumerov@list.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Жерехов Владимир Викторович

кандидат технических наук, доцент

Казанский национальный исследовательский технический университет им.

А.Н. Туполева

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 10

Определение сил, действующих на, движущуюся под углом атаки, пластину методом дискретных вихрей

Аннотация

Постановка задачи. Требуется определить силу, действующую на пластину при его обтекании несжимаемым потоком воздуха при различных углах атаки.

Результаты. Получены зависимости коэффициента нормальной силы пластины по времени для различных углов атаки методом дискретных вихрей. Варьированием шага интегрирования дифференциальных уравнений оторвавшихся вихрей и разбивкой пластины обеспечивается сходимость расчетных коэффициентов сил с имеющимися экспериментальными результатами.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности оценки пластинчатых элементов конструкции на прочность и усталость, применяя рассчитанные коэффициенты нормальной силы.

Ключевые слова: метод дискретных вихрей, присоединенные и сводные вихри, контрольные точки, пластина, число Струхала, комплексный потенциал течения.

Введение

Расчетный метод дискретных вихрей позволяет моделировать отрывные обтекания различных тел идеальной несжимаемой средой. Данный метод облегчает решение таких задач ввиду линейности уравнения неразрывности и возможности использования наложения потоков. Развитие и распространение метода дискретных вихрей хорошо описано в обзорной статье Сарпкая Т. [1]. В многочисленных работах Белоцерковского С.М. подробно описывается данный метод для различных задач обтекания.

Проведение расчетов методом дискретных вихрей в общем случае заключается в следующем. Контур обтекаемого тела заменяется присоединенными дискретными вихрями, а отрывное движение потока за телом моделируется свободными дискретными вихрями, перемещающимися с местной скоростью среды. Интенсивности присоединенных вихрей в каждый момент времени определяются из условия непроницаемости поверхности обтекаемого тела, и равенства нулю суммарной интенсивности присоединенных и свободных вихрей.

Как правило, при обтекании пластины или прямоугольника их поверхности заменяются непрерывной вихревой пеленой с применением конформного отображения плоскостей [2-4]. Интенсивности отрывающихся вихрей определяются как половина квадрата скорости в точках отрыва, а положения точек схода вихрей определяются из условия Кутты, т.е. из условия конечности скорости на кромках пластины.

В работе Белоцерковского С.М. [5] рассматривается обтекание пластины с заменой ее присоединенными вихрями. Интенсивности отрывающихся вихрей находятся из условия непроницаемости в контрольных точках. Приводится формула для определения коэффициента давления в положении присоединенных вихрей, полученная по давлению в неустановившемся потоке интегралом Коши-Лагранжа.

В настоящей работе моделируется обтекание пластины по методу, описанному у Белоцерковского С.М. [5]. Определение коэффициента аэродинамической силы

проводилось импульсным способом, по формуле приведенным в статье Брайсона [6] и по формуле Белоцерковского С.М. [5], полученного из интеграла Коши-Логранжа.

Постановка задачи и методика расчета

Пусть пластина шириной a (рис. 1), движется в идеальной несжимаемой среде со скоростью V_∞ под углом атаки α . Требуется определить коэффициенты сил, действующих на пластину импульсным способом, для последующего расчета ветровой нагрузки [7].

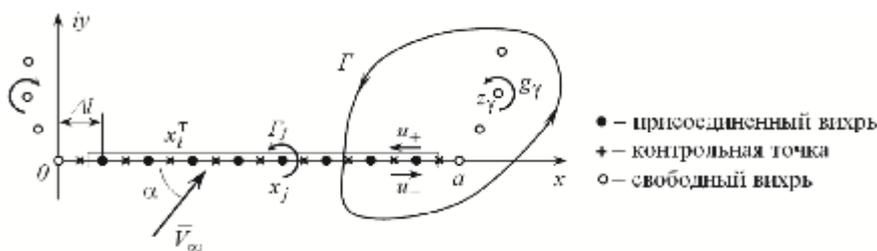


Рис. 1. Расчетная схема обтекания пластины

Составляем систему линейных алгебраических уравнений $AX = B$ для определения интенсивностей присоединенных вихрей Γ_j из условия непроницаемости в контрольных точках, т.е. при $V_n^i = 0$. Матрица A скоростей от присоединенных вихрей заполняется один раз. Скорость, индуцированная j -м присоединенным вихрем в i -й контрольной точке:

$$A = (a_{ij}) = \frac{1}{2\rho(x_i^T - x_j)}$$

Матрица столбец $X = (\Gamma_j)$ представляет собой неизвестные интенсивности присоединенных вихрей. Составляем матрицу столбец B , свободные члены которой известны и представляют собой проекцию скорости от набегающего потока и свободных вихрей на нормаль в каждой контрольной точке. Комплексная скорость, индуцированная свободными вихрями g_g в i -ой контрольной точке, запишется:

$$v_i = \text{conj} \sum_{g=2}^m \frac{g_g}{2\rho(x_i^T - z_g)} \dot{u}_g$$

тогда

$$B = (b_i) = -V_\infty \sin \alpha - \text{Im}(v_i) \tag{1}$$

Полученная матрица A имеет размерность $k \times k - 1$ (т.к. количество присоединенных вихрей на 1 больше контрольных точек), чтобы решить ее необходимо ввести дополнительную строку к системе $AX = B$:

$$\sum_{j=0}^k \dot{a}_j \Gamma_j + \sum_{g=2}^m \dot{a}_g g_g = 0$$

Данное условие следует из теоремы о постоянстве циркуляции по контуру, охватывающему присоединенные вихри на пластине и оторвавшиеся вихри.

Решив полученную систему:

$$\begin{cases} a_{00}\Gamma_0 + a_{01}\Gamma_1 + \dots + a_{0k}\Gamma_k = b_0, \\ a_{10}\Gamma_0 + a_{11}\Gamma_1 + \dots + a_{1k}\Gamma_k = b_1, \\ \dots \\ a_{k-10}\Gamma_0 + a_{k-11}\Gamma_1 + \dots + a_{k-1k}\Gamma_k = b_{k-1}, \\ \Gamma_0 + \Gamma_1 + \dots + \Gamma_k = -\sum g_\gamma \end{cases} \tag{2}$$

методом Гаусса находим интенсивности Γ_j присоединенных вихрей заменяющих пластину. На краях пластины в соответствии с гипотезой Чаплыгина-Жуковского скорости должны быть конечными. Это обеспечивается тангенциальным сходом потока с краев, т.е. в каждый расчетный момент времени крайние присоединенные вихри

принимают за свободные. Что позволяет в каждый расчетный момент времени найти циркуляции свободных (оторвавшихся) вихрей.

Для определения положения свободных вихрей в следующий момент времени необходимо решать систему обыкновенных дифференциальных уравнений движения этих вихрей:

$$\frac{dz_g}{dt} = v_g.$$

Эти уравнения решаются методом Эйлера, обеспечивая при этом численную диффузию вихрей:

$$z_g^{t+Dt} = z_g^t + v_g \times Dt, \tag{3}$$

где Dt – шаг по времени, v_g – скорость свободного вихря, определяется как сопряженная производная от комплексного потенциала течения $F(z)$:

$$F(z) = -i \sum_{j=0}^k \frac{\Gamma_j}{2\rho} \ln(z - x_j) - i \sum_{g=2}^m \frac{\Gamma_g}{2\rho} \ln(z - z_g) + V_\infty z e^{-ia}, \quad v_g = \text{conj} \left[\frac{\partial F}{\partial z} \right]_{z=z_g}.$$

После определения нового положения свободного вихря заново формируется правая часть (1) системы уравнений (2), находятся новые интенсивности присоединенных вихрей и по (3) определяются их последующие положения. Таким образом, выражения (1), (2) и (3) образуют замкнутый цикл численного метода дискретных вихрей.

Определение сил, действующих на присоединенные вихри

Силу, действующую на пластину в каждый момент времени, можно определить по теореме об изменении импульса силы [6], [8]:

$$X + iY = i\rho \frac{d}{dt} \sum_{j=1}^{k-1} \Gamma_j \cdot x_j = i\rho \left[\sum_{j=1}^{k-1} \dot{\Gamma}_j \cdot x_j + \frac{\Gamma_0 \cdot x_0}{\Delta t} + \frac{\Gamma_k \cdot x_k}{\Delta t} \right] - i\rho \sum_{j=1}^{k-1} \Gamma_j \cdot \dot{x}_j. \tag{4}$$

Первое слагаемое в скобках есть сила, действующая на присоединенный вихрь вследствие изменения его интенсивности за промежуток времени Dt . После каждого отрыва крайних вихрей слева и справа от пластины в место них размещаем новые вихри для обеспечения условия Чаплыгина-Жуковского. Поэтому сила от вновь введенных вихрей в конце промежутка Dt учитываются выражениями $\Gamma_0 \cdot x_0 / \Delta t$ и $\Gamma_k \cdot x_k / \Delta t$ в (4). Согласно рис. 1 начало координат совпадает с положением крайнего вихря слева ($x_0=0$) и $\Gamma_0 \cdot x_0 / \Delta t$ не будет влиять на силу. Последнее выражение в (4) учитывает силу, обусловленную наличием скорости в точках расположения присоединенных вихрей:

$$\dot{x}_j = \text{conj} \left[\frac{-i}{2\pi} \sum_{\gamma=2}^m \frac{\Gamma_\gamma}{x_j - z_\gamma} + V_\infty (\cos\alpha - i \sin\alpha) \right].$$

Введя следующие безразмерные переменные $x^* = x/a$, $t^* = V_\infty t/a$, $\Gamma^* = \Gamma/(V_\infty a)$ коэффициенты сил (4) примут вид:

$$c_x + ic_y = \frac{2(X + iY)}{\rho V_\infty^2 a} = i \left(\sum_{j=1}^{k-1} \dot{\Gamma}_j^* \cdot x_j^* - \sum_{j=1}^{k-1} \Gamma_j^* \cdot \dot{x}_j^* + \frac{\Gamma_k^*}{\Delta t^*} \right). \tag{5}$$

Коэффициенты аэродинамических сил также можно получить интегрированием коэффициента давления используя формулу Коши-Лагранжа:

$$c_p = 1 - \frac{u^2}{V_\infty^2} = \frac{2}{V_\infty^2} \times \frac{\Pi_j}{\Pi_t}.$$

Заменим пластину непрерывным вихревым слоем и вычислим нагрузку в некоторой точке s (рис. 1):

$$Dc_p = c_{p-} - c_{p+} = -\frac{u_-^2}{V_\infty^2} + \frac{u_+^2}{V_\infty^2} = \frac{2}{V_\infty^2} \times \frac{\Pi_j}{\Pi_t} - \frac{\Pi_j + \ddot{\circ}}{\Pi_t \ddot{\circ}}.$$

Преобразуем Dc_p согласно [5]:

$$\frac{1}{V_{\infty}^2}(u_+^2 - u_-^2) = \frac{1}{V_{\infty}^2}(u_+ - u_-)(u_+ + u_-).$$

Циркуляция скорости в окрестности точки s равна интенсивности присоединенного вихря:

$$\Gamma_j = \oint y_x dx = (u_- - u_+)Dl. \quad (6)$$

Скорость в вихревом слое:

$$(u_+ + u_-)/2 = u. \quad (7)$$

Циркуляция по контуру, пересекающему вихревой слой в некоторой точке s и охватывающему все вихри справа, равна разности потенциалов (рис. 1):

$$\Gamma = j_+ - j_- = \sum_{j=s}^{k-1} \Gamma_j. \quad (8)$$

Используя полученные выражения (6)-(8) коэффициент давления в точке расположения присоединенного вихря приводится к виду:

$$Dc_{pj} = -\frac{1}{V_{\infty}^2} \frac{\Gamma_j}{Dl} 2u + \frac{2}{V_{\infty}^2} \frac{D\Gamma + \Gamma_k}{Dt}.$$

Или в безразмерных переменных ($u\phi = u/V_{\infty}$)

$$Dc_{pj} = -2\Gamma\phi\phi(k-1) + 2(D\Gamma\phi + \Gamma\phi)/Dt\phi.$$

Суммируя Dc_p по длине пластины и учитывая, что кромки пластины заканчиваются контрольными точками, получим коэффициент нормальной силы:

$$c_y = \frac{Dl}{a} \sum_{j=1}^{k-1} Dc_{pj} = 2 \sum_{j=1}^{k-1} \frac{\Gamma\phi_j}{\phi} + \frac{D\Gamma\phi + \Gamma\phi}{Dt(k-1)\phi}.$$

Учет ядра вихря на картину обтекания и на коэффициент нормальной силы практически не влияет. Как показывают расчеты, часто происходит пробитие пластины свободными дискретными вихрями. Оторвавшийся дискретный вихрь близко подходит к присоединенным вихрям и под их действием оказывается на наветренной стороне пластины. Это приводит к неправильному расчету действующих сил. Для исключения всплесков сил, нормальная составляющая скорости вихря считается равной нулю, если от вихря до пластины меньше чем $Dl = a/k$.

Результаты расчетов

Основными параметрами, влияющие на коэффициент нормальной силы и частоту срыва вихрей с пластины, являются, шаг интегрирования по времени $Dt\phi = 1/n$ и интервал между присоединенными вихрями на пластине $Dx\phi = 1/k$. Методические расчеты показали, что шаг интегрирования $Dt\phi$ сильно влияет на динамику свободных вихрей. Уменьшение $Dt\phi$ затягивает развитие и срыв вихрей, но при этом увеличивает суммарную интенсивность вихрей за пластиной, что ведет к росту коэффициента нормальной силы c_y . Увеличение числа разбивки пластины k мало влияет на частоту срыва вихрей, но приводит к некоторому уменьшению c_y . Это объясняется, тем что, при увеличении разбивки интенсивности крайних вихрей на пластине распределяются более равномерно и интенсивности отрывающихся вихрей становятся не столь значительными.

Расчеты поперечного обтекания пластины при различных параметрах n и k показали, что при $n = 12$ и $k = 20$ среднее значение коэффициента нормальной силы $c_y \approx 2,5$, а число Струхала $Sh = 0,175$ (рис. 2). Как показали последние экспериментальные исследования [11] $Sh = 0,165$, что на 0,01 меньше чем получаемое методом дискретных вихрей. Уменьшением шага интегрирования можно приблизить число Струхала к экспериментальному значению, но при этом увеличится коэффициент сопротивления пластины.

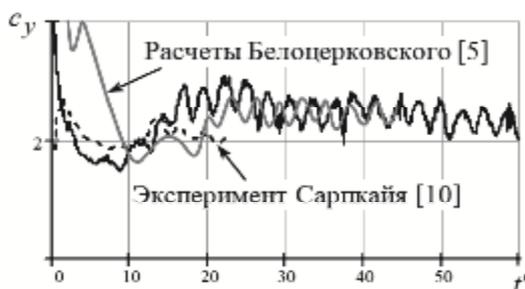


Рис. 2. Зависимость коэффициента нормальной силы пластины по безразмерному времени ($\alpha=90^\circ$)

Проведенные расчеты при угле атаки $\alpha = 60^\circ$ и 40° при тех же параметрах n и k , подобранные для поперечного обтекания, дали следующие зависимости нормальной силы по времени (рис. 3).

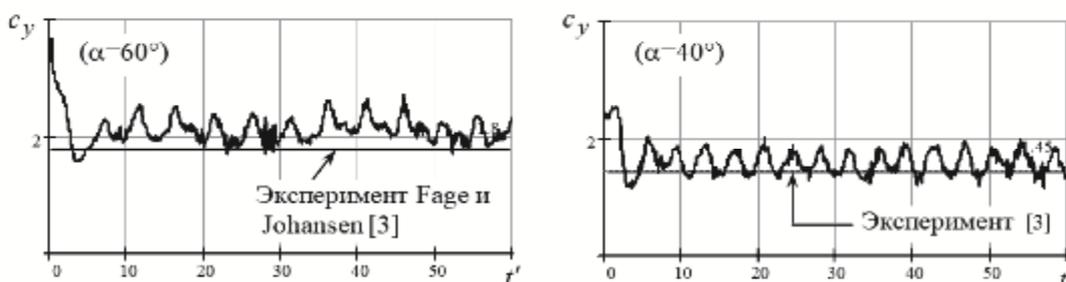


Рис. 3. Зависимости коэффициента нормальной силы пластины по безразмерному времени

Согласно [2] при $\alpha = 60^\circ$ экспериментальное значение числа Струхала $Sh = 0,171$, но по расчетам (рис. 3) получается значительно больше $Sh \approx 0,2$. Варьирование параметров k и n в не вносят изменения в Sh .

Несимметричность вводилась смещением оторвавшихся вихрей с левой кромки пластины вниз по потоку в промежутке $2\epsilon t' \leq 3$ по зависимости [9]:

$$Dy\phi = 0,01 \frac{\dot{e}}{e} - \cos \frac{\pi}{\epsilon} \frac{(t\phi - 5)}{4} \frac{\partial u}{\partial t}$$

Заключение

Приведенные расчеты показали, что подбором шага интегрирования и числа разбивки пластины удается получить удовлетворительную сходимость с экспериментальными результатами по коэффициенту нормальной силы. Но при этом получается некоторое расхождение по числу Струхала, особенно при малых углах атаки.

Замена пластины присоединенными вихрями приводит к прохождению свободных вихрей сквозь нее, что приводит к скачкообразному изменению ее аэродинамических характеристик. Во избежание последнего необходимо вводить условие, например, исключение нормальной составляющей скорости свободного вихря вблизи пластины.

Формула сил, полученная импульсным способом, оказалась более чувствительна к движению вихрей вблизи пластины. Введение начального возмущения влияет в некоторой степени на последующее развитие вихрей и тем самым на зависимость коэффициента нормальной силы по времени.

Периодическое изменение нагрузок на пластинчатых конструкциях может привести к их разрушению. Рассчитанные коэффициенты нормальной силы для пластины методом дискретных вихрей для различных углов натекания позволяют определить действующие нагрузки для конкретного случая обтекания и рассчитать пластинчатые конструкций на прочность и усталость.

Список библиографических ссылок

1. Sarpkaya T. Computational Methods With Vortices – The 1988 Freeman Scholar Lecture // J. of Fluids Engineering. 1989. Vol. 111. P. 5–52.
2. Sarpkaya T. An inviscid model of two-dimensional vortex shedding for transient and asymptotically steady separated flow over an inclined plate // J. Fluids Mech. 1975. Vol. 68, part 1. P. 109–128.
3. Kiya M., Arie M. A contribution to an inviscid vortex-shedding model for an inclined flat plate in uniform flow // J. Fluids Mech. 1977. Vol. 82, part 2. P. 223–240.
4. Chein Reiyu, Chung J. N. Discrete-vortex simulation of flow over inclined and normal plates // Computers & Fluids 1988. Vol. 16. № 4. P. 405–427.
5. Белоцерковский С.М., Ништ М.И. Отрывное и безотрывное обтекание тонких крыльев идеальной жидкостью. М. : Наука. 1978. 352 с.
6. Bryson A.E. Symmetric vortex separation on circular cylinders and cones // J. of Applied Mechanics. 1959. Vol. 26. № 4. P. 643–648.
7. Зиннуров Т. А., Каюмов Р. А., Манапов А. З. О чувствительности результатов статистического моделирования постоянных и ветровых нагрузок на сооружения к отклонениям параметров их законов распределений // Известие ВУЗов. Строительство. 2012. № 1. С. 132–136.
8. Гумеров А.В. Расчет движения вихревой нити вокруг кругового цилиндра методом дискретных вихрей // Известия КГАСУ. 2015. № 4 (33). С. 433–439.
9. Fraczak J. Numerical Simulation of Separated Flow Past a Circular Cylinder by a Discrete-Vortex Method // J. of Theoretical and Applied Mechanics. 1991. Vol. 22. № 3. P. 75–88.
10. Сарпкая Т. Течение с отрывом около тел, обладающих подъемной силой, и внезапно начинающееся течение около цилиндров // Ракетная техника и космонавтика. 1965. № 3. С. 41–49.
11. Yi Yang. Experimental investigation of vortex induced vibration of a flat plate in pitch oscillation. Master Thesis, Texas A&M University, US, 2010. P. 75.

Gumerov Anvar Vasilovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: anvar_gumerov@list.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Zherekhov Vladimir Viktorovich

candidate of technical sciences, associate professor

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

The organization address: 420111, Russia, Kazan, K. Marks st., 10

**Determination of the forces acting on the plate moving at an angle of attack
by the method of discrete vortices****Abstract**

Problem statement. It is required to determine the force acting on the plate when it flows around an incompressible air stream at various angles of attack.

Results. Dependences of the coefficient of the normal force of the plate on time for different angles of attack by the method of discrete vortices are obtained. By varying the step of integrating the differential equations of detached vortices and splitting the plate, the convergence of the calculated force coefficients is ensured with the available experimental results.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in the possibility of evaluating the lamellar structural elements for strength and fatigue by applying the calculated coefficients of normal force.

Keywords: the method of discrete vortices, associated and free vortices, control points, a plate, the Strouhal number, the complex flow potential.

References

1. Sarpkaya T. Computational Methods With Vortices – The 1988 Freeman Scholar Lecture // *J. of Fluids Engineering*. 1989. Vol. 111. P. 5–52.
2. Sarpkaya T. An inviscid model of two-dimensional vortex shedding for transient and asymptotically steady separated flow over an inclined plate // *J. Fluids Mech.* 1975. Vol. 68. part 1. P. 109–128.
3. Kiya M., Arie M. A contribution to an inviscid vortex-shedding model for an inclined flat plate in uniform flow // *J. Fluids Mech.* 1977. Vol. 82, part 2. P. 223–240.
4. Chein Reiyu, Chung J. N. Discrete-vortex simulation of flow over inclined and normal plates // *Computers & Fluids* 1988. Vol. 16. № 4. P. 405–427.
5. Belotserkovsky S. M., Nisht M. I. Separated and unseparated flow around thin wings of an ideal fluid. M. : Nauka. 1978. 352 p.
6. Bryson A. E. Symmetric vortex separation on circular cylinders and cones // *J. of Applied Mechanics*. 1959. Vol. 26. № 4. P. 643–648.
7. Zinnurov T. A., Kayumov R. A., Manapov A. Z. On the sensitivity of the results of statistical modeling of constant and wind loads on structures to deviations of the parameters of their distribution laws // *Izvestiye VUZov. Stroitel'stvo*. 2012. №1. P. 132–136.
8. Gumerov A. V. Calculation of the movement of vortex filament around the circular cylinder using the method of discrete vortices // *Izvestiya KGASU*. 2015. № 4 (33). P. 433–439.
9. Fraczak J. Numerical Simulation of Separated Flow Past a Circular Cylinder by a Discrete-Vortex Method // *J. of Theoretical and Applied Mechanics*. 1991. Vol. 22. № 3. P. 75–88.
10. Sarpkaya T. Separated flow about lifting bodies and impulsive flow about cylinders // *Raketnaya tekhnika i kosmonavtika*, 1965. № 3. P. 41–49.
11. Yi Yang. Experimental investigation of vortex induced vibration of a flat plate in pitch oscillation. Master Thesis. Texas A&M University. US. 2010. P. 75.

**ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ
ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ
«ИЗВЕСТИЯ КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА»**

Статья должна быть набрана в программе Microsoft Word (версия не ранее MS Word 97). Файл, названный именем автора статьи, представить с расширением RTF.

Параметры страницы:

- размер страницы – 297×210 мм (формат А4);
- поля: сверху – 20 мм, снизу – 20 мм, слева – 30 мм, справа – 30 мм;
- ориентация страницы – книжная.

Параметры форматирования текста:

- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта – 11 пт;
- абзацный отступ – 10 мм (не задавать пробелами);
- выравнивание – по ширине;
- заголовки полужирным шрифтом, с выравниванием по центру;
- междустрочный интервал – одинарный.

При наборе статьи исключить автоматический перенос слов. Запрещено уплотнение интервалов шрифта.

Объем публикации – не менее 5 полных страниц и не более 10 страниц самого текста. Иллюстративный материал не должен перегружать статью (не более 4 рис.).

Таблицы создать средствами Microsoft Word и присвоить им имена: Таблица 1, Таблица 2 и т.д. Название таблицы с порядковым номером (или номер таблицы без названия) располагается над таблицей. Текст таблицы должен быть набран шрифтом размером 10 пт с одинарным междустрочным интервалом.

Иллюстрации представить в основных графических форматах (tif, jpg, bmp, gif) с именами Рис. 1, Рис. 2 и т.д. Все объекты должны быть черно-белыми (градации серого), четкого качества. Выравнивание – по центру. Рекомендуемое разрешение – 300 dpi. Названия иллюстраций и подписи к ним набираются шрифтом размером 10 пт с одинарным междустрочным интервалом. **Не допускается** выполнение рисунков в редакторе Microsoft Word. Минимальный размер иллюстраций – 80×80 мм, максимальный – 170×240 мм.

Все формулы и символы набирать только в Microsoft Word. Для набора тех формул, которые невозможно набрать в Word, использовать встроенный в Microsoft Word редактор формул Microsoft Equation или Math Type. Формулы в статье, подтверждающие физическую суть исследования (процесса), представляются без развернутых математических преобразований. Формулы компонуются с учетом вышеуказанных полей (при необходимости использовать перенос формулы на следующую строку), помещаются по центру строки, в конце которой в круглых скобках ставится порядковый номер формулы (формулы и их порядковые номера – в таблицах с невидимыми границами). Ссылку на номер формулы в тексте также следует брать в круглые скобки. Следует применять физические величины, соответствующие стандарту СТ СЭВ 1052-78 (СН 528-80).

Иллюстрации, формулы, таблицы и ссылки на цитированные источники, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. При этом, ссылка на литературные источники берётся в квадратные скобки.

Уникальность текста статьи должна составлять не менее 75 %.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 691.33

Иванов Иван Иванович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: ivanov@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

разделительный интервал

Современные строительные материалы

разделительный интервал

Аннотация

Текст аннотации (15-20 строк)

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, карбамидные пенопласты, модификация.

разделительный интервал

Текст статьи

разделительный интервал

Список библиографических ссылок

разделительный интервал

Ivanov Ivan Ivanovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: ivanov@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

разделительный интервал

Modern building material

разделительный интервал

Abstract

Текст abstract (15-20 строк)

Keywords: thermal insulating materials, of carbamide foams, updating.

разделительный интервал

References*

*Перечень ссылок, переведённый на английский язык (названия издательств, журналов и фамилии не переводить – писать в латинской транскрипции).

Перечень библиографических ссылок обязателен!

Библиографические ссылки представить в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Примеры:

1. Благовещенский Ф. А., Букина Е. Ф. Архитектурные конструкции. М. : Архитектура-С, 2011. 232 с.
2. Строганов В. Ф., Сагадеев Е. В. Введение в биоповреждение строительных материалов. Казань, 2015. С. 156–161.
3. Рахимов Р. З., Рахимова Н. Р., Гайфуллин А. Р., Морозов В. П. Дегидратация глин различного минерального состава при прокаливании // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 388–394.
4. Тезисы докладов : сб. научных трудов 68-й Всероссийской научной конференции, Казань, 2016. 357 с.
5. Абдрахманова Л. А., Ашрапов А. Х., Низамов Р. К., Хозин В. Г. Структурные факторы деформирования и разрушения нанокompозитов 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: 0000000000000000130 реализация изд. дец-ти.

Известия КГАСУ
2018 г., № 3 (45)

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 02.10.2018

Заказ 250

Усл.-печ. л. 31,6

Формат 60×84/8

Бумага тип. № 1

Уч.-изд. л. 32,1

Тираж 500 экз.

I завод-100

Отпечатано в Издательстве КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1