ISSN 2073-1523 (print) ISSN 2073-154X (online)

NEWS

Kazan
State
University
Architecture
Engineering

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

2022г., № 4(62)

ББК 38
И 33
УДК 69

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

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

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Свидетельство о регистрации № ФС77-31046 от 25 января 2008г.). Включен в электронный каталог АО «ПОЧТА-РОССИИ», индекс издания – ПП890. Включен в подписной каталог ГК «Урал - Пресс» индекс издания – 36939.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1, комн. 79
Тел. (843) 510-46-39
E-mail: patent@kgasu.ru Сайт: http://izvestija.kgasu.ru

© Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2022

ISSN 2073-1523 (print) ISSN 2073-154X (online)

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 KSUAE

2022, № 4(62)

BBC 38
I 33
UDC 69

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

EDITORIAL BOARD:

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

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

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

THE FOUNDER AND THE PUBLISHER:
FSBEI of HE «Kazan State University of Architecture and Engineering»

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

It is registered by the Federal service for supervision of communications, information technology, and mass media (the certificate on registration № FS77-31046, dated January, 25th, 2008). It is included in the digital catalogue of JSC «RUSSIAN POST»; subscription number PP890. It is included in the subscription catalog of the Ural Press Group of Companies; subscription number 36939.

EDITORIAL ADDRESS:
420043, Tatarstan, Kazan, Zelenaya 1, office 79
Tel. (843) 510-46-39
E-mail: patent@kgasu.ru Web-site: http://izvestija.kgasu.ru

© News Kazan State University of Architecture and Engineering, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Куприянов В.Н. Приращение температуры воздуха в помещении при воздействии солнечной радиации через световой проем	6
Мирсаяпов Ильшат Т., Минзянов Р.И. Перемещение арматуры периодического профиля в заделке при статическом нагружении	18
Мирсаяпов Илшат Т., Никитин Г.П., Ханбеков М.Ф. Усиление зон продавливания плиты перекрытия при несоосности вертикальных несущих элементов по высоте здания	30
Иванцов А.И., Петров А.С. К вопросу о повышении класса энергосбережения жилых зданий за счет архитектурно-конструктивных и других параметров	40
Гимранов Л.Р., Пажвак А. К определению напряженно-деформированного состояния бетонного блока в составе усиленного узла фермы из гнутосварных профилей	51
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Смирнов Д.С., Мавлиев Л.Ф., Хузиахметова К.Р., Мотыйгуллин И.Р. Влияние минеральной добавки на основе молотого доменного шлака на свойства бетонов и бетонных смесей	61
Закревская Л.В., Репина Е.А. Инновационные материалы для реконструкции и реставрации	70
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Усманов Р.Р., Чучкалов М.В., Запевалов Д.Н., Мансуров Д.Е., Хабибулин Р.Р. Контроль параметров электрохимической защиты от коррозии систем газораспределения с применением технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия	81
Крайнов Д.В., Масленников И.А. К вопросу определения теплопотерь через стену в грунте	96
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Кинзябулатова Д.Ф., Порываев И.А., Недосеко И.В. Расчет устойчивости сжатых тонкостенных стержней С-образного сечения	108
Гришин И.В., Каюмов Р.А. Упрощенное уравнение многослойной плиты для описания работы асфальтобетонных покрытий металлических мостов	119
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Саляхова М.Р., Степанчук А.В., Саляхова В.М. Реорганизация городских общественных пространств с учетом сохранения идентичности	129
Горгорова Ю.В., Перспективы архитектурно-градостроительного развития городов России, объединенных территориальными зонтичными брендами	142
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Шаймарданова К.А., Прокофьев Е.И. Интеграция транспортно-пересадочных узлов в городскую среду	153
Буторина Д.А., Ахтямов И.И. Объект городского фермерства как новое общественное пространство в современной России	163
Короткова С.Г., Денисова Я.А. Методические основы формирования архитектурных пространств для проживания людей старческого возраста	177
ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Хабибулина А.Г., Иванова Е.Ю., Бабенко Р.Н., Хабибулина А.М. Внедрение в реставрационную практику отделочных материалов для создания благоприятного микроклимата на объектах историко-архитектурного наследия	190
Енин А.Е., Грошева Т.И. Архитектурные особенности и закономерности формирования ландшафтно-рекреационных пространств исторической части города при реконструкции	203
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	213

CONTENTS

BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Kupriyanov V.N. Increment of air temperature in the roomunder the influence of solar radiation through the light aperture	6
Mirsayapov Ilshat T., Minzyanov R. I. Movement of the reinforcement of a periodic profile in the embedment under static load	18
Mirsayapov Ilshat T., Nikitin G.P., Khanbekov M.F. Strengthening of the punching shear zones of the floor slab with non-coaxiality of vertical load-bearing elements along the height of the building.	30
Ivantsov A.I., Petrov A.S. Increasing the energy saving class of residential buildings due to architectural, structural and other parameters	40
Gimranov L.R., Pazhvak A. Determination of the stress-strain state of a concrete block as part of a reinforced truss nodes from square how sections	51
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Smirnov D.S., Mavliev L.F. Khuziakhmetova K.R., Motygullin I.R. Effect of mineral additive based on ground blast furnace slag on the properties of concrete and concrete mixtures	61
Zakrevskaya L.V., Repina E.A. Innovative materials for reconstruction and restoration	70
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS AND LIGHTING	
Usmanov R.R., Chuchkalov M.V., Zapevalov D.N., Mansurov D.E., Habibulin R.R. Control of parameters of electrochemical protection of gas distribution systems against corrosion using wireless data transmission technology of short range	81
Kraynov D.V., Maslennikov I.A. The issue of determining heat loss through a wall in the ground	96
CONSTRUCTION MECHANICS	
Kinzyabulatova D. F., Porivaev I. A., Nedoseko I. V. Buckling analysis of C-shaped cold-formed profiles	108
Grishin I.V., Kayumov R.A. Simplified multilayered slab equation describing asphalt concrete pavements of metal bridges	119
URBAN PLANNING, RURAL PLANNING	
Salyakhova M.R., Stepanchuk A.V., Salyakhova V.M. Reconstruction of urban public spaces taking into account the preservation of identity	129
Gorgorova Ju.V. Prospects for the Architectural and Urban Development of Russian Cities United by Territorial Umbrella Brands	142
ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY	
Shaimardanova C.A., Prokofiev E.I. Integration of transport hubs into the urban environment	153
Butorina D.A., Akhtyamov I.I. Urban farming facility as a new public space in modern Russia	163
Svetlana G. Korotkova, Yana A. Denisova Methodological foundations of the formation of architectural spaces for the residence of elderly people	177
ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY. HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Khabibulina A.G., Ivanova E.Yu., Babenko R.N., Khabibulina A.M. Introduction of finishing materials into restoration practice to create a favorable microclimate at the objects of historical and architectural heritage	190
Enin A.E., Grosheva T.I. Architectural features and patterns of formation of landscape and recreational spaces of the historical part of the city during reconstruction	203
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	213

УДК: 621.45.038.74
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_6
EDN: UIXOZF

Приращение температуры воздуха в помещении при воздействии солнечной радиации через световой проем

В.Н. Куприянов[1]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи*. Большие площади световых проемов в современных зданиях и светопрозрачные фасадные системы приводят к избыточному поступлению солнечной радиации в помещения зданий и, как следствие, к перегреву помещений. Нормативные документы по солнцезащите зданий предусматривают снижение поступления солнечной радиации, однако температурный режим в облучаемых помещениях остается неконтролируемым, в связи с отсутствием методов оценки и регулирования температурного режима. Известные исследования рассматривают лишь отдельные аспекты солнцезащиты. В связи с этим, разработка метода определения приращения температуры воздуха в облучаемых помещениях, который бы учитывал все многообразие факторов, влияющих на солнцезащиту, является весьма актуальной. Целью работы является разработка методологии и практического метода определения приращения температуры воздуха в облучаемом помещении. Задачи исследования: разработка методологии оценки приращения температуры воздуха в облучаемом помещении, учитывающей максимально возможное количество факторов, влияющих на приращение температуры; разработка практического метода расчета приращения температуры воздуха в облучаемом помещении в заданном климате.
Результаты. В статье описан разработанный метод, приведен числовой пример расчета и показано, что основными факторами, влияющими на приращение температуры воздуха в облучаемых помещениях, являются количество солнечной энергии, поступившее в помещение за период его облучения, и теплопоглощающие свойства внутренней отделки помещений.
Выводы. Разработанный метод позволит совершенствовать систему солнцезащиты зданий при их проектировании.

Ключевые слова: солнечная радиация; солнечный фактор; температура; параметры облучаемых помещений; теплоусвоение; теплопоглощение ограждающих конструкций

Для цитирования: Куприянов В.Н. Приращение температуры воздуха в помещении при воздействии солнечной радиации через световой проем // Известия КГАСУ 2022 №4(62), с.6-17, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_6, EDN: UIXOZF

Increment of air temperature in the room under the influence of solar radiation through the light aperture

V.N. Kupriyanov[1]
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

Abstract. *Problem statement.* Large areas of light openings in modern buildings and translucent facade systems lead to excessive solar radiation entering the premises of buildings and, as a result, to overheating of the premises.
Regulatory documents on the sun protection of buildings provide for a reduction in the intake of solar radiation, but the temperature regime in the irradiated rooms remains uncontrolled, due to the lack of methods for assessing and regulating the temperature regime. Well-known studies

consider only certain aspects of sun protection. In this regard, the development of a method for determining the increment of air temperature in irradiated rooms, which would take into account all the variety of factors affecting sun protection is very relevant.
Results. The article describes the developed method, provides a numerical example of calculation and shows that the main factors affecting the increment of air temperature in irradiated rooms are the amount of solar energy received in the premises. The developed method will allow to improve the system of sun protection of buildings during their design.

Keywords: solar radiation; solar factor; temperature; parameters of irradiated premises; heat absorption; heat absorption of enclosing structures;

For citation: Kupriyanov V.N. Increment of air temperature in the room under the influence of solar radiation through the light aperture // News KSUAE 2022, № 4(62), p.6-17,
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_6, EDN: UIXOZF

1. Введение

Современные архитектурные решения зданий используют большие площади световых проемов вплоть до полностью остекленных фасадов. Значительные площади остекления приводят к увеличению солнечной энергии, поступающей в помещение, а в летнее время к его перегреву. Возникает проблема обеспечения теплового комфорта в облучаемых помещениях путем проектирования солнцезащитных мероприятий.

В соответствии с нормативными документами проектирование солнцезащиты помещений для южных районов является обязательным, но при больших площадях остекления проблема становится актуальной и для умеренного климата.

Для обеспечения солнцезащиты используются различные мероприятия, к которым относятся: соответствующая ориентация светопроемов, применение солнцезащитных стекол и стеклопакетов и солнцезащитных устройств (СЗУ).

В проектной практике используется ряд нормативных документов по обеспечению солнцезащиты. Основными документами являются СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите жилых и общественных зданий и территорий» и СП 370.1325800-2017 «Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования».

Методы СП 370.1325800 позволяют регулировать степень затенения светопроема и снижать поступление солнечной энергии в помещение, однако не позволяют оценить величину приращения температуры воздуха в облучаемом помещении. Возникает неопределенность в эффективности солнцезащиты, потому что методами СП 370 невозможно определить и обеспечить граничную температуру воздуха в помещении между «еще комфортно» и «дискомфортно».

Научные исследования по обеспечению солнцезащиты зданий ведутся по различным направлениям.

Исследуются оптические характеристики стекол и стеклопакетов. В работе [1] исследованы теплотехнические и светотехнические характеристики оконных блоков. Спектральное пропускание света низкоэмиссионными стеклами изучалось в [2]. Пропускание и отражение тепловой радиации стеклами для окон изучалось в работах [3,4], а стеклами с керамическими покрытиями – в [5]. Закономерности светопроницания оконных блоков исследованы расчетно-экспериментальными методами [6] и в натурных условиях [7]. Экологические аспекты инсоляции рассмотрены в [8].

Исследуются количественные параметры солнечной радиации. Так, в [9] приведен обновленный метод расчета продолжительности инсоляции, а количество солнечной энергии, приходящей к наружной поверхности остекления, по часам суток приведен в [10]. В [11] разработан энергетический метод расчета инсоляции жилых помещений, для которого применим программный комплекс «РаИн 2013» [12]. В работе [13] исследован перенос солнечной энергии через СЗУ и показано, что величина солнечного фактора СЗУ изменяется в процессе облучения, в связи с изменением координат солнца на небосводе.

Исследования параметров микроклимата в помещениях эксплуатируемых зданий со стеклянными фасадами приведены в [14], а в [15] на основе изучения мировой практики эксплуатации зданий со светопрозрачными фасадами, приведен анализ удачных и неудачных архитектурных решений с точки зрения обеспечения комфортного температурного режима в помещениях.

Анализ зданий с двойными светопрозрачными фасадными системами вызвал у авторов работы [16] большие сомнения в возможности обеспечения комфортных параметров микроклимата в подобных архитектурных решениях.

В ряде работ исследован тепловой комфорт в помещениях, облучаемых солнечной радиацией через световой проем. Так, в [17] исследовано формирование температуры воздуха в помещениях в зависимости от теплопропускания оконных стекол. В работе [18] описаны основы метода по определению приращения температуры воздуха в помещении в зависимости от продолжительности облучения и тепловосприятия материалов внутренней отделки помещений. По этому методу в работе [19] было рассчитано приращение температуры воздуха в помещении для климатических условий Казани. Результаты расчета оказались нереально завышенными – приращение температуры достигало 18°С за три часа облучения.

В [20] сформулированы требования к оптимальному сочетанию пропускания, поглощения и отражения стекол и стеклопакетов в основных диапазонах солнечного света (УФ, видимом и ИК) для обеспечения требований инсоляции, естественного освещения и теплового режима помещения. Совершенствование методов расчета теплопоступлений от солнечной радиации через световые проемы рассмотрено в [21].

Проведенный обзор исследований позволил установить, что до настоящего времени не разработан научно-обоснованный метод расчета приращения температуры воздуха в помещении при его облучении солнечной радиацией через световой проем.

В связи с изложенным, целью работы является разработка методологии и практического метода определения приращения температуры воздуха в облучаемом помещении. Цель работы определила задачи исследования:

1. Разработка методологии оценки приращения температуры воздуха в облучаемом помещении, которая будет учитывать максимально возможное количество факторов, влияющих на приращение температуры.
2. Разработка практического метода расчета приращения температуры воздуха в облучаемом помещении в заданном климате.

2. Материалы и методы

Приращение температуры воздуха в облучаемом помещении зависит от множества факторов, полный учет которых позволит получить наиболее объективную оценку приращения температуры. К этим факторам относятся: географическая широта местности, ориентация и размеры светового проема, расчетная календарная дата для расчета солнцезащиты, продолжительность облучения помещения и часы суток, в которые это облучение происходит, энергия прямой и рассеянной солнечной радиации, приходящей к плоскости остекления, солнечные факторы стеклопакетов и солнцезащитных устройств, геометрические параметры облучаемого помещения, конструкция внутренних ограждений и теплотехнические свойства материалов внутренней отделки помещений.

Солнечные лучи, приходя в помещение через световой проем, образуют на внутренних поверхностях ограждений облучаемые участки. Размеры и расположение этих участков зависят от площади светопроема и координат солнца на небосводе. В различные часы облучения изменяются координаты солнца, углы падения солнечных лучей и, как следствие, размеры и расположение облучаемых участков и величина солнечной энергии, приходящая к этим участкам.

Солнечная радиация, приходящая к облучаемой поверхности, частично поглощается в соответствии с коэффициентом поглощения солнечной радиации материалами ограждений и повышает температуру поверхностного слоя, другая часть солнечной радиации отражается от облучаемой поверхности и приходит к участкам ограждений, не облучаемых прямыми солнечными лучами в виде отраженной радиации и

тоже повышает температуру поверхностных слоев ограждения. Таким образом, при облучении на поверхности внутренних ограждений возникают участки с различным приростом температуры в поверхностных слоях.

В связи с тем, что вся солнечная энергия, поступившая в помещение, остается в нем и «расходуется» на приращение температуры поверхностных слоев ограждений, становится возможным принять предположение о том, что поступившая в помещение солнечная энергия равномерно распределяется на его поверхности за вычетом площади окна, и коэффициент поглощения солнечной радиации отделочными слоями ограждений можно не учитывать. В качестве дополнительного обоснования к принятию такого предположения следует отметить, что площадь участка, облучаемого прямым солнечным светом, редко превышает 10% от общей площади внутренних поверхностей помещения, а для климатических расчетов точность в 10% является весьма приемлемой.

При повышении температуры в поверхностных слоях ограждений возникают два тепловых потока. Один в глубину ограждающей конструкции за счет теплоусвоения материалов ограждений, второй поток будет увеличивать температуру воздуха в помещении за счет конвекции. В связи с этим без большой ошибки можно предположить, что приращение температуры поверхностных слоев ограждения, сниженное за счет оттока тепла в глубину ограждающих конструкций, будет равно приращению температуры воздуха в помещении.

Положения изложенной методологии приняты за основу при разработке метода определения приращения температуры воздуха в облучаемом помещении.

Для оценки прихода солнечной радиации к поверхности остекления используются различные методы и приемы. Так в [22] для определения прихода солнечной радиации к фасадам зданий рекомендуется использовать данные о годовых суммах тепла солнечной радиации на горизонтальной поверхности. В СП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» приводятся данные о прямой и рассеянной солнечной радиации, приходящей к стенкам зданий основных румбов (В.Ю.З) и только для июля месяца. Если ориентация светового проема отличается от основных румбов или требуется расчет тепла солнечной энергии для других месяцев года, то эти данные не применимы.

Требуется универсальный метод, который позволит определять приход солнечной радиации в любой месяц года на фасады любой ориентации и наклона к горизонту. Для реализации универсального метода требуются данные о прямой солнечной радиации на нормальную к лучам поверхность $S_{\perp}$ в виде почасовых сумм тепла в МДж или в виде почасовой интенсивности облучения в Вт · час, а также данные о рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность $D_{\text{г}}$ в тех же размерностях [23].

Приход суммарной солнечной радиации к поверхности любой ориентации и наклона к горизонту $Q_{\text{ло}}$ определяется по формуле [10]:

$$Q_{\text{ло}} = S_{\perp} \cdot \cos\theta + k \cdot D_{\text{г}} \tag{1}$$

где θ– угол между направлением солнечного луча и нормалью к поверхности остекления;
k – коэффициент, показывающий долю рассеянной радиации, определяемый частью небосвода, которую «видит» облучаемая поверхность. Для вертикальной поверхности k = 0,5;
cos θ определяется по формулам сферической тригонометрии [15]:
- для вертикальных поверхностей

$$\cos\theta = \cos h_0 \cdot \cos\left(A_{\text{о}} - A_{\text{н}}\right) \tag{2}$$

- для наклонных поверхностей

$$\cos\theta = \sin h_0 \cdot \cos\beta + \cos h_0 \cdot \sin\beta \cdot \cos\left(A_{\text{о}} - A_{\text{н}}\right) \tag{3}$$

где h_0 – высота солнца;
β– угол между плоскостью остекления и горизонтальной плоскостью;
$\left(A_{\text{о}} - A_{\text{н}}\right)$– угол между азимутами солнечного луча $A_{\text{о}}$ и нормалью к поверхности остекления $A_{\text{н}}$.

Суммарная солнечная радиация, проходящая в помещение через световой проем, определяется в зависимости от величины солнечного фактора стеклопакета $G_{сп}$ [19]:

$$Q_{пом} = Q_{ло} \cdot G_{сп} \quad (4)$$

Общее количество энергии солнечной радиации, приходящее в помещение, определяется в зависимости от площади окна (окон) $F_{ок}$:

$$Q_{о} = Q_{пом} \cdot F_{ок} \quad (5)$$

Среднее значение солнечной энергии, приходящее к единице площади внутренних ограждений помещения за вычетом площади окна:

$$Q_{i} = Q_{о} / (F_{о} - F_{ок}) \quad (6)$$

где $F_{о}$ – общая площадь внутренних поверхностей помещения.

Условное приращение температуры поверхностных слоев ограждений, без учета поглощения тепла ограждающими конструкциями:

$$\Delta\tau_{у} = Q_{i} / \alpha_{в} \quad (7)$$

где $\alpha_{в}$ – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/ м^2·°С

Количество тепла солнечной радиации, поглощаемое внутренними ограждающими конструкциями [24]:

$$\Delta Q_{огр} = B \cdot \Delta\tau_{у} \quad (8)$$

где В– коэффициент теплопоглощения внутренними ограждающими конструкциями.

$$B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{1}{Y}}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot °\text{С}) \quad (9)$$

где Y – коэффициент теплоусвоения внутренними ограждающими конструкциями, Вт/(м^2·ºС).

Коэффициент теплоусвоения внутренними ограждающими конструкциями определяется известными методами строительной теплофизики [24] в зависимости от конструкции ограждения, его тепловой инерции $D_{огр}$, теплоусвоения материалов слоев S^{-} и сопротивления теплопередаче слоев R.

Расчетное приращение температуры поверхностных слоев ограждений определится по формуле:

$$\Delta\tau_{р} = (Q_{i} - \Delta Q_{огр}) / \alpha_{в} \quad (10)$$

В соответствии с принятым допущением расчетное приращение температуры поверхностных слоев ограждения и будет приращением температуры воздуха в помещении при воздействии солнечной радиации через световой проем.

Расчет приращения температуры воздуха в помещении целесообразно выполнять по часовым интервалам облучения, так как информация о солнечной радиации в климатических справочниках приводится по часовым интервалам [25]. Почасовые расчеты позволяют проследить динамику приращения температуры в процессе облучения. Если информация о солнечной радиации приведена в виде почасовых сумм тепла в МДж, то её целесообразнее перевести в размерность почасовой интенсивности облучения в Вт·час для согласования с теплотехническими свойствами материалов, в размерностях которых используются Вт.

Практический метод расчета приращения температуры воздуха в облучаемом помещении рассмотрен на числовом примере.

Пример расчета

Установить влияние продолжительности облучения и количества солнечной энергии на приращение температуры поверхностных слоев ограждения в зависимости от конструктивных особенностей светопроема – окно с лоджией и окно без лоджии, солнечных факторов стеклопакетов – $G_{сп} = 0{,}60$ и $G_{сп} = 0{,}33$, характера внутренней отделки помещения – из материалов высокой плотности и материалов низкой плотности.

Исходные данные

Параметры облучаемого помещения:

Габариты 4х6 м, высота помещения 3 м; окно 1,3х1,8 м, площадь окна $F_{ок} = 2{,}34\ м^2$; дверь 2х0,8 м, площадь двери $F_{дв} = 1{,}6\ м^2$; площадь внутренних поверхностей помещения $F_о = 4 \times 6 \times 2 + 6 \times 3 \times 2 + 4 \times 3 \times 2 = 108\ м^2$;

площадь облучаемых поверхностей (за вычетом площади окна) $F_{обл} = F_о - F_{ок} = 108 - 2{,}34 = 105{,}66\ м^2$;

площади пола $F_{пол}$ и потолка $F_{пот}$: $F_{пол} = F_{пот} = 4 \times 6 = 24\ м^2$;

площадь стен $F_{ст} = F_о - F_{ок} - F_{дв} - F_{пол} - F_{пот} = 108 - 2{,}34 - 1{,}6 - 24 - 24 = 56{,}06\ м^2$.

Характер внутренней отделки помещений

Вариант 1 (с преобладанием конструкционных материалов высокой плотности)

Стены: цементно-известковая штукатурка, $\delta = 0{,}02\ м$, $\rho = 1700\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}52\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 8{,}95\ Вт/(м \cdot °C)$ по кладке из силикатного кирпича $\delta = 0{,}25\ м$, $\rho = 1800\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}7\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 9{,}77\ Вт/(м \cdot °C)$

Потолок: железобетонная плита с затиркой, $\delta = 0{,}22\ м$, $\rho = 2500\ кг/м^3$, $\lambda = 1{,}69\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 17{,}98\ Вт/(м \cdot °C)$

Пол: ПВХ линолеум $\delta = 0{,}003\ м$, $\rho = 1800\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}35\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 8{,}22\ Вт/(м \cdot °C)$ по цементно-песчаной стяжке $\delta = 0{,}02\ м$, $\rho = 1800\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}58\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 9{,}6\ Вт/(м \cdot °C)$ по железобетонной плите $\delta = 0{,}22\ м$, $\rho = 2500\ кг/м^3$, $\lambda = 1{,}69\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 17{,}98\ Вт/(м \cdot °C)$

Дверь: филенчатая из массива сосны $\delta = 0{,}03\ м$, $\rho = 500\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}09\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 3{,}87\ Вт/(м \cdot °C)$

Вариант 2 (с преобладанием отделочных материалов низкой плотности)

Стены: гипсокартон, $\delta = 0{,}015\ м$, $\rho = 1050\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}15\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 5{,}12\ Вт/(м \cdot °C)$ по кладке из керамического кирпича $\delta = 0{,}25\ м$, $\rho = 1800\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}56\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 9{,}28\ Вт/(м \cdot °C)$

Потолок: плита акустическаяпо железобетонной плите $\delta = 0{,}015\ м$, $\rho = 300\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}064\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 2{,}12\ Вт/(м \cdot °C)$

Пол: дубовый паркет $\delta = 0{,}015\ м$, $\rho = 700\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}10\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 5{,}0\ Вт/(м \cdot °C)$ по клеёной фанере $\delta = 0{,}01\ м$, $\rho = 600\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}12\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 4{,}22\ Вт/(м \cdot °C)$ уложенной по цементно-песчаной стяжке $\delta = 0{,}02\ м$, $\rho = 1800\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}58\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 9{,}6\ Вт/(м \cdot °C)$ на железобетонную плиту $\delta = 0{,}22\ м$, $\rho = 2500\ кг/м^3$, $\lambda = 1{,}69\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 17{,}98\ Вт/(м \cdot °C)$

Дверь: филенчатая из массива дуба $\delta = 0{,}03\ м$, $\rho = 700\ кг/м^3$, $\lambda = 0{,}10\ Вт/(м \cdot °C)$, $S = 5{,}0\ Вт/(м \cdot °C)$

Энергетические параметры облучения

В соответствии с рис. 1, окно с лоджией облучается 4 часа с 6:00 до 10:00, а окно без лоджии – 9,5 часов с 4:00 до 13:30. Почасовая энергия солнечного облучения, приходящая в створ окна с лоджией $Q_{ло}$ определена ранее в работе [10] и представлена в табл. 2 (строка 1).

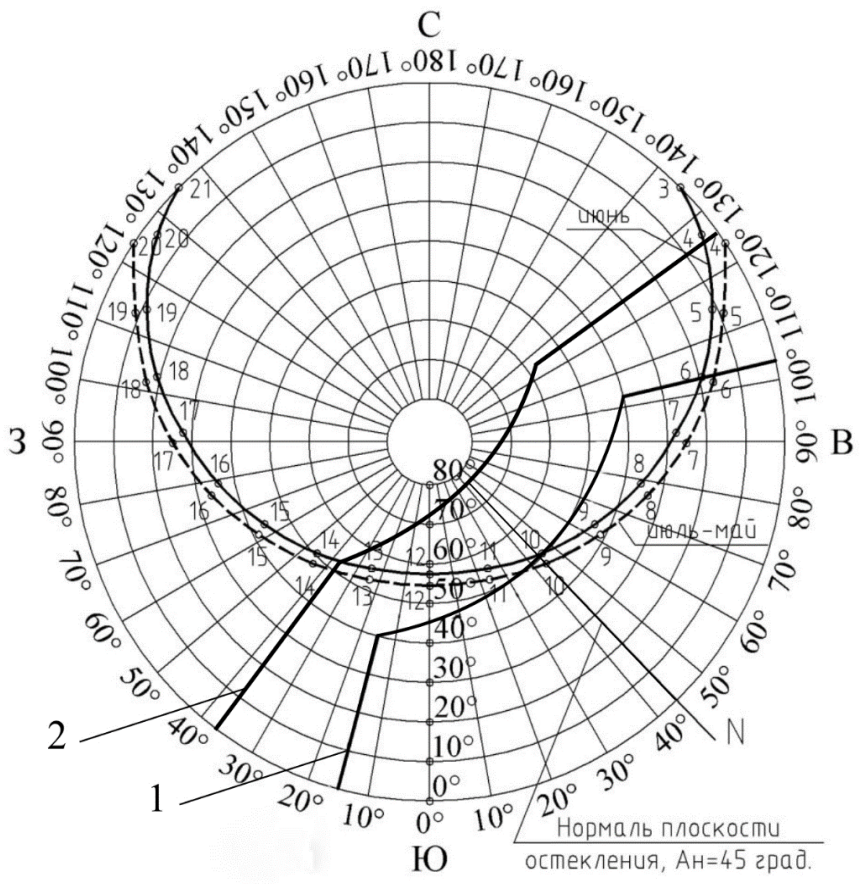


Рис. 1. Солнечная карта для 56° с.ш. (г. Казань), совмещенная с картограммами окна с лоджией (1) и окна без лоджии (2)

Fig.1. Solarmapfor 56°N (Kazan), combined with cartograms of a window with a loggia (1) and a window without a loggia (2)

3. Результаты и обсуждение

Решение

1. Расчет коэффициентов теплоусвоения ограждающих конструкций по первому варианту отделки помещения (из материалов высокой плотности) представлен в табл. 1.

Таблица 1

Расчет коэффициентов теплоусвоения

№ п/п	Параметры ограждающих конструкций				
	Вид и площадь	Материалы слоев и их толщина	Тепловая инерция слоев	Коэффициент теплоусвоения	
				Расчетная формула	Величина
1	2	3	4	5	6
1	Стены $F_{ст} = 56{,}06\ м^2$	1. Цементно-известковая штукатурка, $\delta = 0{,}02\ м$ 2. Кладка из силикатного кирпича, $\delta = 0{,}25\ м$	$D_1 = 0{,}344$ $D_2 = 3{,}49$ $D_1 + D_2 > 1$	$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1{}^2 + S_2}{1 + R_1 \cdot S_2}$	$Y_{ст} = 9{,}34$
2	Потолок $F_{пот} = 24\ м^2$	1. Ж/б плита, $\delta = 0{,}22\ м$	$D_1 = 2{,}34 > 1$	$Y_1 = S_1$	$Y_{пот} = 17{,}98$

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
3	Пол $F_{пол} = 24\ м^2$	1. ПВХ линолеум, $\delta = 0{,}003\ м$ 2. Цементно-песчаная стяжка, $\delta = 0{,}02\ м$ 3. Ж/б плита, $\delta = 0{,}22\ м$	$D_1 = 0{,}07$ $D_2 = 0{,}33$ $D_3 = 2{,}34$ $D_1 + D_2 + D_3 > 1$	$Y_2 = \dfrac{R_2 \cdot S_2{}^2 + S_3}{1 + R_1 \cdot S_3}$ $Y_1 = \dfrac{R_1 \cdot S_1{}^2 + Y_2}{1 + R_1 \cdot Y_2}$	$Y_{пол} = 12{,}29$
4	Дверь $F_{дв} = 1{,}6\ м^2$	1. Массив сосны, $\delta = 0{,}03\ м$	$D_1 = 1{,}29 > 1$	$Y_1 = S_1$	$Y_{дв} = 3{,}87$

По данным табл. 1 определяется среднее значение коэффициента теплоусвоения облучаемых ограждающих конструкций помещения $Y_{ср}$ и их коэффициент теплопоглощения В:

$$Y_{ср} = \frac{F_{обл}}{\dfrac{F_{ст}}{Y_{ст}} + \dfrac{F_{пот}}{Y_{пот}} + \dfrac{F_{пол}}{Y_{пол}} + \dfrac{F_{дв}}{Y_{дв}}} = \frac{105{,}66}{\dfrac{56{,}06}{9{,}34} + \dfrac{24}{17{,}98} + \dfrac{24}{12{,}29} + \dfrac{1{,}6}{3{,}87}} = 10{,}9\ Вт/\left(м^2 \cdot °C\right)$$

$$B = 1\Big/\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{1}{Y_{ср}}\right) = 1\Big/\left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{1}{10{,}9}\right) = 4{,}83\ Вт/\left(м^2 \cdot °C\right)$$

2. Аналогично табл. 1 выполнен расчет среднего коэффициента теплоусвоения облучаемых конструкций $Y_{ср}$ и коэффициента теплопоглощения В для второго варианта отделки помещения (из материалов низкой плотности), $B = 2{,}81\ Вт/\left(м^2 \cdot °C\right)$.

3. Расчет приращения температуры поверхностных слоев ограждения для двух вариантов отделки при облучении помещения через окно с лоджией при солнечном факторе стеклопакета представлен в табл. 2.

Таблица 2

Приращение температуры поверхностного слоя ограждений

№ п/п	Расчетные параметры	Часы облучения (солнечное время)			
		6-7	7-8	8-9	9-10
1	2	3	4	5	6
1	$Q_{ло}$, $МДж/м^2$	1,534	2,019	2,254	2,311
2	$Q_{пом} = Q_{ло} \cdot G_{сп}$, $МДж/м^2$	0,920	1,211	1,352	1,387
3	То же, $Вт \cdot час/м^2$	255,5	336,4	375,5	385,3
4	$Q_о = Q_{пом} \cdot F_{ок}$, $Вт \cdot час$	597,9	787,2	878,7	901,6
5	$Q_i = Q_о/\left(F_о - F_{ок}\right)$, $Вт \cdot час/м^2$	5,66	7,45	8,32	8,53
6	$\Delta\tau_у = Q_i/\alpha_в = Q_i/8{,}7$, $°C$	0,65	0,86	0,96	0,98
7	Первый вариант отделки помещения (материал высокой плотности)				
8	$\Delta Q_{огр} = B \cdot \Delta\tau_п = 4{,}83 \cdot \Delta\tau_п$, $Вт \cdot час/м^2$	3,14	4,15	4,64	4,73
9	$\Delta\tau_р = \left(Q_i - \Delta Q_{огр}\right)/\alpha_в$, $°C$	0,29	0,38	0,42	0,44

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
10	Накопительный итог $\Delta\tau_{\text{р}} = \left(Q_{\text{i}} - \Delta Q_{\text{огр}}\right)/\alpha_{\text{в}}$, °$C$	0,29	0,67	1,09	1,53
11	Второй вариант отделки помещения (материал низкой плотности)				
12	$\Delta Q_{\text{огр}} = B \cdot \Delta\tau_{\text{п}} = 2{,}81 \cdot \Delta\tau_{\text{п}}$, Вт · час/м^2	1,83	2,42	2,70	2,75
13	$\Delta\tau_{\text{р}} = \left(Q_{\text{i}} - \Delta Q_{\text{огр}}\right)/\alpha_{\text{в}}$, °$C$	0,44	0,58	0,64	0,66
14	Накопительный итог $\Delta\tau_{\text{р}} = \left(Q_{\text{i}} - \Delta Q_{\text{огр}}\right)/\alpha_{\text{в}}$, °$C$	0,44	1,02	1,66	2,32

4. Аналогично выполнены расчеты приращения температур поверхностных слоев ограждения при облучении помещения через окно с лоджией при солнечном факторе стеклопакета $G_{\text{сп}} = 0{,}33$, а также при облучении помещении через окно без лоджии с солнечными факторами стеклопакетов $G_{\text{сп}} = 0{,}60$ и $G_{\text{сп}} = 0{,}33$. Обобщенные результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сводная таблица результатов расчетов

Светопроем и продолжительность облучения	Солнечный фактор стеклопакета, $G_{\text{сп}}$	Энергия за время облучения $\sum Q_0$, Вт	Вариант отделки помещения	Приращение температуры $\Delta\tau_{\text{р}}$, °C	Энергия для приращения $\Delta\tau_{\text{р}}$ на 1°C, Вт
Окно с лоджией 4 часа с 6:00 до 10:00	0,33	1,775,7	1	0,86	2065
			2	1,31	1355
	0,60	3229,2	1	1,53	2110
			2	2,32	1391
Окно без лоджии 9,5 часов с 4:00 до 13:30	0,33	3305,8	1	1,59	2079
			2	2,42	1366
	0,60	6040,2	1	2,88	2097
			2	4,47	1351

Из табл.3 следует, что на приращение температуры поверхностных слоев ограждений влияют все факторы, представленные в таблице. Сочетание продолжительности облучения и величины солнечного фактора определяет количество солнечной энергии, поступившее в помещение за время облучения. Так, за 4 часа облучения при $G_{\text{сп}} = 0{,}60$ в помещение приходит практически такое же количество солнечной энергии, как и за 9,5 часов при $G_{\text{сп}} = 0{,}33$, то есть 3229,2 и 3305,8 Вт соответственно. При одинаковой энергии, поступившей в помещение, приращение температуры определяется характером внутренней отделки помещений. Отделка помещений из материалов высокой плотности «поглощает» больше тепла, чем из материалов низкой плотности, поэтому приращение температуры их поверхностных слоев происходит медленнее: 1,53 и 1,59 °С (вариант 1) против 2,32 и 2,42 °С для поверхностных слоев из материалов низкой плотности (вариант 2).

Таким образом, основными определяющими факторами являются количество солнечной энергии и теплопоглощающие свойства материалов внутренней отделки помещений, что показано на рис. 2.

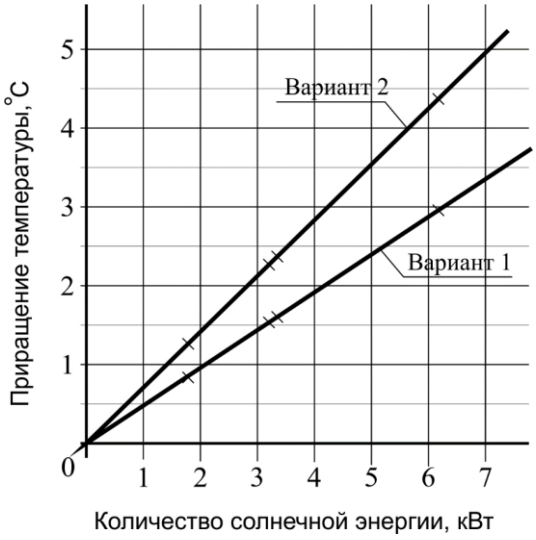


Рис. 2. Приращение температуры поверхностных слоев ограждения от количества солнечной энергии для двух вариантов отделки помещений
Fig.2.Increment of the temperature of the surface layers of the fence from the amount of solar energy for two options for interior decoration

Из рис. 2 видно также, что с увеличением количества солнечной энергии, поступившей в помещение, возрастает различие в приращении температур для отделочных материалов высокой и низкой плотности.

Столбец 6 табл. 3 показывает, что для каждого варианта внутренней отделки помещений существует некоторая доза солнечной энергии, при которой температура поверхностных слоев увеличивается на 1°С. Для вариантов отделки помещений в рассматриваемом примере – это 2100 Вт для варианта 1 и 1400 Вт – для варианта 2.

Таким образом, регулируя поступление солнечной энергии за счет величины солнечного фактора (или солнцезащитных устройств) и изменением теплопоглощающих свойств внутренней отделки помещений можно регулировать приращение температуры поверхностных слоев ограждений, а, следовательно, и приращение температуры воздуха в помещении.

4. Заключение

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Уточнены факторы, влияющие на приращение температуры воздуха в помещении при его облучении солнечной радиацией через световой проем и сформулирована методология расчета.
2. Разработан метод расчета приращения температуры воздуха в облучаемом помещении и приведен числовой пример. Показано, что для каждого варианта внутренней отделки помещений требуется своя доза солнечной радиации для приращения температуры воздуха в помещении на 1°С.
3. Установлено, что основными факторами, определяющими приращение температуры воздуха в помещении, являются количество солнечной энергии, поступившей в помещение за время его облучения, и теплопоглощающие свойства материалов внутренней отделки помещений.

Список литературы / References

1. Коркина Е.В. Комплексное сравнение оконных блоков по светотехническим и теплотехническим параметрам // Жилищное строительство. 2015. №6. С. 60-62. [Korkina E.V. Complex comparison of window blocks according to lighting and heat engineering parameters // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2015. №6. 60-62p.]
2. Гагарина В.Г., Коркина Е.В., Шмаров И.А., Пастушков П.П. Исследование влияния низкоэмиссионного покрытия стекла на спектральное пропускание света // Строительство и реконструкции. 2015. №2 (58). С. 90-95. [Gagarina V.G., Korkina E.V., Shmarov I.A., Pastushkov P.P. Investigation of the influence of low-emission glass coating on the spectral transmission of light // Construction and Reconstruction. 2015. No. 2 (58). 90-95p.]
3. Miyazaki T., Akisawa A., Kashjwagi T. Energy saving of office building by the use of semi-transparent solar cell for windows//Renewalle Energy. 2005. V.30. №3. P. 281-304.
4. Mazilu M., Miller A., Donchev V. Modular method for calculation of transmission and reflection in multilayered structures // Applied Optics. 2001. №40. P. 6670-6676.
5. Lee E.S., DiBartolomeo D.L., Selkowitz. Daylighting controlperformanceofa thin-film ceramic electrochromic window // Energy and Building. 2006. V. 38. P. 30-44.
6. Земцов В.А., Гагарина Е.В. Расчетно-экспериментальный метод определения общего коэффициента пропускания света оконными блоками// Academia. Архитектураистроительство. – 2010, №3. – с. 472-476. [Zemtsov V.A., Gagarina E.V. Calculation-experimental method for determining the total light transmittance of window blocks// Academia. Architecture and construction. - 2010, №. 3, 472-476p.]
7. Земцов В.А., Гагарина Е.В., Корский С.Н. Метод экспериментального определения общего светопроницания заполнений светопроемов в натурных условиях// Вестник МГСУ. – 2011, №3. – с. 9-14. [Zemtsov V.A., Gagarina E.V., Korsky S.N. The method of experimental determination of the total light transmission of fillings of light apertures in natural conditions // Vestnik MGSU. - 2011, № 3, 9-14p.]
8. Земцов В.А., Гагарина Е.В. Экологические аспекты инсоляции и естественного освещения жилых и общественных зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники, 2012, №2, с. 38-41. [Zemtsov V.A., Gagarina E.V. Ecological aspects of insolation and natural lighting of residential and public buildings // BST: Bulletin of construction equipment, 2012, №. 2, 38-41p.]
9. Шмаров И.А., Земцов В.А., Козлов В.А. Обновленная методика расчета продолжительности инсоляции помещений и территорий по инсоляционным графикам // Жилищное строительство, 2018, №6, с. 24-31. [Shmarov I.A., Zemtsov V.A., Kozlov V.A. An updated methodology for calculating the duration of insolation of premises and territories according to insolation charts// Housing Construction, 2018, № 6, 24-31p.]
10. Куприянов В.Н. К оценке теплового комфорта помещений облучаемых солнечной радиации через световые проемы. Часть 1. Расчет энергии солнечной радиации приходящей к наружной поверхности оконного блока // Вестник ПТО РААСН. ННГАСУ, 2019., вып. 22, с.97-104. [Kupriyanov V.N. To assess the thermal comfort of premises irradiated by solar radiation through light apertures. Part 1. Calculation of the energy of solar radiation coming to the outer surface of the window unit // Vestnik PTO RAASN. NNGASU, 2019, no. 22, 97-104p.]
11. Kupriyanov V., Sedova F. Energy method for calculation of residential apartments // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 890 (2020) 012038 doi: 10/1088/1757-899x/890/1/012038, p. 1-10
12. Свидетельство о регистрации программного комплекса ЭВМ №2013660878 «РаИн 2013», для регистрации 21.11.2013 (авторы В.Н. Куприянов, Ф.Р. Халикова, А.Н. Седов) [Certificate of registration of the computers of twarepackage No. 2013660878 "Rain 2013", for registrationon November 21, 2013 (authors V.N. Kupriyanov, F.R. Khalikova, A.N. Sedov)]
13. Куприянов В.Н. К расчету величины солнечного фактора солнцезащитных устройств // Жилищное строительство, 2021, №11, с.40-45. [Kupriyanov V.N. Calculation of the value of the solar factor of sun protection devices // Housing Construction, 2021, No. 11, 40-45p.]

14. Здание биоклиматической архитектуры – «Городские ворота Дюссельдорфа»// АВОК. – 2006 №2. – с. 50-56; №3. – с.20-26.[The building of bioclimatic architecture - "City Gate of Dusseldorf"//ABOK. - 2006 No. 2. - with. 50-56; № 3, 20-26p.]
15. Харкнес Е.Л., Мехта М.Л. Регулирование солнечной радиации здании/ пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1982. – 296 с. [Harknes E.L., Mehta M.L. Regulation of solar radiation building / per. from English. – M.: Stroyizdat, 1982. – 296 p.]
16. Гертис К. Стеклянные двойные фасады. Имеют ли смысл с точки зрения строительной физики новые разработки фасадов // АВОК. – 2003, №7. с. 10-16; №8. с. 22-30 [GertisK. Glass double facades. Do new developments of facades make sense from the point of view of building physics // ABOK. - 2003, № 7, 10-16 p.; № 8, 22-30p.]
17. Gertis K. Fenster and Sonnenschutz, SonderdruckausGlaswelt, Heft5, 1972
18. Строительнаяфизика / Е. Шильд, Х.-Ф. Кассельман, Г.Дамен, Р. Поленц: пер. снем. – М.: Стройиздат, 1982. – 296 с. [Building physics / E. Schild, H.-F. Kasselman, G. Damen, R. Polentz: per. with him. – M.: Stroyizdat, 1982. – 296 p.]
19. Куприянов В.Н. К оценке теплового комфорта помещений, облучаемых солнечной радиацией через световые проемы. Часть II. Расчет приращения температуры воздуха в помещении за счет солнечной радиации прошедшей через остекление // Сб. научных трудов РААСН. М.: Изд-воАСВ, 2019, том 2, с.316-325. [Kupriyanov V.N. On the assessment of the thermal comfort of rooms irradiated with solar radiation through light apertures. Part II. Calculation of the increase in air temperature in the room due to solar radiation passing through the glazing / / Sat. scientific works of RAASN. Moscow: DIA Publishing House, 2019, volume 2, 316-325p.]
20. Куприянов В.Н. Анализ оптических свойств светопрозрачных ограждающих конструкций. Сборник научных трудов РААСН. т.2. 2020, с. 332-339 [Kupriyanov V.N. Analysis of optical properties of translucent enclosing structures. Collection of scientific works of RAASN. vol.2. 2020, 332-339 p.]
21. Шибеко А.С., Косько П.Ю. Совершенствование метода расчета теплопоступлений от солнечной радиации через светопрозрачные конструкции. Приволжский научный журнал. 2020, с. 93-98 [Shibeko A.S., KoskoP.Yu. Improving the method of calculating heat gain from solar radiation through translucent structures. Volga Scientific Journal. 2020, 93-98 p.]
22. Дворецкий А. Солнечная энергия в энергоэффективных зданиях. Сборник научных трудов РААСН, Москва, том 2, 2020, с. 61-73.[Dvoretsky A. Solar energy in energy-efficient buildings. Collection of scientific papers of the RAASN, Moscow, volume 2, 2020, 61-73 p.]
23. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3, части 1-6, № 12. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988 [Scientific and applied reference book on the climate of the USSR. Series 3, parts 1-6, no. 12. – L.: Gidrometeoizdat, 1988]
24. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с. [FokinK.F. Construction heat engineering of enclosing parts of buildings. - M.: AVOK-PRESS, 2006. - 256 p.]
25. Ivantsov, A., Sirazitdinov, V. (2021). Analysis of Light Comfort and Thermal Protection of a Building Taking into Account Changes in the Geometry of the Window Slope. In: Vatin, N. (eds) Proceedings of STCCE 2021. STCCE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 169. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80103-8_9

Информация об авторах

Куприянов Валерий Николаевич, докт. техн. наук, профессор, член-корр. РААСН
Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email: kuprivan@kgasu.ru

Information about the authors

Valery N. Kupriyanov, doctor oftechnical sciences, professor, corresponding member of the RAACS, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: kuprivan@kgasu.ru

УДК: 624.012
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_18
EDN: TOADUE

Перемещение арматуры периодического профиля в заделке при статическом нагружении

Илшат Т. Мирсаяпов[1], Р.И. Минзянов[1]
[1] Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Существует необходимость разработки нового метода расчета перемещения арматуры периодического профиля в заделке при статическом нагружении, наиболее просто учитывающего реальную работу арматуры и бетона в зоне их непосредственного контакта, а также описывающего напряженно–деформированное состояние на всех стадия нагружения от начала проскальзывания до разрушения заделки. Цель исследования: на основе анализа существующих моделей и методов оценки напряженно–деформированного состояния предложить новую модель и новый метод расчета перемещения арматуры в бетоне. Задачи работы: определить усилия, возникающие под выступом арматурного стержня; используя статический и кинематический способы метода предельного равновесия, определить возможные перемещения клина под выступами; определить предельные деформации перемещения, при которых происходит разрушение заделки.
Результаты. Проведены теоретические исследования поведения арматуры периодического профиля в заделке при статическом нагружении. Представлена новая модель работы заделки, на основании которой получены уравнения перемещений арматуры, позволяющие оценить напряженно–деформированное состояние контакта «бетон-арматура» на всех стадия нагружения.
Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что предложенная модель и метод расчета позволяют наиболее точно оценить напряженно–деформированное состояние зоны контакта «бетон-арматура» в задаче по вытягиванию арматуры периодического профиля из бетонного блока при статическом нагружении. Это является существенным вкладом в развитие теории сцепления арматуры периодического профиля с бетоном. Данная методика может быть использована для определения длины анкеровки и нахлестки арматуры, а также для расчета закладных деталей.

Ключевые слова: железобетон, арматура, периодический профиль, сцепление, статическое нагружение, перемещение.

Для цитирования: Мирсаяпов Илшат Т., Минзянов Р.И. Перемещение арматуры периодического профиля в заделке при статическом нагружении // Известия КГАСУ.2022. № 4 (62), с.,18-29 DOI: 10.52409/20731523_2022_4_18, EDN: TOADUE

Movement of the reinforcement of a periodic profile in the embedment under static load

Ilshat T. Mirsayapov[1], R. I. Minzyanov[1]
Kazan State University of Architecture and Engineering,
Kazan, Russian Federation

Abstract: There is a need to develop a new method for calculating the displacement of the reinforcement of a periodic profile in the embedment under static loading, which most simply takes into account the actual work of the reinforcement and concrete in the zone of their direct

contact, and also describes the stress-strain state at all stages of loading from the beginning of slippage to the destruction of the embedment. Objectives of the work: analysis of domestic and foreign studies and identification of the state of the issue in assessing the displacement of reinforcement in the embedment. A new model and a new method for calculating the displacement of reinforcement in concrete are proposed based on the analysis of existing models and methods for assessing the SSS.
Results. Theoretical studies of the behavior of the reinforcement of a periodic profile in the embedment under static loading have been carried out. A new model of embedding operation is presented, on the basis of which the equations of reinforcement displacements are obtained, with the help of which it is possible to estimate the stress-strain state of the concrete-reinforcement contact at all stages of loading.
Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry lies in the fact that the proposed model and calculation method allow the most accurate assessment of the stress-strain state of the "concrete-rebar" contact zone in the problem of drawing reinforcement of a periodic profile from a concrete block under static loading. This is a significant contribution to the theory of adhesion of ribbed reinforcement to concrete.

Keywords: reinforced concrete, reinforcement, periodic profile, adhesion, static loading, displacement.

For citation: Mirsayapov Ilshat T., Minzyanov R. I. Movement of the reinforcement of a periodic profile in the embedment under static load // News KSUAE. 2022. № 4 (62),c.18-29 DOI: 10.52409/20731523_2022_4_18, EDN: TOADUE

1. Введение

Сущность железобетона как материала определяется главным образом закономерностями взаимодействия арматуры и бетона. Проскальзывание арматуры относительно бетона не происходит благодаря сцеплению.

Под сцеплением подразумевается совокупность физических и механических явлений на контактных поверхностях арматуры и бетона, обеспечивающих их связь и оказывающих сопротивление перемещениям арматуры в бетоне или иначе можно сказать, что сцепление – это сопротивление бетона продольным перемещениям арматуры.

До появления арматуры периодического профиля рабочей арматурой железобетонных элементов служила гладкая арматура. Сопротивление сдвигу гладкой арматуры обеспечивается в основном работой адгезионных связей, а также силами трения, возникающими от радиального давления при усадке бетона.

При переходе к массовому применению профилированной арматуры эти представления пытались сохранить, введя в расчетные выражения дополнительно сопротивление за счет зацепления выступов арматуры. Но адгезионное сопротивление и трение по гладкой поверхности арматуры между выступами имеют второстепенное значение, а главным здесь является зацепление выступов арматуры, т.е. сцепление профилированной арматуры обусловлено в основном сопротивлением бетона смятию.

В последние годы активно изучается тема сцепления арматуры с бетоном [1, 2]. После того как был выявлен механизм взаимодействия арматуры с бетоном, появилось много предложений по его аналитическому описанию[3].

В настоящее время при статическом нагружении наибольшее применение нашла техническая теория сцепления (ТТС), разработанная во ВНИИЖелезобетона России [4], основанная на применении аналитической модели. Несмотря на то, что передача арматурой усилий на бетон происходит в основном вследствие смятия под выступами, в указанной модели арматура моделируется цилиндрическим, условно гладким стержнем, а передаваемые ею усилия заменяются напряжениями, отнесенными к условной поверхности контакта.

Касательная компонента этих напряжений названа «условными напряжениями сцепления»τ_g, нормальная –«поперечным давлением» p_g. Распределение этих контактных напряжений предполагается осесимметричным, поэтому их значения зависят лишь от одной координаты, выражающей положение поперечного сечения вдоль

рассматриваемого арматурного стержня. При этом напряжения сцепления однозначно определяются величиной продольных смещений на основании закона сцепления. Наиболее приемлемыми являются нормальный и упругопластический закон сцепления [4].

В зависимости от вида граничных условий, техническая теория сцепления позволяет при статическом нагружении решать следующие основные задачи:

1) на одном из концов элемента заданы напряжения в арматуре;
2) на обоих концах заданы напряжения в арматуре;
3) на обоих концах заданы взаимные смещения;
4) на одном конце заданы напряжения в арматуре, на другом – взаимные смещения.

Для расчетов на основе нормального закона сцепления при статическом нагружении в [4] составлены таблицы специальных функций. В зависимости от граничных условий и случая нагружения по этим таблицам определяются взаимные смещения, напряжения в арматуре, а по закону сцепления – напряжения сцепления. Определяя их для нескольких точек по длине элемента, строятся соответствующие эпюры, и при статическом нагружении элементов.

Итак, в ТТС арматура моделируется цилиндрическим, условно гладким стержнем, а передаваемые ею усилия заменяются напряжениями, отнесенными к условной поверхности контакта. ТТС не отражает действительную работу бетона и арматуры в заделке и поэтому не в состоянии учитывать то, что передача арматурой усилий на бетон происходит в основном вследствие смятия под выступами.

Внимания заслуживает модель Comité Euro-International du Béton (CEB) [5]. Модель CEB позволяет определить сцепление арматуры с бетоном на разных стадиях нагружения, выделяя следующие этапы: ребра арматурных стержней проникают в матрицу строительного раствора; сдвиг бетона между ребрами; появления трещин раскола вдоль стержней.

Также можно выделить законы, близко описывающие экспериментальные данные:

– степенной закон Г. Рема;
– степенной закон Мирза и Хоуде;
– закон Марти;
– эмпирический закон Д.У. Уотштейна;
– модель для вычисления контактных напряжений Идда.

Многие исследователи пытались теоретически обосновать результаты экспериментальных данных, основываясь на постулатах сопротивления материалов, теории упругости, контактных задач.

Например, в работе [6] разработали модель, учитывающую напряжения раскола сцепления и радиальную деформацию между арматурным стержнем и бетоном. Такой подход позволяет описать напряжения сцепления на границе раздела стали и бетона в трех измерениях.

Разрушение от раскола, которое является основным типов разрушения для стержней в бетоне, исследовано в работе [7]. В его работе учтены такие факторы, как граничные свойства, особенности деформации, толщина защитного слоя бетона. Интерес также представляют работы [8-9].

Большое внимание проблеме сцепления арматуры с бетоном уделяется при таких исследованиях, как экспериментальное определение предельно допустимой нагрузки на строительные конструкции зданий и сооружения. Авторы в работе [10] исследуют поведение плиты перекрытия при испытании пригрузкой баками с водой. В эксперименте на бетон и арматуру клеятся тензодатчики, по которым снимаются показания напряжений в бетоне и арматуре. По этим данным есть возможность оценить напряжение в контактном слое бетона.

В работе [11] выполнено комплексное расчетно-экспериментальное исследование процесса начала разрушения связей сцепления при вдавливании стержня жесткой стальной арматуры в виде двутавра в бетон.

Стремительными темпами развивается компьютерный анализ работы строительных конструкций. С помощью искусственных нейронных сетей в работе [12] получена аналитическая модель, описывающая конечную прочность сцепления через средние

значения касательных напряжений. В качестве объекта исследования выступает бетон различных классов прочности, армированный металлической и композитной арматурой. Установлено, что величина сцепления связана с прочностными характеристиками бетона и видом применяемой арматуры.

Приближенное решение задач сцепления арматуры с бетоном в призматических элементах показано в работе [13]. В статье приведены возможности современного варианта технической теории сцепления стальной арматуры с бетоном для инженерных расчётов ряда величин, интересующих исследователей и проектировщиков.

Особенности работы контакта бетон-арматура исследуются в работах по изучению стыков монолитных, сборных и сборно-монолитных конструкций. Большой интерес представляют работы [14-18].

Сцепление профилированной арматуры главным образом обусловлено зацеплением, а значит, сопротивлением бетона смятию по малым площадкам. Таким образом, в настоящее время отсутствует универсальная теория сцепления, которая учитывала бы реальные режимы деформирования бетона и арматуры в заделке, а также реальные механизмы её разрушения.

Целью настоящего исследования является разработка новых теоретических методов определения перемещения арматуры в заделке при статическом нагружении, позволяющих проследить за перемещением арматуры на каждом этапе нагружения.

Задачи, которые обеспечат достижение указанной выше цели, следующие:

- на основании существующей модели раскалывания А.С. Залесова определить усилия, возникающие под выступом арматурного стержня;
- используя статический и кинематический способы метода предельного равновесия, определить возможные перемещения клина под выступами;
- определить предельные деформации перемещения, при которых происходит разрушение заделки.

2. Материалы и методы

Сопротивление заделки арматуры продольным смещениям определяется, главным образом, работой бетона на смятие под выступами. Поскольку выступы располагаются с определенным шагом и под каждым выступом реализуется одинаковое напряженно-деформированное состояние, то для его составляющих в заделке достаточно рассмотреть работу и разрушение бетона под одним выступом (рис. 1).

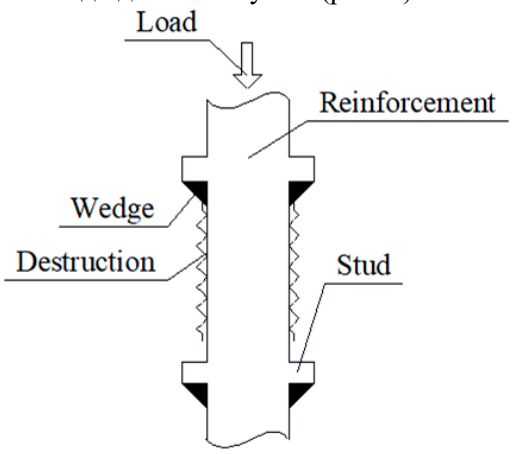


Рис. 1. Образование клина уплотнения под выступами арматуры (иллюстрация авторов)
Fig. 1. Formation of a sealing wedge under the reinforcement protrusions (illustration by the authors)

Общеизвестно, что в бетоне под штампом образуется клин уплотнения. Определение геометрических параметров этого клина описано в [4]. В этой работе угол клина определяется:

$$\cot\varphi_{wd} = 0{,}098 \cdot \left(\frac{c_r}{\lambda}\right)^{-0{,}8}, \qquad (6)$$

где φ_{wd} – угол клина в радианах;
c_r – ширина штампа в мм;
$\lambda = 72{,}5$мм – радиус влияния.

Считается, что этот клин давит на окружающий бетон. Поэтому клин оттесняет окружающий бетон от гладкой поверхности арматуры между выступами. В результате силы адгезии и трения сходят на нет.

Для описания напряженно-деформированного состояния в заделке арматуры под выступами авторами предлагается модель, основанная на модели раскалывания профессора А.С. Залесова (рис. 2а).

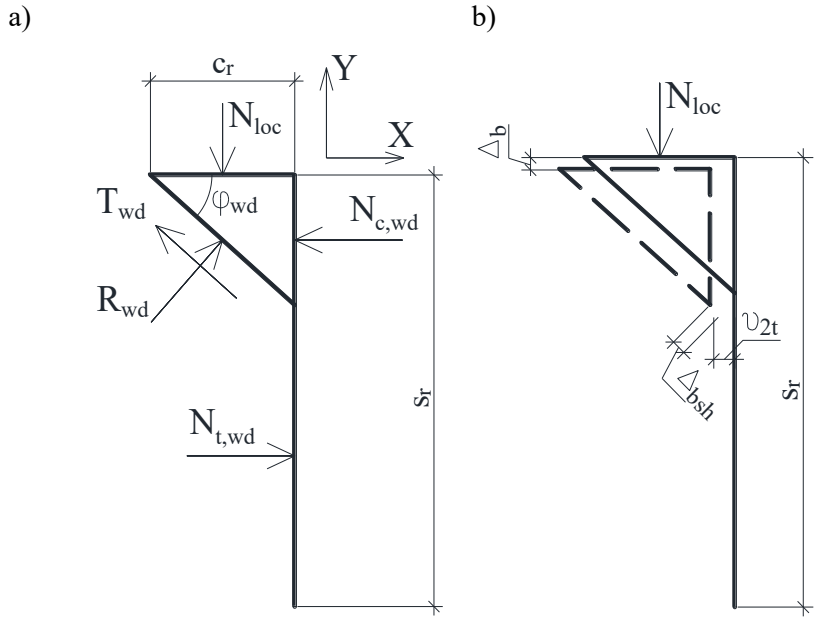


Рис. 2. Перемещение клина уплотнения: a) модель разрушения бетона, b) расчетная модель деформирования бетона при местном сжатии (иллюстрация авторов)
Fig. 2. Seal wedge movement: a) concrete failure model, b) calculation model of concrete deformation under local compression (illustration by the authors)

Несущая способность участка бетона между выступами зависит от усилий, возникающих в растянутой зоне между вершиной клина и нижним выступом $N_{t,wd}$, и от касательных усилий вдоль грани клина уплотнения T_{wd}.

Для определения зависимостей используется метод предельного равновесия. Из решения уравнений равновесия усилий на оси Xи Y, находим значение N_{loc}:

$$N_{loc} = \frac{N_{t,wd} \cdot \cos\varphi_{wd} + T_{wd}}{\sin\varphi_{wd}}. \quad (7)$$

Как известно, в момент начала разрушения вследствие накопления остаточных напряжений распределение растягивающих напряжений является достаточно равномерным. Предельная несущая способность растянутой зоны между вершиной клина и нижним выступом определяется:

$$N_{t,wd} = \omega_1 \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_t, \quad (8)$$

где $\omega_1 = 0{,}75$ – коэффициент полноты эпюры растягивающих напряжений.
h_t – длина растянутой зоны элемента, определяется:

$$h_t = s_r - c_r \cdot \tan\varphi_{wd}. \quad (10)$$

Также известно, что в момент начала разрушения распределение касательных напряжений является равномерным, а предельные касательные усилия вдоль граней клиньев уплотнения равны:

$$T_{wd} = \tau_{wd} \cdot b \cdot l_{sh}, \quad (11)$$

где τ_{wd} – касательные напряжений;
l_{sh} – длина сдвига, определяется:

$$l_{sh} = \frac{c_r}{\cos\varphi_{wd}}. \quad (12)$$

В предельной стадии значение N_{loc}:

$$N_{loc} = \sigma_b^{loc} \cdot b \cdot l_{loc}, \quad (13)$$

где b – длина окружности кольцевого штампа;
l_{loc} – ширина грузовой площадки:

$$l_{loc} = c_r. \tag{14}$$

Подставляя (6), (8)÷(14) в (7), имеем:

$$\sigma_b^{loc} = 0{,}75 \cdot R_{bt} \cdot \left(\frac{s_r}{c_r} \cdot \cot\varphi_{wd} - 1\right) + \frac{\tau_{wd}}{\sin\varphi_{wd} \cdot \cos\varphi_{wd}}. \tag{15}$$

Как видно из (15), одних только уравнений равновесия недостаточно. Для определения касательных напряжений τ_{wd} необходимо воспользоваться кинематическим способом метода предельного равновесия. Для этого рассмотрим перемещение клина уплотнения под действие нагрузки (рис. 2b).

При перемещении клина в вертикальном направлении деформации равны:

$$\Delta_b = \int_{c_r \cdot \tan\varphi_{wd}}^{s_r} \varepsilon_{1c}\,(h)\,dh. \tag{16}$$

Поперечное перемещение клина в бетоне от действия сжимающего силового потока равно:

$$\upsilon_{2t} = \frac{1}{\tan\varphi_{wd}} \cdot \int_{c_r \cdot \tan\varphi_{wd}}^{s_r} \varepsilon_{1c}\,(h)\,dh. \tag{17}$$

Перемещение граней клина относительно бетона при сдвиге:

$$\Delta_{bsh} = \frac{1}{\sin\varphi_{wd}} \cdot \int_{c_r \cdot \tan\varphi_{wd}}^{s_r} \varepsilon_{1c}\,(h)\,dh. \tag{18}$$

Относительные деформации сжатия определяются как функция:

$$\varepsilon_b = f(\sigma_b). \tag{19}$$

По диаграмме деформирования бетона, учитывающей поведение бетона в малом масштабе, т.е. зная значение напряжения в бетоне под клином, можно определить относительные деформации, возникающие при перемещении клина.

Для этого нами предлагается трансформированная трехлинейная диаграмма деформирования бетона с нисходящей ветвью [19] (рис. 3).

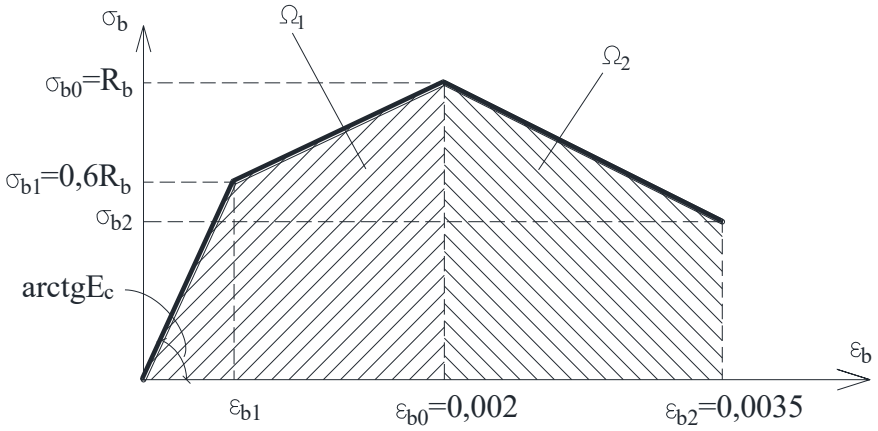


Рис. 3. Диаграмма деформирования бетона (иллюстрация авторов).
Fig. 3. Concrete deformation diagram (illustration by the authors).

Для определения деформаций ε_b необходимо установить закономерность изменения сжимающих напряжений по высоте элемента, поскольку принимать $\sigma_b = \text{const}$ некорректно. Использование предположения о том, что сжимающие напряжения равномерно распределены по глубине элемента, приводят к большим расхождениям с экспериментальными данными.

Для определения давления под острием клина воспользуемся решением элементарной задачи Ж. Буссинеска.

$$\sigma_x = q \cdot \frac{[2 \cdot (\theta_1 - \theta_2) + \sin(2 \cdot \theta_2) - \sin(2 \cdot \theta_1)]}{2 \cdot \pi}. \tag{20}$$

Учитывая, что точка М лежит на оси X, то получим:

$$\sigma_x = -\frac{R_b^{loc}}{\pi} \cdot [2 \cdot \theta + \sin(2 \cdot \theta)]. \tag{21}$$

Подставляя (21) в (20), а затем полученное выражение в (15), имеем:

$$\Delta_{bsh} = \frac{\sigma_b^{loc} \cdot c_r}{2 \cdot \sin\varphi_{wd} \cdot E_b} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \left(2 \cdot \ln\frac{\sin\theta_k}{\cos\theta_k} - \theta_k \cdot \cot\theta_k + \theta_n \cdot \cot\theta_n\right), \quad (22)$$

где

$$\theta_n = \frac{\pi}{2} - \varphi_{wd}; \quad (23)$$

$$\theta_k = \tan^{-1}\frac{c_r}{s_r}. \quad (24)$$

Зная абсолютное значение деформаций сдвига, определим относительные деформации:

$$\gamma_{wd} = \frac{\Delta_{bsh}}{l_{sh}} = 0{,}5 \cdot \frac{\sigma_b^{loc}}{E_b} \cdot \cot\varphi_{wd} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \left(2 \cdot \ln\frac{\sin\theta_k}{\cos\theta_k} - \theta_k \cdot \cot\theta_k + \theta_n \cdot \cot\theta_n\right). \quad (25)$$

Определяем касательные напряжения:

$$\tau_{wd} = \gamma_{wd} \cdot G_b, \quad (26)$$

где G_b – модуль сдвига:

$$G_b = \frac{E_b}{2 \cdot (1 + \nu)}, \quad (27)$$

$\nu \approx 0{,}2$ – коэффициент Пуассона.

Окончательно имеем:

$$\tau_{wd} = \frac{5}{24} \cdot \sigma_b^{loc} \cdot \cot\varphi_{wd} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \left(2 \cdot \ln\frac{\sin\theta_k}{\cos\theta_k} - \theta_k \cdot \cot\theta_k + \theta_n \cdot \cot\theta_n\right). \quad (28)$$

При росте нагрузки от нуля до некоторого предельного значения нагрузки P_{max}, при которой происходит выдергивание арматурного стержня, наблюдаются упругие и пластическиеучастки.

При достижении напряжений под штампом, равных R_b^{loc}, происходит разрушение заделки. Текущий уровень напряжений можно определить, зная длину пластического участка, которую можно определить так:

$$\beta \cdot L_{pl} = p_0 - \tanh[\beta \cdot (L - L_{pl})], \quad (29)$$

где β – коэффициент:

$$\beta = 2 \cdot \sqrt{\frac{(1 + \alpha_s \cdot \mu_s) \cdot \tau_0}{E \cdot d_s \cdot g^*}}; \quad (30)$$

$$p_0 = \frac{\sigma_{s0}}{\sigma^*}; \quad (31)$$

$$\sigma^* = \frac{E \cdot \beta \cdot g^*}{1 + \alpha_s \cdot \mu_s}. \quad (32)$$

Решать уравнение (29) в явном виде не представляется возможным, поэтому разложим в ряд функцию гиперболического тангенса:

$$\tanh(x) = x - \frac{x^3}{3} + \frac{2 \cdot x^5}{15} - \frac{17 \cdot x^7}{315} + \cdots =$$
$$= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^{2n} \cdot (2^{2n} - 1) \cdot B_{2n} \cdot x^{2n-1}}{(2n)!}, |x| < \frac{\pi}{2}, \quad (33)$$

где B_{2n} – числа Бернулли.

Для инженерной точности используем первые два члена разложения, отбросив члены более высокого порядка. Таким образом:

$$L_{pl} = L - \frac{\sqrt[3]{3 \cdot (\beta \cdot L - p_0)}}{\beta}. \quad (34)$$

Зная длину пластического участка, можно определить количество арматурных выступов, находящихся в пластической и упругой зонах:

$$n_{\text{общ}} = \frac{L}{s_r} + 1;\ n_{pl} = \frac{L_{pl}}{s_r} + 1;\ n_t = n_{\text{общ}} - n_{pl} = \frac{L - L_{pl}}{s_r}. \quad (35)$$

Определим усилие, а затем и давление, приходящиеся на один выступ в зоне перехода упругой зоны в пластическую из следующих соотношений:

$$n_{pl} \cdot N_r + 0{,}5 \cdot n_t \cdot N_r = \sigma_{s0} \cdot A_s; \quad (36)$$

$$N_r = \frac{\sigma_{s0} \cdot A_s}{n_{pl} + 0{,}5 \cdot n_t}; \quad (37)$$

$$\sigma_r = \frac{N_r}{A_r}. \quad (38)$$

Предельные деформации:

$$\Delta_b = \frac{c_r}{2 \cdot E_b} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \left(2 \cdot \ln \frac{\sin\theta_k}{\cos\theta_k} - \theta_k \cdot \cot\theta_k + \theta_n \cdot \cot\theta_n\right) \times$$

$$\times \frac{3 \cdot R_{bt} \cdot \left(\frac{s_r}{c_r} \cdot \cot\varphi_{wd} - 1\right)}{4 - \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{\pi \cdot (\sin\varphi_{wd})^2} \cdot \left(2 \cdot \ln \frac{\sin\theta_k}{\cos\theta_k} - \theta_k \cdot \cot\theta_k + \theta_n \cdot \cot\theta_n\right)}. \quad (39)$$

Для определения перемещения всей арматуры нужно воспользоваться формулой:

$$g_0 = \sum_{i=0}^{n_{pl}} g_{pl,i} + \sum_{j=n_{pl}}^{L} g_{l,j}. \quad (40)$$

В качестве примера рассмотрим бетонный цилиндр высотой H, в который на величину L заделан арматурный стержень диаметром d_s. Класс арматуры А400, класс бетона В25. Исходные данные для расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета параметров сцепления

№ задачи	Размеры сечения	ВысотаН	Длина заделки L	Класс арматуры	Диаметр d_s	Класс бетона
1	Ø250мм	300мм	200мм	А400	12	В25
2	Ø300мм	350мм	250мм	А400	14	В25
3	Ø350мм	400мм	300мм	А400	16	В25

Размеры периодического профиля, принятые по ГОСТ 5781, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Размеры профилей в мм

d_n	d	h	d_1	h_1	l	b	b_1	r
12	11,0	1,25	13,5	1,25	7	1,0	2,0	1,9
14	13,0	1,25	15,5	1,25	7	1,0	2,0	1,9
16	15,0	1,5	18	1,5	8	1,5	2,0	2,2

Механические характеристики арматуры и бетона приняты по СП 63.13330.

Рассмотрим характер изменения напряжений и деформаций по длине заделки в следующей задаче: арматура А400 Ø14 заделана в бетонный блок из бетона В25 высотой $H = 400мм$ на длину $L = 300мм$. К концу арматуры прикладывается усилие $\sigma_{s0} = 200МПа$.

3. Результаты и обсуждение

В результате расчета установлено, что нарушение сцепления на начальных этапах загружения имеет линейный характер. Из-за проявления пластических свойств бетона и образования клина уплотнения рост напряжений замедляется. При данных исходных параметрах сцепление арматуры с бетоном нарушается быстрее, чем наступает текучесть арматуры.

В результате расчета получена эпюра распределения напряжений и деформаций по длине заделки (рис.4). Для сравнения указана эпюра распределения напряжений и деформаций, полученная в эксперименте М.М. Холмянского [4].

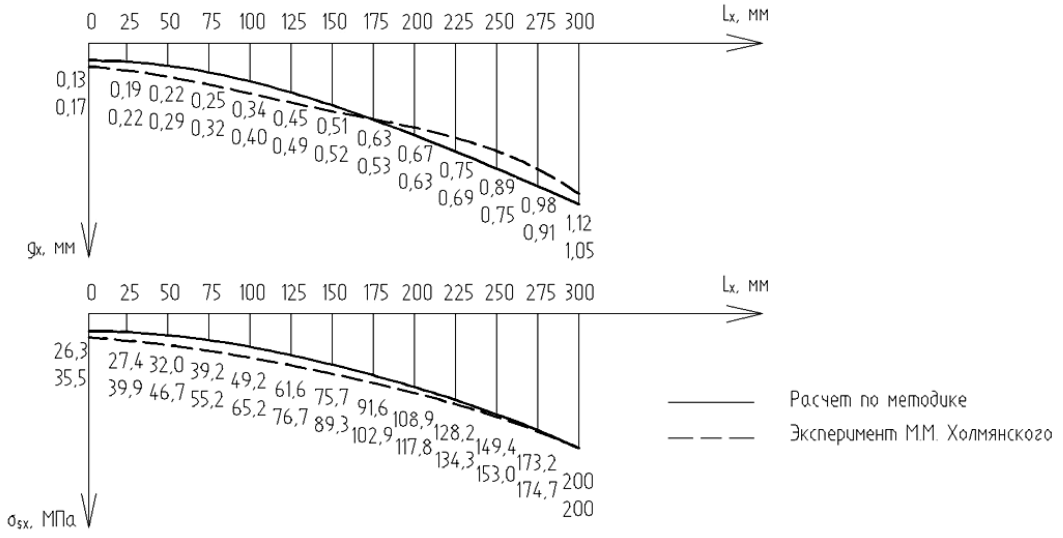


Рис.4. Эпюры распределения напряжений и деформаций по длине заделки (иллюстрация авторов)
Fig. 4. Diagrams of the distribution of stresses and deformations along the length of the embedment (illustration by the authors)

Сравнение полученных эпюр производится по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta_{b,\text{теор}}}{\Delta_{b,\text{холм}}}, \tag{41}$$

и показывает, во сколько раз значение, полученное по разработанной методике, расходится со значениями по теории Холмянского (см. табл. 3).

Таблица 3

Сравнение эпюр распределения напряжений и деформаций

L_x,мм	Перемещения Δ_b, мм			Напряжения σ_{sx}, МПа		
	Теория	**Холмян-ский**	**Сравнение**	**Теория**	**Холмян-ский**	**Сравнение**
0	0,13	0,17	**0,76**	26,3	35,5	**0,74**
25	0,19	0,22	**0,86**	27,4	39,9	**0,69**
50	0,22	0,29	**0,76**	32,0	46,7	**0,68**
75	0,25	0,32	**0,78**	39,2	55,2	**0,71**
100	0,34	0,40	**0,85**	49,2	65,2	**0,75**
125	0,45	0,49	**0,92**	61,6	76,7	**0,80**
150	0,51	0,52	**0,98**	75,7	89,3	**0,85**
175	0,63	0,53	**1,19**	91,6	102,9	**0,89**
200	0,67	0,63	**1,06**	108,9	117,8	**0,92**
225	0,75	0,69	**1,09**	128,2	134,3	**0,95**
250	0,89	0,75	**1,19**	149,4	153,0	**0,98**
275	0,98	0,91	**1,08**	173,2	174,7	**0,99**
300	1,12	1,05	**1,07**	200,0	200,0	**1,0**

В результате расчета задачи по вышеуказанному алгоритму получены следующие значения для параметров: σ_{s0} – напряжение на свободном конце арматурного стержня; L_{pl} – длина пластического участка; σ_{1c} – напряжение сжатия в бетоне под клином;

Δ_b – перемещение арматурного стержня.

При этом, как правило, при 10-15 мм происходит полное разрушение сцепления арматуры с бетоном.

Результаты согласуются с результатами теоретических и опытных экспериментов других ученых. Метод позволил проследить за изменениями перемещений на всем этапе загружений.

4. Заключение

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. На основе модели раскалывания А.С. Залесова для балок-стенок разработана новая теоретическая модель для определения перемещений арматуры относительно бетона в задаче о вытягивании арматуры из бетонного блока.
2. Используя методы статический и кинематический способы метода предельного равновесия, определено перемещение клина под арматурным выступом.
3. Определено значение предельных деформаций арматурного стержня, при которых происходит разращение заделки.
4. Разработанные расчетная модель и методы расчета позволяют осуществлять оценку параметров сцепления не только в предельной стадии, но и на каждом этапе загружения.
5. Теоретические результаты хорошо согласуются с опытными данными других исследователей.

Список литературы / References

1. Анализ прочности постнапряженных железобетонных конструкций без сцепления арматуры с бетоном / А. Н. Топилин, И. И. Гнеушев, Е. А. Лучкин, У. Кео // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 244-248. – EDNARVCRA [Topilin A.N., Gneushev I.I., Luchkin E.A., Keo W. Analysis of the strength of poststressed reinforced concrete structures without adhesion of reinforcement to concrete // Innovations and investments. - 2021. - No. 3. - P. 244-248. – EDN ARVKRA].
2. Ванус, Д. С. Исследование влияния сцепления арматуры с бетоном на прочность изгибаемых элементов в стадии эксплуатации / Д. С. Ванус, А. Д. Борисов // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 11(125). – С. 124-128. – EDNMJGKPF[Vanus, D.S., Borisov A.D. Study of the influence of adhesion of reinforcement with concrete on the strength of bending elements in the operation stage / D.S. Vanus, A.D. Borisov // Science and business: ways of development. - 2021. - No. 11 (125). - P. 124-128. – EDN MJGKPF].
3. Стахов, Д. О. Обзор и сравнение методов исследования характеристик сцепления арматуры с бетоном / Д. О. Стахов // Молодой ученый. – 2021. – № 23(365). – С. 62-68. – EDNVWFIKC [Stakhov, D. O. Review and comparison of methods for studying the characteristics of adhesion of reinforcement with concrete / D. O. Stakhov // Young scientist. - 2021. - No. 23 (365). - P. 62-68. – EDN VWFIKC].
4. Холмянский, М.М. Контакт арматуры с бетоном / М.М. Холмянский. – М. : Стройиздат, 1981. – 184с [Kholmyansky, M.M. Contact of reinforcement with concrete / M.M. Kholmyansky. - M. : Stroyizdat, 1981. – 184 P].
5. CEB-FIP Model Code 1990. – Comite Euro-International du Beton, 1990. – 455p.
6. Xiaotong Yu, Samanta Robuschi, Ignasi Fernandez, Karin Lundgren, Numerical assessment of bond-slip relationships for naturally corroded plain reinforcement bars in concrete beams, Engineering Structures, Volume 239, 2021, 112309, ISSN 0141-0296, https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112309.
7. Charles Rockson, Kishoare Tamanna, M. Shahria Alam, Ahmad Rteil, Effect of rebar embedment length on the bond behavior of commercially produced recycled concrete using beam-end specimens, Construction and Building Materials, Volume 286, 2021, 122957, ISSN 0950-0618, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122957.
8. Mirsayapov Il.T. Detection of Stress Concentration Regiones in Cyclic Loading by the Heat Monitoring Method/ Il.T. Mirsayapov//ISSN 0025-6544, Mechanics of Solids. C Allerton Press, Inc., 2010 – New York: Springer Link, 2010, Vol 45, №1. – pp. 133-139.
9. Xiaoyong Lv, Zhiwu Yu, Zhi Shan, Bond stress-slip model for rebar-concrete interface under monotonic and cyclic loading, Structures, Volume 34, 2021, Pages 498-506, ISSN 2352-0124, https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.07.093.
10. Mirsayapov, I. Research of the stress-strain state of a reinforced concrete beamless floor / I. Mirsayapov, E. Khorkov, R. Minzianov // E3S Web of Conferences Volume 274 (2021) : 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021), Kazan, 21–28 апреля 2021 года. – France: EDP Sciences, 2021. – P. 3031. – DOI 10.1051/e3sconf/202127403031. – EDN BOCMUJ.

11. Кашеварова, Г. Г. Расчетно-экспериментальное исследование процесса разрушения связей сцепления при вдавливании стержня жесткой арматуры в бетон / Г. Г. Кашеварова, А. С. Мартиросян, В. И. Травуш // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2016. – № 3. – С. 62-75. – DOI 10.15593/perm.mech/2016.3.04. – EDN WRQTFF [Kashevarova, G. G. Calculation and experimental study of the process of destruction of adhesion bonds when a rigid reinforcement bar is pressed into concrete / G. G. Kashevarova, A. S. Martirosyan, V. I. Travush // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Mechanics. - 2016. - No. 3. - P. 62-75. – DOI 10.15593/perm.mech/2016.3.04. –EDN WRQTFF].
12. Моделирование прочности сцепления арматуры с бетоном на основе искусственной нейронной сети / А. Н. Николюкин, В. П. Ярцев, Б. А. Бондарев, А. О. Корнеева // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2019. – № 2(54). – С. 11-20. – DOI 10.25987/VSTU.2019.54.2.001. – EDNISNDAO [Modeling of adhesion strength of reinforcement with concrete based on an artificial neural network / A. N. Nikolyukin, V. P. Yartsev, B. A. Bondarev, A. O. Korneeva // Scientific Journal of Construction and Architecture. - 2019. - No. 2 (54). - P. 11-20. – DOI 10.25987/VSTU.2019.54.2.001. – EDN ISNDAO].
13. Назаренко, П. П. Приближенные решения задач сцепления арматуры с бетоном в призматических элементах / П. П. Назаренко // Вестник транспорта Поволжья. – 2018. – № 3(69). – С. 38-45. – EDN YASFWH [Nazarenko, P. P. Approximate solutions of problems of adhesion of reinforcement with concrete in prismatic elements / P. P. Nazarenko // Bulletin of transport of the Volga region. - 2018. - No. 3 (69). – P. 38-45. – EDN YASFWH].
14. Juliya Mironova. Structural solution of the horizontal joint of floor slabs in girderless frame // 2 International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE –2021). 2021. Vol. 274 P.1–10. DOI: 10.1051/e3sconf/202127403017.
15. George Pantazopoulos, Ioannis Pressas, Athanasios Vazdirvanidis, Fatigue failure analysis of a Ø14 B500C steel rebar: Metallurgical evaluation and numerical simulation, Engineering Failure Analysis, Volume 101, 2019, Pages 180-192, ISSN 1350-6307, https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.03.016.
16. Mahesh, Prashant Rawat, K.K. Singh, P.K. Singh, Comparison of steel and fiber-reinforced polymer rebars for mining applications: A numerical approach, Materials Today: Proceedings, Volume 33, Part 8, 2020, Pages 5041-5045, ISSN 2214-7853, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.840.
17. Mirsayapov, I. T. Endurance of Reinforced Concrete Beams with Small Shear Spans / I. T. Mirsayapov // Proceedings of EECE 2019 : Energy, Environmental and Construction Engineering, St. Petersburg, Russia, 19–20 ноября 2019 года. – Cham: Springer, 2020. – P. 763-775. – DOI 10.1007/978-3-030-42351-3_67. – EDN BTZTPP.
18. Мирсаяпов, И. Т. Основы повышения эффективности применения высокопрочных бетонов в конструкциях промышленных зданий при действии поперечных сил / И. Т. Мирсаяпов, А. Г. Тамразян // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2017. – № 1(989). – С. 54-59. – EDNXIKCZL[Mirsayapov, I. T. Fundamentals of increasing the efficiency of high-strength concretes in the structures of industrial buildings under the action of transverse forces / I. T. Mirsayapov, A. G. Tamrazyan // BST: Bulletin of construction equipment. - 2017. - No. 1 (989). - P. 54-59. – EDN XIKCZL].
19. Mirsayapov, I. Modified trilinear stress-strain diagram of concrete designed for calculation of beams with fiberglass rebar / I. Mirsayapov, G. Apkhadze // IOP conference series : Materials Science and Engineering, Kazan, 29 апреля – 15 2020 года. – Kazan, Russia: IOP Science, 2020. – P. 012079. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012079. – EDN XWJHRE.

Информация об авторах

Мирсаяпов Илшат Талгатович, доктор технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
E-mail: mirsayapovit@mail.ru

Минзянов Рустам Ильдарович, ассистент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
E-mail: minzianovrustam@gmail.com

Information about the authors

Ilshat T. Mirsayapov, Doctor of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
E-mail: mirsayapovit@mail.ru

Rustam I. Minzyanov, assistant, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
E-mail: minzianovrustam@gmail.com

УДК: 624.073.135
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_30
EDN: FCMXSE

Усиление зон продавливания плиты перекрытия при несоосности вертикальных несущих элементов по высоте здания

Илшат Т. Мирсаяпов[1], Г.П. Никитин[1], М.Ф. Ханбеков[2]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация
[2]АО «Казанский Гипрониавиапром» им. Б.И.Тихомирова», г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* Наиболее распространённая причина усиления зон продавливания плиты перекрытия – отсутствие или недостаточность поперечного армирования в этих зонах, значительно реже –несоосность вертикальных несущих элементов, возникающая в результате технологических нарушений при возведении зданий. При этом нормативной базой регламентируется величина предельно допустимых отклонений относительно оси вертикальных элементов или их несоосности. В случае сверхнормативных отклонений рекомендуется произвести демонтаж этого элемента конструкции. В отечественной практике строительства демонтаж здания целиком (при выявлении несоосности всех вертикальных элементов) с повторным его возведением является экономически нецелесообразным. Однако из-за отсутствия типовых проектов усиления зон продавливания, а также моделей их расчёта численными методами появляется необходимость в их разработке. Цель работы – разработка оптимального способа усиления зон продавливания перекрытия в местах несоосности вышележащих колонн. Задача работы: численное исследование каркаса с построением двух расчётных моделей в программном комплексе «ЛИРА-САПР», анализ результатов напряжённо-деформированного состояния монолитного железобетонного каркаса, выполненного с несоосностью колонн по высоте, определение непроектных усилий в зонах продавливания перекрытий и платформенного стыка колонн с ненормативным исполнением продольной рабочей арматуры, проверка несущей способности элементов не законсервированного монолитного железобетонного каркаса, незаконченного строительством, при возникновении дополнительных изгибающих моментов от действия вертикальной нагрузки с эксцентриситетом в узлах сопряжения колонны с перекрытием.
Результаты. Основные результаты исследования заключаются в разработке оптимального метода усиления платформенных стыков для обеспечения работоспособного состояния монолитного железобетонного каркаса и исключения разрушения плиты перекрытия от продавливания при возникновении дополнительных изгибающих моментов от несоосности колонн со смещением продольной рабочей арматуры в них.
Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что разработанный способ усиления при наличии отклонений колонн каркаса, превышающих предельно допустимые нормативные значения, исключает обрушение плит перекрытий от продавливания, а также разрушения платформенных стыков.

Ключевые слова: несоосность колонн, смещение арматуры, продавливание, сопряжение перекрытия с колонной (платформенный стык), усиление каркаса, усиление зон продавливания.

Для цитирования: Мирсаяпов Илшат Т., Никитин Г.П., Ханбеков М.Ф. Усиление зон продавливания плиты перекрытия при несоосности вертикальных несущих элементов по высоте здания // Известия КГАСУ. 2022. № 4(62), с.30-39 DOI:10.52409/20731523_2022_4_30 EDN: FCMXSE

Strengthening of the punching shear zones of the floor slab with non-coaxialityof vertical load-bearing elements along the height of the building

Ilshat T. Mirsayapov[1], G.P.Nikitin[1], M.F.Khanbekov[2]
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
[2]JSC «Kazan Giproniiaviaprom» named after Boris Tihomirov, Kazan, Russian Federation

Abstract. *Problem statement.* The most common reason for strengthening the zones of the floor slab penetration is the absence or insufficiency of transverse reinforcement in these zones. Non-coaxiality of vertical load-bearing elementsis much less often. At the same time, the normative framework regulates the amount of maximum permissible deviations relative to the axis of vertical elements or their non-coaxiality. In the case of excessive deviations, it is recommended to dismantle this structural element. In the practice of construction in Russia, dismantling the entire building (if the non-coaxiality of all vertical elements is detected) with its re-erection is economically impractical. However, due to the lack of standard projects for strengthening the penetration zones, as well as a model for calculating them by numerical methods, it becomes necessary to develop them. The purpose of the work is to develop a model for strengthening the punching zones. The tasks of the work are numerical study of the frame with the construction of two computational models in the software package "LIRA-CAD", analysis of the results of the stress-strain state of a monolithic reinforced concrete frame made with non-coaxiality of columns in height, determination of non-design efforts in the areas of floor slabs punching and platform joint of columns with abnormal execution of longitudinal working reinforcement, checking the bearing capacity of the elements of the uncompleted monolithic reinforced concrete frame in the case of additional bending moments from the action of a vertical load with eccentricity at the junctions of the column with the overlap.
Results. The main results of the study are the development of an optimal method of strengthening platform joints to ensure the operable condition of a monolithic reinforced concrete frame and exclusion of the destruction of the floor slab from being forced through when additional bending moments occur from non-coaxiality of columns with the displacement of the longitudinal working reinforcement in them.
Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry lies in the fact that the developed method of reinforcement in the presence of deviations of the frame columns exceeding the maximum permissible regulatory values eliminates the collapse of floor slabs from pushing through, as well as the destruction of platform joints.

Keywords: non-coaxiality of columns, displacement of reinforcement, punching, coupling of the overlap with the column (platform joint), strengthening of the frame, strengthening of the punching shear zones.

For citation: Mirsayapov Ilshat T., Nikitin G. P., Khanbekov M. F. Strengthening of the punching shear zones of the floor slab with non-coaxiality of vertical load-bearing elements along the height of the building // News KSUAE, 2022 №4(62), p.30-39
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_30 EDN: FCMXSE

1. Введение

При строительстве зданий и сооружений необходимо обеспечить геодезическую разбивку элементов каркаса (колонн, капителей, стен и т.д.), соблюдая их соосность и геометрические размеры, как в плане, так и по высоте. В этом случае исключается аварийная ситуация, обрушение здания или его отдельных элементов, например, при продавливании плиты перекрытия колонной [1-3]. Своевременное выявление скрытых дефектов(таких как несоблюдение вертикальности арматурных пространственных каркасов колонн при устройстве опалубки перед бетонированием вертикальных элементов или смещение пространственных арматурных каркасов от проектного положения при бетонировании)исключает несоосность колонн и стен. При отсутствии

должного строительного контроля вышеуказанные дефекты приводят к смещению арматурных стержней от вертикального положения за грань колонны, расположенной выше плиты перекрытия (с «исправлением» по месту путём перегиба арматуры диаметром до 40мм, выше уровня перекрытия при помощи подручных средств), которое зачастую выявляется только после бетонирования нижележащих конструкций и последующей геодезической разбивке вышерасположенных колонн и стен, что значительно снижает их изгибную жёсткость. Кроме прочего, неплотное прилегание элементов опалубки друг к другу по периметру нижней части вертикальной бетонируемой конструкции приводит к вытеканию цементного «молока» и образованию бетона рыхлой структуры и пустот выше уровня плиты перекрытия. По этой причине снижается осевая и изгибная жёсткость каркаса в целом [4-7].В дальнейшем, для обеспечения работоспособности узла сопряжения перекрытия с колонной (как над перекрытием, так и под ним), а также всего каркаса здания, требуется его обследование с разработкой проекта усиления, в том числе усиление зон продавливания [8-10]. Исходя из вышеизложенного, вопрос усиления зон продавливания (при наличии несоосности колонн и стен) весьма актуален в настоящее время [11-14].

Цель работы заключается в разработке оптимального способа усиления перекрытия от продавливания в местах несоосности вышележащих колонн.

Задачи работы:

1. численное исследование каркаса с построением двух расчётных моделей в программном комплексе «ЛИРА-САПР»;
2. провести анализ результатов численного исследования напряжённо-деформированного состояния монолитного железобетонного каркаса здания, выполненного с несоосностью колонн по высоте (при сверхнормативных отклонениях), определение непроектных усилий в зонах продавливания перекрытий и платформенного стыка колонн с ненормативным исполнением продольной рабочей арматуры;
3. проверка несущей способности элементов незаконсервированного монолитного железобетонного каркаса, незаконченного строительством, при выявлении несоосности вертикальных элементов по высоте здания и возникновении дополнительных изгибающих моментов от действия вертикальной нагрузки с эксцентриситетом в узлах сопряжения колонны с перекрытием.

2. Материалы и методы

Исследуемый монолитный железобетонный каркас пятиэтажного здания в г. Иннополис РТ состоит из 5-ти блок-секций, разделённых деформационными швами. В подземной части расположена автостоянка. В плане представляет собой два прямоугольника размерами 68×19,2 м, расположенных под углом 60 градусов, и соединённых между собой (с устройством деформационного шва в месте соединения) сегментом окружности с наружным радиусом 26м. Габариты надземной части здания: длина в осях 1-10, 19-28 — 68 м, в осях 11-18 — 48,3 м; ширина в осях А-Г, А/2-Г/2 — 19,2 м. Высота надземной части (до верха парапета) — 23,16 м относительно отметки 0,000.

В местах расположения колонн, по низу плит перекрытия выполнены капители, размеры капители определены исходя их расчёта на продавливание, армирование зоны продавливания выполнено часто расположенными вертикальными стержнями.

По конструктивной схеме здание с полным монолитно-железобетонным каркасом рамного типа. Все элементы несущей системы (колонны, диафрагмы жёсткости, диски перекрытий, стены лестничных клеток и лифтовых шахт) образуют жёсткую пространственную систему, воспринимающую вертикальные и горизонтальные нагрузки.

Проектная пространственная устойчивость каркаса обеспечивается совместной работой несущих вертикальных элементов (колонн, стен лестничных и лифтовых шахт), жёстко защемлённых в фундаментах (ростверках), дисков перекрытий, жёстко связанных с колоннами, включая стены лестничных клеток, лифтовых шахт (расположенных в продольном и поперечном направлениях здания).

С учётом выявленных во время строительства дефектов потребовалось выполнить обследование технического состояние законсервированного и незаконченного

строительством каркаса. По результатам обследования технического состояния, согласно ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» установлено, что несущая система здания находится в ограниченно работоспособном состоянии.

Для определения усилий в элементах каркаса были построены две расчётные модели (при проектном и фактическом исполнении) с применением метода конечных элементов [7, 8] в программном комплексе «ЛИРА-САПР». Колонны задавались стержневыми элементами, с назначением жёстких вставок в местах сопряжения с плитами, а в плитах задавались абсолютно жёсткие тела, которые образованы узлами, имитирующими контур колонн. Плиты перекрытия, капители и стены – 3-х и 4-х угольными пластинами различной толщины с пониженными, согласно СП430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы», модулями упругости. Смещение колонн от вертикальной оси – жёсткими вставками. Нагрузки от собственного веса конструкций учитывались программой, остальные нагрузки (от веса полов, перегородок, инженерного оборудования и людей, ограждающих конструкций покрытия, кровли и снега) задавались равномерно распределёнными на плиты перекрытия, согласно СП20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». Капители задавались в виде жёстких вставок, примыкающих к колонне.

Первая модель – с соосным расположением колонн по высоте каркаса. Вторая –с несоосностью колонн по высоте каркаса. Кроме того, для определения усилий, с учётом их перераспределения, расчёт второй модели выполнялся в нелинейной постановке задачи.

Ввиду того, что исследуемый каркас является реальным объектом, помимо определения усилий в его элементах, было выполнено сравнение площади поперечного сечения проектной арматуры в указанных выше элементах и определённой по нелинейной деформационной модели. Данные результаты в представленной статье не отображены, так как не относятся к предмету исследования. Однако, следует отметить, что в результате перераспределения усилий в элементах каркаса, проектной арматуры оказалось достаточно для обеспечения прочности и трещиностойкости конструкций.

3. Результаты и обсуждение

Согласно СП70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», величина горизонтальных предельных допустимых отклонений вертикальных конструкций составляет 15мм. Значения отклонений сверх допустимых значений подлежат проверке расчётом.

Для наглядности, геодезическая съёмка отклонений колонн от их оси по высоте для 4 и 5 блок-секций, между 4 и 5 этажами, в осях 19-28 и А/2-Г/2 приведена на рис. 1

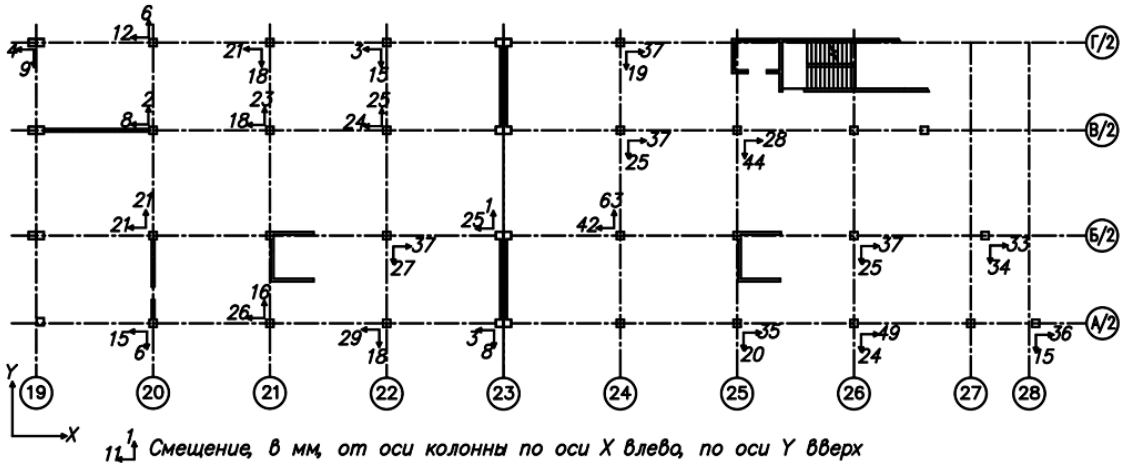


Рис. 1. Геодезическая съёмка отклонений колонн от их оси по высоте для 4 и 5 блок-секций, между 4 и 5 этажами, в осях 19-28 и А/2-Г/2 (иллюстрация авторов)

Fig.1. Geodetic survey of deviations of columns from their axis in height for 4 and 5 block sections, between 4 and 5 floors, in axes 19-28 and A/2-G/2 (illustration by the authors)

Результаты анализа геодезических съёмок 2-5 этажей, 4 и 5 блок-секций сведены в табл. 1. Отклонения колонн подземной автостоянки и 1 этажа не превышают предельно допустимых по СП70.13330.2012, в дальнейших исследованиях не участвуют.

Таблица 1

Отклонение от вертикали колонн

Ось / Этаж	А/2 / 22	А/2 / 25	А/2 / 26	А/2 / 28	Б/2 / 22	Б/2 / 24	Б/2 / 26	Б/2 / 27	В/2 / 21	В/2 / 22	В/2 / 24	В/2 / 25
2	-32/ +34	-38/ -54	-27/ +19	+46/ +30	-28/ -29	-38/ -33	-46/ +17	-51/ -29	-33/ -18	-41/ +48	-17/ +30	+36/ +37
3	+28/ -26	-22/ -22	-35/ -25	+24/ +26	+19/ -41	-19/ +42	-25/ +30	+16/ +21	-19/ -21	-26/ +37	+16/ +27	-27/ +21
4	-30/ -17	-15/ -15	-17/ -16	-16/ +23	+19/ +47	+28/ +27	-19/ -17	+22/ -24	-20/ +34	+21/ +33	+17/ -28	+32/ -22
5	-29/ -18	+35/ -20	+49/ -24	+36/ -15	+37/ -27	-42/ +63	+37/ -25	+33/ -34	-18/ +23	-24/ +25	+37/ -25	+28/ -44

В табл. 1 «-17/ +19» — величина смещения в мм по оси X, знак «-» — смещение влево от оси колонны, «+» — смещение вправо от оси колонны / величина смещения в мм по оси Y, знак «+» — смещение вверх от оси колонны, знак «-» — смещение вниз от оси колонны, согласно рис. 1

Результаты анализа усилий в колоннах (максимальные изгибающие моменты для расчётных сочетаний), полученных при расчёте каркаса в нелинейной постановке задачи, с учётом отклонений, представленных в табл. 1, сведены в табл. 2.

Таблица 2

Усилия в колоннах, имеющих отклонения от вертикали больше нормативных значений

Оси	Этаж	Проектная схема			Фактическая схема			Примечание
		Усилия в колоннах			Усилия в колоннах			Дейст. момента
		N, т	Mу, т·м	Mx, т·м	N, т	Mу, т·м	Mx, т·м	
А/2/ 22	2	265,06	-10,31	-6,70	266,39	-18,83	+2,36	Изм. знака
	3	196,52	-8,42	-7,96	195,73	+3,32	-19,70	Изм. знака
	4	127,47	-9,33	-8,89	128,11	-16,76	-7,74	
	5	59,86	-7,54	-5,44	60,16	-7,48	-5,50	
А/2/ 25	2	284,89	-4,29	-15,17	286,88	-15,19	-30,66	Увелич. в 2-4 раза
	3	205,76	-3,98	-12,60	206,58	-0,67	-19,21	
	4	133,54	-4,18	-11,84	133,94	-3,24	-10,90	
	5	63,77	-1,31	-7,41	63,45	+1,86	-7,73	Изм. знака
А/2/ 26	2	288,48	-11,19	-15,58	289,63	-13,51	-28,32	
	3	214,94	-9,41	-14,70	216,01	-5,52	-12,76	
	4	141,25	-10,67	-15,55	141,67	-1,32	-16,68	
	5	69,08	-6,09	-10,39	68,60	-2,73	-12,04	
А/2/ 28	2	184,91	-3,61	-6,46	183,62	+4,84	-0,95	Изм. знака
	3	137,11	-0,91	-7,06	136,42	-3,91	-7,61	
	4	88,41	-0,99	-7,03	88,06	-4,51	-7,29	
	5	42,20	-1,53	-5,08	41,95	+0,65	-6,67	Изм. знака
Б/2/ 22	2	309,02	-12,81	-20,43	310,57	-21,51	-29,44	
	3	223,27	-11,04	-17,48	224,61	-0,48	-20,18	Снижен.до 0
	4	142,74	-11,83	-17,81	141,74	-11,83	-5,20	
	5	64,28	-8,83	-11,70	63,89	-7,68	-16,43	
Б/2/ 24	2	338,89	-11,31	-21,86	340,92	-24,26	-33,11	
	3	249,25	-10,89	-19,59	247,75	-6,18	-1,01	Уменьш. в 19 раз
	4	164,60	-12,23	-20,17	163,78	-4,53	-22,63	
	5	82,34	-5,94	-13,08	81,68	-11,66	-10,14	
Б/2/ 26	2	337,68	-15,49	-23,13	340,04	-31,13	-17,35	Увелич. в 2 раза
	3	254,45	-15,17	-24,87	253,18	-10,11	-28,16	
	4	172,21	-16,65	-25,67	172,90	-15,61	-33,80	
	5	84,73	-6,85	-23,07	84,22	-2,13	-23,74	

Б/2/ 27	2	274,74	+11,60	-18,80	276,66	-2,50	-26,82	Изм. знака
	3	199,19	+12,63	-20,06	198,39	+25,92	-12,12	Изм. в 2 раза
	4	125,41	+13,64	-21,08	126,04	+12,88	-26,75	
	5	53,02	+11,35	-12,97	53,34	+11,94	-12,44	
В/2/ 21	2	272,31	+10,97	+33,39	273,67	+1,94	+28,46	
	3	164,12	+10,81	+27,88	164,78	+11,30	+27,39	
	4	107,91	+12,91	+25,82	107,37	+13,01	+19,91	
	5	51,05	+7,50	+16,41	50,85	+7,60	+15,85	
В/2/ 22	2	291,75	+4,66	+31,04	289,71	-7,22	+44,95	Мах.момент
	3	204,33	+4,95	+25,97	205,15	+8,03	+23,71	
	4	133,45	+8,63	+24,14	132,78	+14,87	+23,61	
	5	62,13	+3,75	+15,62	61,88	+0,97	+10,67	
В/2/ 24	2	295,54	+8,42	+27,23	294,06	+3,42	+36,05	
	3	203,87	+10,46	+22,71	202,85	+17,15	+22,10	
	4	128,61	+11,99	+21,01	129,25	+12,12	+13,90	
	5	53,30	+9,68	+12,39	52,98	+9,84	+13,45	
В/2/ 25	2	216,22	+18,26	+34,45	214,92	+26,00	+42,40	Мах.момент
	3	143,35	+15,16	+32,26	143,92	+6,09	+29,96	
	4	80,35	+14,81	+31,00	79,95	+19,53	+27,56	
	5	13,83	+8,02	+29,01	13,75	+7,97	+28,71	

На основе выявленных дефектов при строительстве (рис. 2а–2д), анализа результатов геодезической съёмки отклонений колонн от их оси (табл. 1), а также усилий в колоннах при проектной и фактической расчётных моделях(табл. 2) выбран наименее трудоёмкий и экономически целесообразный(сметная стоимость усиления 5млн. руб., в ценах 2020г.) способ усиления узла сопряжения перекрытия с колонной(рис.3а – 3г) и низа капители (рис. 3д – 3е).

а)

б)

в)

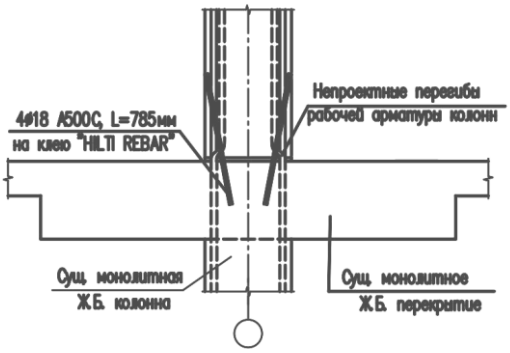
г)

д) е)

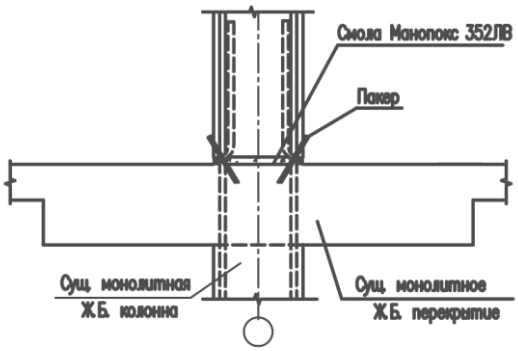
Рис. 2. Скрытые дефекты в платформенном стыке, выявленные при строительстве здания: а, б — перегиб вертикальной арматуры выше уровня плиты перекрытия, в, г— бетон рыхлой структуры в нижней части колонн, д, е — пустоты в уровне низа колонн глубиной до 150мм, шириной до 300мм (иллюстрация авторов)

Fig. 2. Hidden defects in the platform joint revealed during the construction of the building: a, b — the bend of the vertical reinforcement above the level of the floor slab, c, d — the concrete of the loose structure at the bottom of the columns, e, e — voids at the bottom of the columns up to 150mm deep, 300mm wide (illustration by the authors)

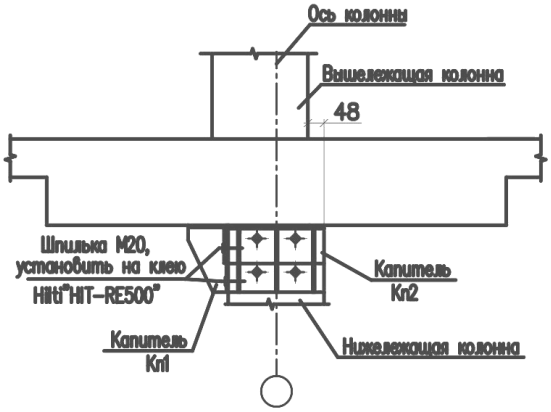
Для сравнения: полное усиление колонн стальными обоймами – 15 млн. руб., усиление зон продавливания наклеиванием углепластика на плиты перекрытия – 27 млн. руб., при сметной стоимости всего монолитного железобетонного каркаса здания – 40 млн. руб. (в ценах 2020 г.)



Ва) б)



в) г)



д) е)

Рис. 3. Усиление платформенных стыков в зоне скрытых дефектов: **а**- вклейка наклонной арматуры для компенсации перегибов вертикальной рабочей арматуры, **б**- вклейка и последующее испытание вклеенной наклонной арматуры на вырыв, **в**- инъектирование пустот в уровне низа колонн, **г**-выход инъекционного состава в уровне низа колонн и через наклонные отверстия, **д, е**- постановка стальных капителей усиления зон продавливания в местах смещения колонн (иллюстрация авторов)

Fig. 3. Reinforcement of platform joints in the area of hidden defects: **a** - gluing of inclined fittings to compensate for the bends of vertical working fittings, **б**- gluing and subsequent testing of glued inclined fittings for breakage, **в**- injection of voids at the bottom of the columns, **г**- the output of the injection composition at the bottom of the columns and through the inclined holes, **д, е**- setting of steel capitals to strengthen the punching zones at the places of displacement of columns (illustration by the authors)

Принято решение смонтировать стальные капители (рис.3д), так как они также компенсируют уменьшение площади опирания колонн в платформенных стыках.

Капители исследуемого каркаса по низу плиты перекрытия имеют часто расположенное поперечное армирование, что исключает дополнительное вклеивание вертикальных или наклонных шпилек [10].Усиление зоны продавливания над плитой перекрытия не представляется возможным из-за ограниченной толщины пола, уменьшения полезной площади этажа и другими причинами [11-14].

В литературе [3-6,15] отсутствуют описания скрытых дефектов и усиление платформенных стыков в зоне таких дефектов. Возможной причиной является точная геодезическая разбивка вертикальных осей, качественная и плотная установка элементов опалубки, своевременное выявление отклонений в процессе армирования вертикальных элементов каркаса и демонтаж данных элементов до устройства вышележащих конструкций.

Значимость полученных результатов расчёта каркаса по нелинейной деформационной модели с учётом выявленных отклонений от вертикали подтверждает необходимость строгого соблюдения точности разбивки колонн каркаса, так как при их несоосности возникают дополнительные изгибающие моменты. Учитывая тот факт, что арматура плит перекрытий, колонн и стен, помимо расчётов в программных комплексах, подбиралась исходя из требований унификации, конструктивных соображений, а также с учётом перераспределения усилий, все эти элементы обладают, в известной степени, некоторым запасом прочности. Исключением как раз является зона сопряжения плит перекрытия с колоннами, в которой есть ограничения по границе зоны с поперечной арматурой, учитываемой при расчёте на продавливание. Поэтому несоосность колонн по вертикали в конечном итоге может привести к разрушению плит перекрытия от продавливания в зоне сопряжения с колонной.

Кроме того, наличие бетона рыхлой структуры и пустот в уровне низа колонн снижает общую жёсткость и устойчивость каркаса при действии ветровых нагрузок. Данный дефект также относится к скрытым, так как зачастую при распалубливании вертикальных конструкций недобросовестные строители могут скрыть эти дефекты поверхностным нанесением различных ремонтных составов, без удаления слабого слоя и полного заполнения пустот (рис. 2в – 2д).

Дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование расчёта узла соединения перекрытия с колонной от продавливания с применением каркасно-стержневой модели [18].

4. Заключение

1. Представлена расчётная модель каркаса в программном комплексе «ЛИРА-САПР», учитывающая несоосность вертикальных элементов.

2. На основе проведённого численного исследования элементов каркаса, выполненных с отступлением от проектных решений, разработан способ усиления платформенных стыков постановкой стальных капителей, инъектированием пустот и вклейкой наклонной арматуры в уровне низа колонн.

3. Несущая способность каркаса, в результате перераспределения усилий в элементах каркаса, обеспечена.

Список литературы / References

1. N.Venkata Ramana. Review on Punching Shear Strength of Slabs // International Journal Of Engineering Research And Development. 2017. Vol. 13. P. 1-25.
2. Micallef K., Sagaseta J., Fernàndez Ruiz M., Muttoni A. Assessing punching shear failure in reinforced concrete flat slabs subjected to localised impact loading // International Journal of Impact Engineering. 2014. Vol. 71. P. 17-33. DOI: DOI:10.1016/j.ijimpeng.2014.04.003
3. Рубин О.Д., Антонов А.С., Лисичкин С.Е., Фролов К.Е., Лисичкин А.С. Обоснование решения по усилению железобетонных конструкций после кратковременных ударных нагрузок, на примере ГЭС Айурикин // Строительство: наука и образование. 2019. Т. 9. Вып. 3. Ст. 6. URL: http://nso-journal.ru. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.3.6 [Rubin O.D., Antonov A.S., Lisichkin S.E., Frolov K.E., Lisichkin A.S. Justification of the decision to strengthen reinforced concrete structures after short-term shock loads, on the example of the Ayurikin hydroelectric power plant // Construction: science and education. 2019. Vol. 9. Issue 3. P. 6. URL: http://nso-journal.ru. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.3.6]
4. Игнатов С. В. Комплексные исследования несущей способности оснований фундаментов и каркаса здания в условиях реконструкции // Вестник ПГУ. Серия F: Строительство. Прикладные науки. 2017. № 16. С. 77–86. [Ignatov S. V. Complex studies of the bearing capacity of the foundations and the frame of the building in the conditions of reconstruction // Bulletin of PSU. Series F: Construction. Applied sciences. 2017. No. 16. P. 77-86.]
5. Пекин Д. А. Влияние изгиба на механизм продавливания опорной зоны железобетонной плиты // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 10. С. 20-28. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.10.20-28.[Pekin D. A. Influence of bending on the mechanism of pushing through the support zone of a reinforced concrete slab // Industrial and civil construction. 2019. No. 10. P. 20-28. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.10.20-28.]
6. Павлов В. В., Хорьков Е. В. Монолитный железобетонный каркас при реконструкции зданий // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 5. С. 94 – 98. DOI:10.23968/1999-5571-2018-15-5-94-97[Pavlov V. V., Horkov E. V. // Bulletin of civil engineers. 2018. No. 5. P. 94 – 98. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-5-94-97]
7. Mirsayapov I., Khorkov E., Minzianov R. /Research of the stress-strain state of a reinforced concrete beamless floor // 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE – 2021). France, 2021, Vol. 3031.
8. Hazem M.F. Elbakry, Said M. Allam. Punching strengthening of two-way slabs using external steel plates // Alexandria Engineering Journal. 2015. Vol. 54. P. 1207-1218. DOI: 10.1016/j.aej.2015.09.005
9. Patrick Wörle. Enhanced shear punching capacity by the use of post installed concrete screws // Engineering Structures. 2014. Vol. 60. P. 41-51. DOI: 10.1016/j.engstruct.2013.12.015
10. Hamed S. Askar. Repair of R/C flat plates failing in punching by vertical studs // Alexandria Engineering Journal. 2015. Vol. 54. Issue 3. P. 541-550. DOI:10.1016/j.aej.2015.03.033
11. Чунюк Д. Ю., Сельвиян С. М., Сельвиян А.О. Возможные варианты усиления несущих конструкций зданий, вызванных некорректными расчётами фундаментных плит // Перспективы науки. 2019. № 5 (116). С. 57–63. [Chunyuk D. Yu., Selviyan S. M.,

Selviyan A.O. Possible options for strengthening load-bearing structures of buildings caused by incorrect calculations of foundation slabs // Prospects of science. 2019. No. 5 (116). P. 57-63.]

12. Грановский А. В., Мочалов А. Л. К вопросу о прочности железобетонных плит, усиленных листовой и стержневой арматурой, при действии локальной нагрузки // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 1. С. 105–109.[Granovsky A.V., Mochalov A. L. On the question of the strength of reinforced concrete slabs reinforced with sheet and rod reinforcement under the action of local load // Industrial and civil construction. 2017. No. 1. P. 105-109.]
13. Людковский А.М., Соколов Б.С. Опыт проектирования и испытаний усиленных узлов опирания монолитных железобетонных перекрытий на колонны // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 1 (112). С. 33–43.[Ludkovsky A.M., Sokolov B.S. Experience in designing and testing reinforced support units of monolithic reinforced concrete floors on columns // Bulletin of MGSU. 2018. Vol. 13. Issue 1 (112). P. 33-43.]
14. Трекин Н. Н., Пекин Д. А. Скрытые металлические капители с горизонтальной листовой арматурой // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 6. С. 32–37.[Trekin N. N., Pekin D. A. Hidden metal capitals with horizontal sheet reinforcement // Industrial and civil construction. 2018. No. 6. P. 32-37.]
15. Adam Wosatko, Jerzy Pamin, Maria Anna Polak. application of damage-plasticity models in finite element analysis of punching shear // Computers and Structures. 2015. Vol. 151. P. 73-85. DOI: 10.1016/j.compstruc.2015.01.008
16. Павлов В. В., Хорьков Е. В. Обеспечение прочности стыка «колонна – перекрытие» монолитных железобетонных конструкций при зимнем бетонировании // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 1. С. 83 – 88. DOI:10.23968/1999-5571-2018-15-1-83-87[Pavlov V. V., Horkov E. V. Ensuring the strength of the joint "column – overlap" monolithic reinforced concrete structures in winter concreting // Bulletin of civil engineers. 2018. No. 1. P. 83 – 88. DOI:10.23968/1999-5571-2018-15-1-83-87]
17. Aikaterini S. Genikomsou, Maria Polak. Finite element analysis of punching shear of concrete slabs using damaged plasticity model in ABAQUS // Engineering Structures. 2015. Vol. 98. P. 38-48. DOI: 10.1016/j.engstruct.2015.04.016
18. Mirsayapov Ilshat, Nikitin Georgy, Khanbekov Midkhat/ Strength of reinforced concrete flat slabs for punching// STCCE-2020 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Kazan, Russia, 2020, 517, Vol. 890, 012076.

Информация об авторах

Мирсаяпов Илшат Талгатович, доктор технических наук, профессор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
E-mail: itmir@kgasu.ru
Никитин Георгий Петрович, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
E-mail: g.nikitin@gap-rt.ru
Ханбеков Мидхат Фаридович, заместитель главного инженера проекта, АО «Казанский Гипрониавиапром» им. Б.И.Тихомирова», г. Казань, Российская Федерация
E-mail: midkhat.gap-rt@yandex.ru

Information about the authors

Ilshat T. Mirsayapov, Doctor of technical sciences, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia Federation
E-mail: itmir@kgasu.ru
Georgy P. Nikitin, Candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia Federation
E-mail: g.nikitin@gap-rt.ru
Midkhat F. Khanbekov, Assistant Chief Engineer of the project, JSC «Kazan Giproniiaviaprom» named after Boris Tihomirov, Kazan, Russia Federation
E-mail: midkhat.gap-rt@yandex.ru

УДК: 699.86
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_40
EDN: LKMZCC

К вопросу о повышении класса энергосбережения жилых зданий за счет архитектурно-конструктивных и других параметров

А.И. Иванцов[1], А.С. Петров[1]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань, Российская Федерация.

Аннотация. *Постановка задачи.* Согласно Постановления Правительства Российской Федерации от01.09.2016 № 1853-р доля жилых зданий с высокой энергоэффективностью должна непрерывно повышаться вплоть до 30 % к 2025 г. по отношению к уровню 2015 года. Требования к энергосбережению зданий непрерывно ужесточаются, а значит, достичь высокой энергоэффективности зданий становится затруднительней. Вместе с тем, ресурс по повышению энергосбережения жилых зданий также в достаточной мере ограничен. В этой связи актуальной задачей является оценка возможности достижения высоких классов энергосбережения жилого дома в условиях климата России архитектурно-конструктивными и инженерными мероприятиями, что является целью излагаемого исследования. Для достижения поставленной цели в работе решены задачи по оценке влияния на класс энергосбережения жилого здания основных архитектурно-конструктивных параметров здания, а также по оценке потенциала увеличения класса энергосбережения за счет применения механической приточно-вытяжной системы вентиляции в жилом здании.
Результаты. Расчет и анализ параметров энергосбережения проведен для односекционного жилого здания с различной этажностью, коэффициентом остекленности фасадов и сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций, а также применением рекуперации тепла в системе вентиляции. Исследование проводилось на примере модели здания для 36 городов Российской Федерации в различных климатических условиях.
Показано, что для односекционного жилого здания, запроектированного без применения дополнительных (сверх нормативных) энергосберегающих мероприятий, класс энергосбережения не поднимается выше «В» независимо от этажности здания. Доказано, что дополнительная теплоизоляция ограждающих конструкций не приводит к эффективному увеличению энергосбережения.
Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что показана необходимость включения в проекты многоквартирных жилых зданий дополнительных мероприятий по энергосбережению с целью достижения высоких классов энергосбережения.

Ключевые слова: энергоэффективность, класс энергосбережения, жилые здания, сопротивление теплопередаче, коэффициент остекленности фасада.

Для цитирования: Иванцов А.И., Петров А.С. К вопросу о повышении класса энергосбережения жилых зданий за счет архитектурно-конструктивных и других параметров // Известия КГАСУ 2022 №4(62) с.40-50 ,DOI: 10.52409/20731523_2022_4_40, EDN: LKMZCC

Increasing the energy saving class of residential buildings due to architectural, structural and other parameters

A.I. Ivantsov[1], A.S. Petrov[1]
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering,
Kazan, Russian Federation

Abstract. *Problem statement.* According to the Decree of the Government of the Russian Federation No. 1853-r dated September 1, 2016, the share of residential buildings with high energy efficiency should continuously increase up to 30 % by 2025 in relation to the level of 2015. The requirements for energy saving in buildings are constantly tightening, which means that it becomes more difficult to achieve high energy efficiency in buildings. At the same time, the resource for improving the energy efficiency of residential buildings is also quite limited. In this regard, an urgent task is to assess the possibility of achieving high energy saving classes in a residential building in the Russian climate by architectural, structural and engineering measures, which is the goal of the present study. To achieve this goal, the work solved the tasks of assessing the impact on the energy saving class of a residential building of the main architectural and structural parameters of the building, as well as assessing the potential for increasing the energy saving class through the use of a mechanical supply and exhaust ventilation system in a residential building.
Results. Calculation and analysis of energy saving parameters was carried out for a single-section residential building with different number of storeys, facade glazing coefficient and resistance to heat transfer of enclosing structures, as well as the use of heat recovery in the ventilation system. The study was conducted on the example of a building model for 36 cities of the Russian Federation in various climatic conditions.
It is shown that for a one-section residential building designed without the use of additional (in excess of the normative) energy-saving measures, the energy saving class does not rise above "B", regardless of the number of storeys of the building. It has been proven that additional insulation of enclosing structures does not lead to an effective increase in energy savings.
Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry lies in the fact that it shows the necessity to include additional (above the normative) energy saving measures in the projects of multi-apartment residential buildings in order to achieve high energy saving classes.

Keywords: energy efficiency, energy saving class, residential buildings, heat transfer resistance, glazing-to-wall ratio

For citation: Ivantsov A.I., Petrov A.S. Increasing the energy saving class of residential buildings due to architectural, structural and other parameters // News KSUAE, 2022. №4(62), p.40-50 **,** DOI: 10.52409/20731523_2022_4_40, EDN: LKMZCC

1. Введение

Здания являются крупнейшими потребителями энергоресурсов, на долю которых приходится более одной трети конечного энергопотребления во всем мире. В России доля энергопотребления в зданиях достигает 40 % [1]. Поэтому при проектировании и строительстве зданий в России большое внимание уделяется энергоэффективности.

В России в сфере энергоэффективности в строительстве правовая база регулируется Постановлением Правительства РФ от 01.09.2016 № 1853-р «План («Дорожная карта») по энергоэффективности зданий и сооружений». План направлен на устранение технических, нормативных, информационных и иных барьеров на пути повышения энергоэффективности и установление соответствующих показателей энергоэффективности при проектировании, строительстве, эксплуатации и капитальном ремонте зданий и сооружений.

Задачами «дорожной карты» являются:

– рациональное использование энергоресурсов с учетом требований по энергоэффективности зданий, сооружений и сооружений;

- снижение платежей населения;
- повышение энергоэффективности зданий, сооружений, сооружений при проектировании и строительстве;
- совершенствование системы контроля за соблюдением требований и параметров энергоэффективности зданий.

Согласно Плану, доля жилых домов с наивысшей энергоэффективностью в общем количестве жилых домов должна увеличиться: до 10 % в 2018 г., 20 % в 2020 г. и 30 % в 2025 г. по отношению к уровню 2015 г.

В Российской Федерации для качественной оценки эффективности использования энергетических ресурсов жилым зданием используются два параметра: класс энергосбережения и класс энергоэффективности. Класс энергосбережения определяется на основе сопоставления затрат тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период, приведенных к отапливаемому объему здания, с нормируемой величиной по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Градация класса энергосбережения многоквартирного дома формируется по шкале от Е (низкий – более +50 %) до А++ (очень высокий – ниже -60 %).

Класс энергоэффективности принимает во внимание помимо энергетических затрат на отопление и вентиляцию энергетические затраты на горячее водоснабжение, а также на электроснабжение в части расхода электрической энергии на общедомовые нужды. При этом данные затраты приводятся к полезной площади многоквартирного жилого дома (без учета общедомовых помещений) по Приказу Минстроя РФ № 399/пр от 6 июня 2016 г. Градация класса энергоэффективности многоквартирного дома формируется по шкале от G (очень низкий - более +50 %) до А++ (высочайший - ниже -60 %).

Принципы энергоэффективного проектирования описаны в большом количестве работ [2-6]. Влияние архитектурно-конструктивных параметров на энергоэффективность рассматривается, как правило, в части снижения теплопотерь через оболочку здания [7]. В достаточном количестве работ находит отражение влияние теплопоступлений через светопрозрачные конструкции на энергоэффективность зданий [8, 9]. Например, в [10, 11] показано, что благоприятная ориентация здания за счет теплопоступления от солнечной радиации позволяет снизить затраты на отопление до 30 % в южных регионах.

Применение системы рекуперации тепла в вентиляции и его влияние на повышение энергоэффективности в общественных зданиях известны [12, 13], для многоквартирных жилых зданий использование таких технологий на сегодня не находит широкого применения, в то время как эффективность их установлена [14].

Актуальность исследования заключается в том, что несмотря на одиночные примеры проектирования жилых зданий с высоким классом энергосбережения [15], достижение высокой энергоэффективности в климатических условиях РФ традиционными методами проектирования и строительства жилых многоквартирных зданий без использования дополнительных зачастую дорогостоящих энергосберегающих мероприятий является в достаточной мере сложной задачей. С одной стороны, практически исчерпан эффект от повышения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания как самого очевидного способа уменьшения теплопотерь [16, 17]. С другой стороны, согласно постановлению Правительства РФ от 25.01.2011 № 18 (ред. от 20.05.2017), требования энергетической эффективности должны ужесточаться не реже, чем 1 раз в 5 лет:

а) для вновь создаваемых зданий, сооружений с 1 июля 2018 года - не менее 20 процентов к базовой величине, с 1 января 2023 года - не менее 40 % к базовой величине, с 1 января 2028 года - не менее 50 % в отношение к базовой величине;
б) для реконструируемых или капитально ремонтируемых зданий (за исключением жилых помещений) с 1 июля 2018 года - не менее 20 % к базовому уровню.

В соответствии с вышеизложенным целью работы является оценка возможности достижения высокого класса энергосбережения жилого дома в условиях климата России архитектурно-конструктивными и другими инженерными мероприятиями.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить влияние на класс энергосбережения жилого здания основных архитектурно-конструктивных параметров здания (сопротивление теплопередаче ограждающих

конструкций, коэффициент остекленности здания, этажность, ориентация здания по сторонам света);
– оценить потенциал увеличения класса энергосбережения за счет применения механической приточно-вытяжной системы вентиляции в жилом здании.

2. Материалы и методы

В качестве основной методики расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию для определения классов энергосбережения и энергоэффективности является утвержденная методика по приложению Г СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Так как в этом же стандарте описана методика определения класса энергосбережения, дальнейший сравнительный анализ ведется по этому показателю.

Класс энергосбережения здания определяется по величине отклонения удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового (нормируемого) значения.

$$\Delta q = \frac{q_{от}^{р} - q_{от}^{тр}}{q_{от}^{тр}} \cdot 100\% \quad (1)$$

$q_{от}^{р}$ – расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м^3·°С);

$q_{от}^{тр}$ – нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м^3·°С).

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию определяется с учетом климатических условий района строительства, выбранных объемно-планировочных решений, ориентации здания, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, принятой системы вентиляции здания, а также применения энергосберегающих технологий.

$$q_{от}^{р} = k_{об} + k_{вент} - \beta_{КПИ}(k_{быт} + k_{рад}) \quad (2)$$

$k_{вент}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м^3·°С);

$k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м^3·°С);

$k_{быт}$ – удельная характеристика внутренних теплопоступлений здания, Вт/(м^3·°С);

$k_{рад}$ – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м^3·°С);

$\beta_{КПИ}$ – коэффициент полезного использования теплопоступлений.

Следует отметить, что $k_{об}$ *и* $k_{вент}$ определяют теплопотери здания и, соответственно, для увеличения энергосбережения данные величины необходимо минимизировать. Величины $k_{быт}$ и $k_{рад}$ определяют теплопоступления, их необходимо максимизировать.

Так как класс энергосбережения характеризует архитектурно-инженерное решение здания, каждый из членов формулы прямо или опосредованно связан с архитектурно-конструктивным или инженерным решением многоквартирного жилого здания.

Показатель $k_{об}$ характеризует трансмиссионные теплопотери через оболочку здания. Для уменьшения величины $k_{об}$ необходимо гармонизировать тепловую оболочку так, чтобы ограждающие конструкции, занимающие наибольшую площадь в здании, обладали максимальным сопротивлением теплопередаче. Ограничения данного пункта касаются архитектурного решения здания в части коэффициента остекленности фасадов и компактности здания, а также достижения предела в конструктивном исполнении повышенных значений сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций. Стоит отметить, что зависимость уменьшения теплопотерь от увеличения сопротивления теплопередаче не линейная. Увеличение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций выше оптимальных значений дает минимальное снижение теплопотерь [16, 17].

Показатель $k_{вент}$ характеризует теплопотери через систему вентиляции и зависит от объема приточного воздуха в здание через систему вентиляции и воздуха, инфильтрующегося через ограждающие конструкции. Для жилых зданий количество

приточного воздуха определяется в зависимости от жилой площади здания и количества жителей. При увеличении жилой площади здания и количества людей увеличивается количество приточного воздуха, соответственно, увеличивается величина $k_{вент}$. Для уменьшения данной величины возможно использовать механизм рекуперации тепла в системе вентиляции здания, однако она может быть эффективно применена только в системе механической приточно-вытяжной вентиляции.

Показатель $k_{быт}$ характеризует бытовые теплопоступления от людей и оборудования и определяется жилой площадью здания и заселенностью квартир. Чем меньше кв.м общей площади приходится на одного жителя, тем выше бытовые теплопоступления и выше величина $k_{быт}$.

Показатель $k_{рад}$ характеризует теплопоступления от солнечной радиации через светопрозрачные проемы за отопительный период. Зависит от площади и ориентации светопроемов по сторонам света. Чем больше площадь светопроемов, ориентированных по направлению наибольших теплопоступлений от солнечной радиаций, тем выше величина $k_{рад}$.

Коэффициент $\beta_{КПИ}$ зависит от средней кратности воздухообмена и эффективности регулирования подачи теплоты в системе отопления в соответствии с условиями наружной среды.

Анализ компонентов формулы 2 показывает, что основными архитектурно-строительными элементами жилого здания, которые определяют его класс энергосбережения являются:

– сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций;

– компактность здания;

– коэффициент остекленности фасада здания как параметр, определяющий соотношение между площадью остекления фасада и площадью фасада здания;

– жилая площадь здания.

Стоит отметить, что изменение каждого из выше названных параметров может как увеличивать, так и уменьшать теплопотери.

Например, увеличение жилой площади здания, с одной стороны, увеличивает бытовые теплопоступления, с другой стороны, увеличивает вентиляционные теплопотери за счет увеличения объема воздуха в помещении. Энергетический баланс данного решения определяется климатическими условиями в зависимости от температуры приточного воздуха в помещении в течение отопительного периода.

Увеличение площади светопроемов, с одной стороны, увеличивает теплопотери за счет меньших значений сопротивления теплопередаче этих конструкций по отношению к наружным стенам, с другой стороны, увеличивает теплопоступления от солнечной радиации. Энергетический баланс данного решения определяется физическими характеристиками светопрозрачной конструкции (сопротивления теплопередаче и коэффициента пропускания солнечной радиации) и климатическими условиями места строительства.

Для оценки влияния выше названных параметров на энергоэффективность здания проведен расчет класса энергосбережения модельного жилого здания для различных климатических зон РФ (36 городов), которые характеризуются различными величинами градусо-суток отопительного периода (ГСОП) (от 1260 °С·сут для г. Сочи до 10600 °С·сут для г. Якутск).

В качестве типового здания был рассмотрен односекционный жилой дом с различным количеством этажей: 5, 10 и 20 этажей, неотапливаемым чердаком и подвалом (табл. 1). Для сравнения показателей принимался различный коэффициент остекленности фасада: 20, 40 и 60 %. Ограждающие конструкции подобраны таким образом, чтобы выполнялось комплексное и поэлементное требование СП 50.13330.2012 в зависимости от величины ГСОП. Вентиляция здания принята естественная через вентиляционные вытяжные шахты с притоком воздуха через аэрационные клапаны.

Таблица 1

Технико-экономические показатели модельных зданий

Показатель	Количество этажей		
	5	10	20
Отапливаемый объем, $м^3$	6485	12 970	25940
Отапливаемая (общая) площадь, $м^2$	2162	4323	8646
Жилая площадь, $м^2$	862	1723	3446
Общая площадь ограждающих конструкций, $м^2$, в том числе:	2268	3672	6480
- цокольное перекрытие, $м^2$	433	433	433
- чердачное перекрытие, $м^2$	433	433	433
- стены (80%), $м^2$	1119	2243	4089
- окна (20 %), $м^2$	280	562	1123

В качестве базового уровня для определения класса энергосбережения зданий приняты значения базовой удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий по СП50.13330, уменьшенные на 20 % для 2022 года согласно постановлению Правительства РФ от 25.01.2011 № 18 (ред. от 20.05.2017) (табл. 2).

Таблица 2

Нормируемая базовая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $Вт/м^3 \cdot °С$

	Этажность здания		
	5	10	20
Жилые многоквартирные здания	0,359·0,8= **0,287**	0,301·0,8 = **0,241**	0,290 ·0,8 = **0,232**

3. Результаты и обсуждение

Основные результаты расчета класса энергосбережения модельных зданий представлены в виде графиков на рис. 1 – 3. Точками на графиках обозначены 36 городов РФ, распределённые по различным значениям ГСОП (по оси абсцисс). По оси ординат отложены отклонения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, определенной по формуле (1) с учетом базовых величин табл. 2.

На рис. 1 представлены величины класса энергосбережения для жилых домов различной этажности (согласно табл. 1) с различными величинами коэффициента остекленности фасадов. Можно видеть, что коэффициент остекленности 60 % достижим только для зданий в 5 и 10 этажей при величине ГСОП 5500 и 1500 °С·сут, соответственно. Данное ограничение связано с невыполнением условия теплозащиты по комплексному требованию при базовых величинах сопротивления теплопередаче согласно СП 50.13330.

На рис. 2 приведен анализ изменения класса энергосбережения при увеличении сопротивления теплопередаче всех ограждающих конструкций на 50 %относительно базовой величины.

На рис. 3 приведены значения класса энергосбережения 5-ти этажного жилого дома при применении в системе вентиляции рекуперации тепла с коэффициентом рекуператора равным 0,5.

Анализ результатов показывает, что без применения дополнительных энергосберегающих мероприятий класс энергосбережения рассмотренных модельных жилых зданий не поднимается выше В (ниже -30 % отклонения от базовой величины). А к высоким классам относят от В+ и выше (ниже - 30 %).

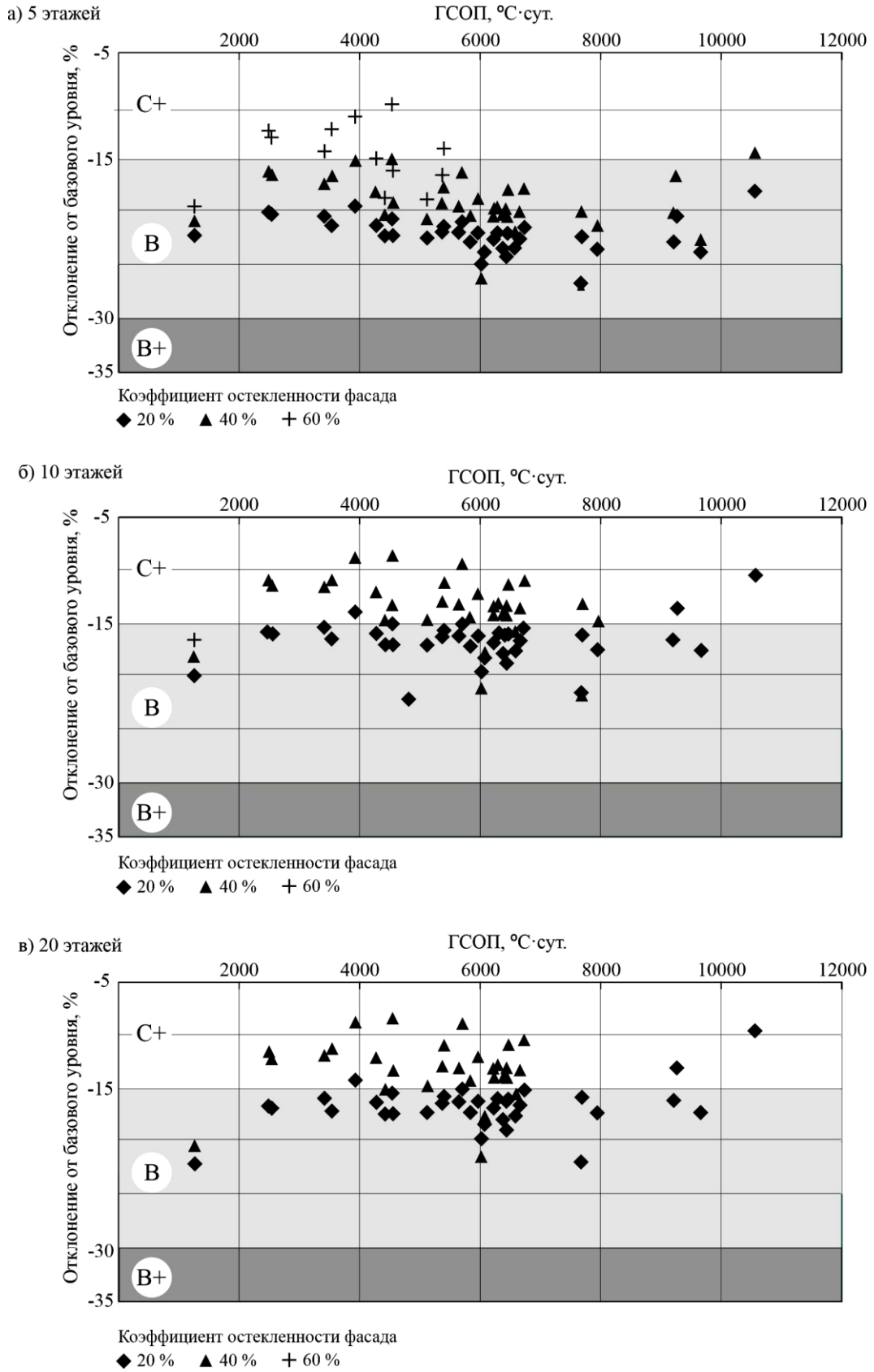


Рис. 1. Зависимость класса энергосбережения жилого многоквартирного здания от климатических условий при изменении этажности и коэффициента остекленности фасада (иллюстрация авторов)
Fig.1.Dependence of the energy saving class of a residential multi-apartment building on climatic conditions with a change in the number of storeys and the coefficient of facade glazing (illustration by the authors)

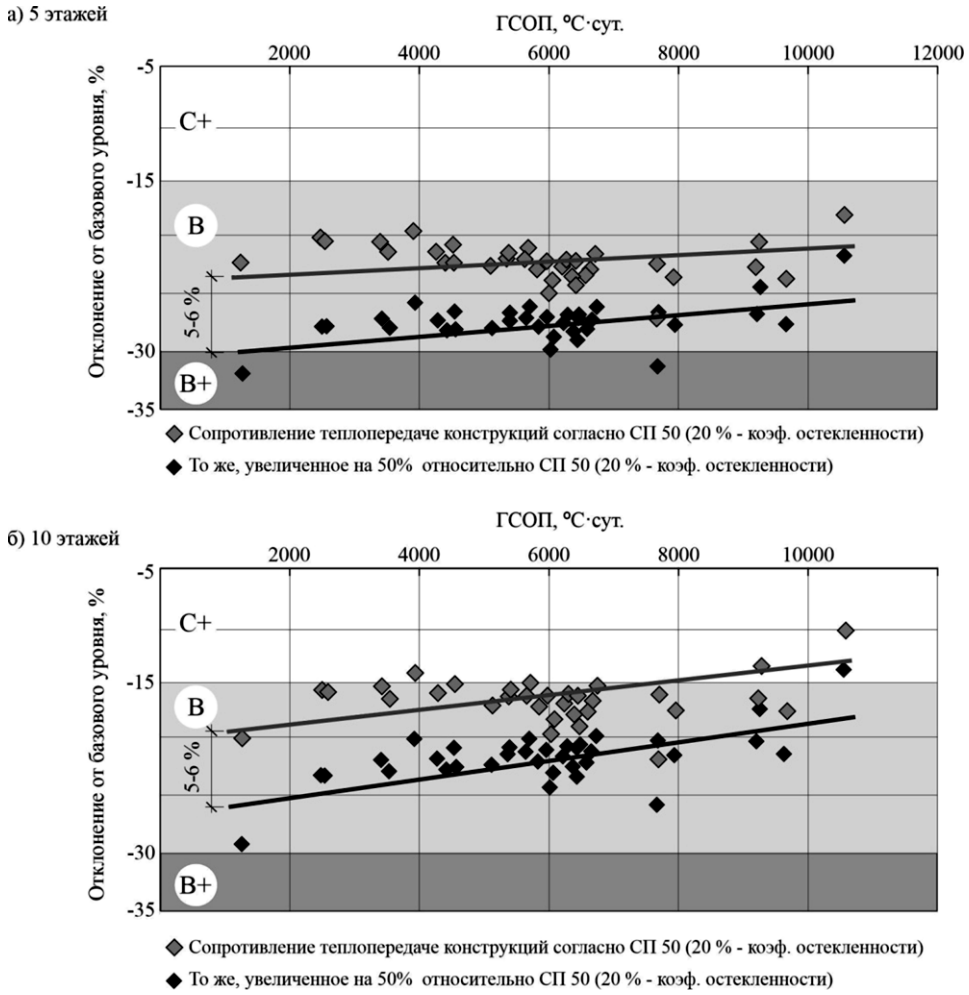


Рис. 2 . Зависимость класса энергосбережения жилого многоквартирного здания от климатических условий при изменении сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (иллюстрация авторов)

Fig.2.Dependence of the energy saving class of a residential multi-apartment building on climatic conditions with a change in the resistance to heat transfer of enclosing structures (illustration by the authors)

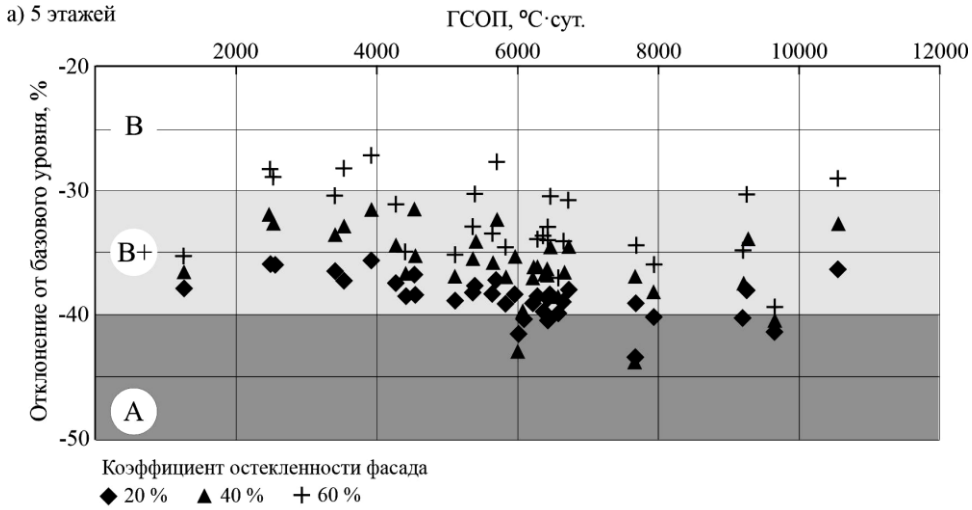


Рис. 3 . Зависимость класса энергосбережения жилого многоквартирного здания от климатических условий при изменении коэффициента остекленности фасада и применения механической приточно-вытяжной системы вентиляции с рекуперацией (иллюстрация авторов)

Fig.3.Dependence of the energy saving class of a residential multi-apartment building on climatic conditions when the facade glazing coefficient changes and the use of a mechanical supply and exhaust ventilation system with recuperation (illustration by the authors)

Для 5-ти этажного здания в регионах с ГСОП до 10000°С·сут для коэффициента остекленности 40 % класс энергосбережения находится на уровне В. При увеличении коэффициента остекления до 60 % класс снижается до С+. Стоит отметить, что процент остекленности 60 % возможен только в регионах с ГСОП до 6000 °С·сут. Для более высоких значений ГСОП при таком коэффициенте остекленности не выполняется комплексное требование теплозащиты здания.

Для 10, 20-ти этажных зданий достижение класса В возможно преимущественно при 20 % остекления, 40 % остекления дает класс С+. 60 % остекления не достижимо по комплексному требованию при сопротивлении теплопередаче всех ограждающих конструкций на уровне требуемой величины по СП 50.13330.

Для значений ГСОП меньше 2000 °С·сут вне зависимости от коэффициента остекленности фасада класс энергосбережения модельного жилого здания остаётся на уровне В.

Без принятия дополнительных мероприятий по энергосбережению к 2023 году из-за уменьшения базы расчета класса энергосбережения еще на 20 % от действующих норм класс энергосбережения жилого здания не поднимется выше С.

В соответствии с действующими методиками расчета класса энергосбережения здания потенциал снижения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий лежит в увеличении сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и использовании механической приточно-вытяжной системы вентиляции в жилых зданиях при обязательном использовании рекуперации утилизированного тепла.

На рис. 2 показано изменение класса энергосбережения здания при увеличении сопротивления теплопередаче всех ограждающих конструкций на 50 % (до 150 % базового по СП 50.13330.2012). Видно, что изменение данного показателя на 50 % дает увеличение общего энергосбережения на 5 % и, соответственно, оставляет класс на прежнем уровне. Учитывая, что значительное увеличение сопротивления теплопередаче ограждений влечет за собой значительные конструктивные затраты, данная мера не может быть признанной эффективной.

На рис. 3 показано изменение класса энергосбережения жилого дома при использовании механической приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла. Коэффициент полезного действия рекуператора принят равным 0,5. При сопоставлении значений графика с данными, представленными на рис. 1а, становится очевидно, что использование рекуперации тепла дает снижение общего энергопотребления здания до 20 % с соответствующим повышением класса энергосбережения не менее чем на одну ступень по сравнению с естественной вентиляцией. Применение механической вентиляции в жилых многоквартирных домах дорогостоящее мероприятие, но сегодня практически отсутствуют другие возможности повышения энергоэффективности жилых зданий без использования альтернативных источников энергии.

Влияние ориентации зданий в климате России практически не играет существенной роли в повышении энергоэффективности здания. Это связано с тем, что для значительной части территории Российской Федерации в отопительный период величина поступления тепла от солнечной радиации незначительна и составляет от 10 до 20 % теплопотерь от вентиляции и теплопередачи через ограждающие конструкции.

4. Заключение

Выполненное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Изменение архитектурно-конструктивных параметров жилого многоквартирного здания в условиях климата Российской Федерации следующим образом влияет на класс энергосбережения здания:

– увеличение сопротивления теплопередаче всех ограждающих конструкций выше требуемых величин на 50 % приводит к увеличению общего энергосбережения на 5 %, т.е. практически не влияет на изменение класса энергосбережения;

– увеличение коэффициента остекленности фасада здания с 20 до 40 % практически для всех климатических зон РФ приводит к понижению класса энергосбережения здания;

– остекленность фасада 60 % достижима в регионах с величиной ГСОП ниже 6000 °С·сут и зданий высотой до 5 этажей;

– влияние ориентации зданий в климате России практически не играет существенной роли в повышении класса энергосбережения здания.

2. Использование рекуперации тепла в системе механической приточно-вытяжной вентиляции дает снижение общего энергопотребления здания до 20 % с соответствующим повышением класса энергосбережения не менее чем на одну ступень по сравнению с естественной вентиляцией.

Список литературы / References

1. Bashmakov I. Improving the Energy Efficiency of Russian Buildings // Problems of Economic Transition, 2016. Vol. 58. P. 1096-1128. DOI: 10.1080/10611991.2016.1316099.
2. Haider A., Dharmappa H. and Swapan S. 2019 Energy conservation in residential buildings by incorporating Passive Solar and Energy Efficiency Design Strategies and higher thermal mass // Energy and Buildings, 2019. Vol. 182. P. 205-213. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.09.036
3. Ionescu C., Baracu T., Vlad G-E., Necula H. and Badea A. The historical evolution of the energy efficient buildings // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. Vol. 49 . P. 243-253. DOI: 10.1016/j.rser.2015.04.062
4. Bataineh K. Improving the Energy Efficiency of the Residential Buildings in Jordan // Buildings, 2018. Vol. 8. P. 85. DOI: 10.3390/buildings8070085
5. Горшков А. С., Ракова К. М., Мусорина Т. А. и др. Проект здания с низким потреблением тепловой энергии на отопление // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2015. № 4(31). С. 232-247.[Gorshkov A. S., Rakova K. M., Musorina T. A. et al. Project of a building with low consumption of thermal energy for heating // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy, 2015. № 4(31). P. 232-247].
6. Corrado V. 2018 Energy efficiency in buildings research perspectives and trends // Thermal Science, 2018. Vol. 22. P. 971-976.
7. Гагарин В. Г., Козлов В. В., Лушин К. И., Плющенко Н. Ю. Учет теплопроводных включений и вентилируемой прослойки при расчетах сопротивления теплопередаче стены с навесной фасадной системой (НФС) // Строительные материалы, 2016. № 6. С. 32-35. [Gagarin V. G., Kozlov V. V., Lushin K. I., Plushenko N. Yu. Accounting for heat-conducting inclusions and a ventilated layer when calculating the heat transfer resistance of a wall with a hinged facade system (HFS) // Stroitelnyye materialy, 2016. № 6. P. 32-35].
8. Самарин, О. Д. Оценка удельных теплопоступлений от солнечной радиации для расчета класса энергосбережения здания // Жилищное строительство, 2020. № 4-5. С. 3-6. DOI 10.31659/0044-4472-2020-4-5-3-6. [Samarin, O. D. Evaluation of specific heat inputs from solar radiation for calculating the energy saving class of a building // Zhilishchnoe stroite'stvo, 2020. № 4-5. P. 3-6. DOI 10.31659/0044-4472-2020-4-5-3-6].
9. Ivantsov A., Sirazitdinov V. Analysis of light comfort and thermal protection of a building taking into account changes in the geometry of the window slope // Lecture Notes in Civil Engineering, 2021. Vol. 169. P. 80-89.DOI: 10.1007/978-3-030-80103-8_9
10. Дворецкий А. Т., Клевец К. Н. Пассивный солнечный нагрев здания // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии, 2015. № 3(11). С. 85-91. [Dvoretsky, A. T. Passive solar heating of a building // Biosfernaya sovmestimost: chelovek, region, tekhnologii, 2015. № 3(11). P. 85-91].
11. Friess W. A., Rakhshan K. 2017 A review of passive envelope measures for improved building energy efficiency in the UAE // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. Vol. 72. P. 485-496.
12. Самарин О. Д., Бызов Н. И. Возможности повышения класса энергосбережения общественных зданий за счёт теплоутилизации в системах вентиляции // Сантехника, Отопление, Кондиционирование, 2017. № 3(183). С. 72-75. [Samarin O. D., Byzov N. I. Possibilities of increasing the energy saving class of public buildings due to heat recovery in ventilation systems // Santekhnika, Otopleniye, Konditsionirovaniye, 2017. № 3(183). P. 72-75].
13. Суринов Д. Ю. Повышение энергоэффективности зданий за счет рекуперации вентилируемого воздуха // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Посвящена 165-летию В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2018 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический

университет им. В.Г. Шухова, 2018. С. 4454-4458. [Surinov D.Yu. Increasing the energy efficiency of buildings due to the recuperation of ventilated air // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova : Posvyashchena 165-letiyu V.G. Shukhova, Belgorod, 01–20 maya 2018 goda. – Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet im. V.G. Shukhova, 2018. P. 4454-4458].

14. Сиразетдинов Р. М., Мавлютова А. Р., Асадуллина Р. Р. Применение инновационных энергоэффективных технологий как эффективный способ снижения эксплуатационных затрат объектов недвижимости (на примере внедрения системы рекуперации воздуха) // Российское предпринимательство, 2016. Т. 17. № 21. С. 2963-2970. DOI 10.18334/rp.17.21.36924. [R. M. Sirazetdinov, A. R. Mavlyutova, R. R. Asadullina The use of innovative energy-efficient technologies as an effective way to reduce the operating costs of real estate objects (on the example of introducing an air recuperation system) // Rossiyskoye predprinimatelstvo, 2016. V. 17. № 21. P. 2963-2970. DOI 10.18334/rp.17.21.36924].
15. Пастушков П. П., Павленко Н. В., Гринфельд Г. И. Реализованный проект дома с однослойной ограждающей конструкцией из автоклавного газобетона класса энергосбережения "А" // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2020. № 3-4(254-255). С. 20-21. [Pastushkov P. P., Pavlenko N. V., Grinfeld G. I. Implemented project of a house with a single-layer enclosing structure made of autoclaved aerated concrete of energy saving class "A" // Stroitelnyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka, 2020. № 3-4 (254-255). P. 20-21].
16. Гагарин В. Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы, 2008. № 8. С. 41-47. [Gagarin V. G. Economic analysis of increasing the level of thermal protection of enclosing structures of buildings // Stroitelnye materialy, 2008. № 8. P. 41-47].
17. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Перспективы повышения энергетической эффективности жилых зданий в России // Энергия: экономика, техника, экология, 2012. № 5. С. 25-32. [Gagarin V. G., Kozlov V. V. Prospects for improving the energy efficiency of residential buildings in Russia // Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya, 2012. № 5. P. 25-32].

Информация об авторах

Иванцов Алексей Игоревич, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация
Email: ivantsov.arch@mail.ru
Петров Артем Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация
Email: ruarty@mail.ru

Information about the authors

Aleksey I. Ivantsov, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia.
Email: ivantsov.arch@mail.ru
Artem S. Petrov, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia.
Email: ruarty@mail.ru

УДК: 691.33
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_51
EDN: LGZNAO

К определению напряженно-деформированного состояния бетонного блока в составе усиленного узла фермы из гнутосварных профилей

Л.Р. Гимранов[1], А. Пажвак[1]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г.Казань, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи*. На сегодняшний день фермы из гнутосварных профилей занимают подавляющую долю рынка среди несущих стропильных конструкций покрытия. К их достоинствам относится экономичность и отсутствие фасонок. Однако при этом проверочные расчеты таких ферм требуют особого внимания к узлам и зачастую сечение элемента определяется исходя из прочности узла, а не элемента фермы. Повышение несущей способности узлов таких ферм позволит повысить их экономическую эффективность. В работе рассматриваются аналитические и численные исследования по определению напряженно-деформированного состояния бетонного или фибробетонного блока в узле фермы из гнутосварных профилей. При этом отличительной особенностью является то, что усиление узлов производится локально. Актуальность исследования заключается в том, что методика расчета фибробетонного блока в составе усиленного узла ферм позволит повысить их технико-экономические показатели либо решить проблему сильно нагруженных узлов таких ферм.
Цель работы: разработка на основе идеализированных расчетных схем фибробетонного блока аналитических зависимостей для определения его напряженно-деформированного состояния при сосредоточенной нагрузке, с достаточной степенью достоверности отражающей напряженно-деформированного состояния блока внутри нагруженного узла из гнутосварных профилей.Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: определить независимую расчетную схему фибробетонного блока, наиболее близко отражающую его напряженно-деформированное состояние в составе расчетной модели узла, включающего раскосы и пояса фермы; установить применимость балочной аналогии к расчетной схеме блока и предложить методику расчета фибробетонного блока с учетом балочной аналогии.
Результаты. Основными результатами работы является методика оценки напряженно-деформированного состояния фибробетонного блока в составе усиленных узлов ферм из гнутосварных профилей.
Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что рассмотренные возможные подходы к определению напряженно-деформированного состояния фибробетонного блока в составе усиленного узла ферм из гнутосварных профилей позволяют использовать данный способ усиления на практике, что позволит снизить металлоемкость и деформативность рассматриваемых ферм из гнутосварных профилей.

Ключевые слова: усиление, узлы, гнутосварные профили, нормальное напряжение, фибробетонный блок, нагрузка, несущая способность, прочность и жесткость.

Для цитирования: Гимранов Л.Р., Пажвак А. К определению напряженно-деформированного состояния бетонного блока в составе усиленного узла фермы из гнутосварных профилей // Известия КГАСУ 2022 №4(62), с.51-60,
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_51 EDN: LGZNAO

Determination of the stress-strain state of a concrete block as part of a reinforced node truss from square hollow sections

L.R. Gimranov[1], A. Pazhwak[1]
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation

Abstract. *Problem statement*. Today, trusses made of square hollow sections occupy the vast majority of the market among the load-bearing truss structures of the roof. Their advantages include cost-effectiveness and the absence of gussets. However, at the same time, verification calculations of such trusses require special attention to the nodes, and often the section of the element is determined based on the strength of the node, and not the truss element. Increasing the bearing capacity of the nodes of such farms will improve their economic efficiency.The paper deals with analytical and numerical studies to determine the stress-strain state of a concrete or fiber concrete block in a truss node made of square hollow sections. At the same time, a distinctive feature is that the nodes are strengthened locally. The relevance of the study lies in the fact that the method of calculating a fiber concrete block as part of a reinforced truss node will improve their technical and economic performance or solve the problem of heavily loaded nodes of such trusses.
Purpose of the work: thedevelopment of analytical dependencies based on idealized design schemes of a fiber concrete block to determine its stress-strain state under a concentrated load, reflecting with a sufficient degree of reliability the stress-strain state of a block inside a loaded assembly of square hollow sections. To achieve this goal, the following tasks were formulated: to determine an independent design scheme of a fiber concrete block that most closely reflects its stress-strain state as part of the design model of the node, including braces and truss chords; to establish the applicability of the beam analogy to the design scheme of the block and propose a method for calculating the fiber concrete block, taking into account the beam analogy.
Results. The main results of the work consist in the developed method for assessing the stress-strain state of a fiber concrete block as part of reinforced truss units from square hollow sections.
Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry lies in the fact that the considered possible approaches to determining the stress-strain state of a fiber concrete block as part of a reinforced truss assembly made of square hollow sections make it possible to use this reinforcement method in practice, which will reduce the metal consumption and deformability of the considered trusses from square hollow sections.

Keywords: reinforcement nodes, square how sections, normal stress, fiber concrete block, load, bearing capacity, strength and rigidity.

For citation*:* Gimranov L.R., Pazhvak A. Determination of the stress-strain state of a concrete block as part of a reinforced truss nodes from square how sections // News KSUAE 2022 №4 (62), p51-60, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_51, EDN: LGZNAO

1. Введение

В настоящее время стальные фермы из гнутосварных профилей (ГСП) очень широко используются в разных отраслях строительства, особенно в промышленных и гражданских зданиях [1]. Этот факт можно объяснить экономической конкурентоспособностью и архитектурной выразительностью конструктивных форм элементов, состоящих из прямоугольных, квадратных или круглых полых сечений.

Основными элементами ферм из ГСП являются пояса, образующие контур фермы, и решетка, состоящая из раскосов и стоек.

Решетка ферм воспринимает в основном поперечную силу, выполняя функцию стенки сплошной балки. Пояса ферм работают в основном на продольные усилия и изгибающие моменты [2]. Соединение элементов в узлах осуществляют путем непосредственного примыкания одних элементов к другим или с помощью узловых фасонок.

При расчете узлов ферм из ГСП считается, что углы примыкания раскосов к поясу не менее 30^0, в этом случае обеспечивается плотность примыкания раскосов к поясу. Сварные швы, соединяющие раскосы с поясом, выполняются с полным проплавлением стенки профиля.

Основными преимуществами применения узлов ферм из гнутосварных профилей, являются:

- более рациональное распределение металла по сечению, связанное с характерным для гнутосварных профилей наибольшим коэффициентом рациональности формы сечения и наименьшей удельной толщиной стенки;
- более рационально, чем в открытых профилях, использование высокопрочных сталей;
- возможность встраивать конструкции из гнутосварных профилей в качестве элементов современного интерьера благодаря их привлекательному внешнему виду;
- возможность изготовления профилей нестандартной конфигурации;
- по сравнению с трубами круглого сечения, ГСП проще в обработке, и при компоновке узлов конструкций их жесткость на кручение выше.

Усиление узлов ферм из ГСП широко используется тогда, когда они не отвечают требованиям прочности или не обладают достаточной несущей способностью, а толщина профиля поясов не может быть увеличена вследствие экономической целесообразности. Обычно используемый метод усиления узлов ферм из ГСП соединений заключается в приваривании пластины усиления к внешней стороне элемента пояса [3]. Недостатком такого способа усиления является то, что полученная конструкция узла, как правило, имеет усиленную либо только полку, либо стенку пояса фермы, что приводит к повышенным зонам концентраций напряжений от сварки, а также провоцирует снижение долговечности вследствие образования карманов и очагов коррозии.

Альтернативным способом усиления узлов, для определенных К-образных типов соединений, является заполнение узлов ферм из ГСП фибробетоном или цементным раствором через заранее подготовленное отверстие, в которое вставляется трубная заглушка, а затем приваривается к нижнему поясу фермы. Для предотвращения растекания бетонной смеси внутрь пояса через отверстие перед заливкой помещают тканевый мешок. Бетонная смесь под давлением заставляет мешок разворачиваться и заполнять пространство внутри пояса, при этом усиливает одновременно и полку, и стенку пояса при минимальном количестве зон концентраций напряжений от сварки [4].

Проведенные эксперименты в работе [5], а также других авторов [6-9], показывают значительное увеличение несущей способности соединений К-образного типа с поясом, заполненным фибробетоном. В исследовании[10]утверждается, что элементы раскоса при растяжении и сжатии должны рассчитываться отдельно, и что определяющим предельным состоянием для растянутого элемента раскоса будет являться преждевременная местная текучесть пояса в месте примыкания раскоса от действия растягивающих и касательных напряжении.

Проведенные в работах [10-12] результаты исследований представлены для малых пролетов ферм (до 12м). В этом случае элементы пояса из ГСП соединений К-образного типа для ферм могут быть заполнены бетоном по всей длине пояса для улучшения несущей способности элемента, а также огнестойкости. Недостаток такого соединения фермы - увеличенный вес конструкций и трудоёмкость производства.

Для ферм пролетом более 12мтолько некоторые части элементов пояса, особенно вблизи критических соединений, необходимо заполнить бетоном для увеличения прочности соединений.

Численные исследования и расчеты, основанные на характеристиках свойств фибробетонного блока, позволяют более экономично проектировать и применять для расчета конструкции на всех этапах работ узлов ферм, усиленных фибробетоном. Поэтому исследования по совершенствованию методики расчета локально усиленных узлов ферм из ГСП фибробетоном являются актуальной научной задачей.

Объектом исследования являются стальные фермы из ГСП, локальное усиление узлов которых выполняется монолитным фибробетоном.

Предметом исследования являются усиленные фибробетоном узлы ферм из ГСП.

Поскольку расчет несущей способности стальных элементов в узле отражен в [13], а напряженно-деформированное состояние (НДС) и прочность бетонного заполнения не рассматривались, целью данной работы является разработка на основе идеализированных расчетных схем фибробетонного блока аналитических зависимостей для определения его НДС при сосредоточенной нагрузке, с достаточной степенью достоверности отражающей НДС блока внутри нагруженного узла из ГСП профилей. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- определить независимую расчетную схему фибробетонного блока, наиболее близко отражающую его НДС в составе расчетной модели узла, включающего раскосы и пояса фермы.
- установить применимость балочной аналогии к расчетной схеме блока;
- предложить методику расчета фибробетонного блока с учетом балочной аналогии.

2. Материалы и методы

Предметом исследования является локальное усиление узлов К-образного типа фибробетонным блоком, выполненное согласно [4], и расчет НДС фибробетонного блока на действие сосредоточенных нагрузок от раскосов. Применяется метод исследования, основанный на численном моделировании локального усиления узла фибробетоном [12] (рис. 1).

Материалы для узлов: пояс и раскосы узла - сталь марки С255по ГОСТ 27772-2015 с расчетным сопротивлением 370 МПа, локальное заполнение - фибробетон с модулем упругости не ниже 27000МПа.

Численные исследования рассматривают усиление локального узла фермы из ГСП фибробетонным блоком с размерами поперечного сечения 140х140 мм, длиной 700 мм, который выполнен из бетона с модулем упругости Е =27500 МПа и расчетным сопротивлением сжатию R_b=11.5МПа.

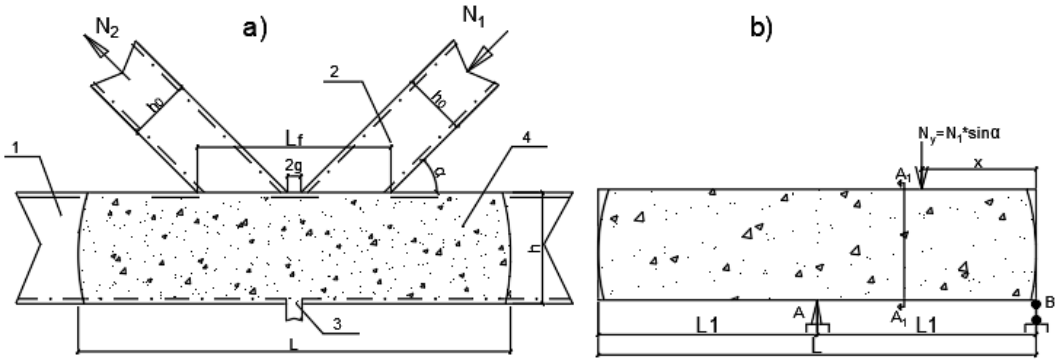


Рис. 1. а) узел фермы, b) фибробетоный блок (иллюстрация авторов)
Fig.1.a) truss node, b) fiber concrete block (illustration by the authors)

В данной работе представлен новый способ [4] локального усиления узлов фибробетонным элементом (рис.1), где:

1- пояса фермы (нижний пояс),
2- раскосы фермы,
3- отверстие для бетонирования узлов, в которое вставляется мешок для заполнения и трубная заглушка, а затем приваривается к поясам фермы,
4- фибробетонный блок после процесса твердения,

Моделирование узлов из ГСП соединения локального К-образного типа, усиленного фибробетонным элементом.

По формуле (1) определяется длина фибробетонного блока:

$$L = L_f + 2h \tag{1}$$

$$L_f = \frac{h_0}{\cos\alpha} + \frac{h_0}{\cos\alpha} + 2g \quad (2)$$

где h - высота поперечного сечения пояса;

h_0 -высота поперечного сечения раскоса;

2g - расстояние между носками раскосов;

α - угол примыкания раскоса.

По формуле (3)определяется значение изгибающего момента в произвольном сечении, а-а (рис. 1) фибробетонного блока:

$$M = \frac{N_1 \sin\alpha \cdot x^2}{L} \quad (3)$$

где N_1 - сосредоточенная нагрузка;

L- пролетный блок;

Для определения НДС в фибробетонном блоке, находящемся в равновесии под действием системы внешних сил. Пусть требуется определить внутренние усилия в произвольном сечении, а-а этого блока (рис. 1). Мысленно рассечем его по сечению, а-а на две части, обычно оставляется та часть, при рассмотрении получится более простое решение.

Условия равновесия:

1. Сумма проекций всех сил на вертикальную ось равна нулю: $\sum F_y = 0$;

2. Сумма проекций всех сил на горизонтальную ось равна нулю: $\sum F_x = 0$;

3.Сумма проекций всех сил на вертикальную ось равна нулю: $\sum M_y = 0$;

Фибробетонный блок нагружен сосредоточенными нагрузками, точки приложения которых расположены на расстоянии 175 см от опоры фибробетонного блока. Нагрузка применялась поэтапно, значения принимались равными 127 кН [14].

Использование современных программных комплексов позволяет проводить многочисленные вариативные исследования, сочетающие различные нагрузки и вариативность прочностных и деформационных характеристик материалов (конструкционный бетон, высокопрочный бетон для железобетонных балок), а также сравнить результаты, полученные с помощью ANSYS Workbench, с аналитическими результатами расчета[15]. В данном исследовании использовался один из самых современных универсальных программных комплексов ANSYS Workbench [15].

3. Результаты и обсуждение

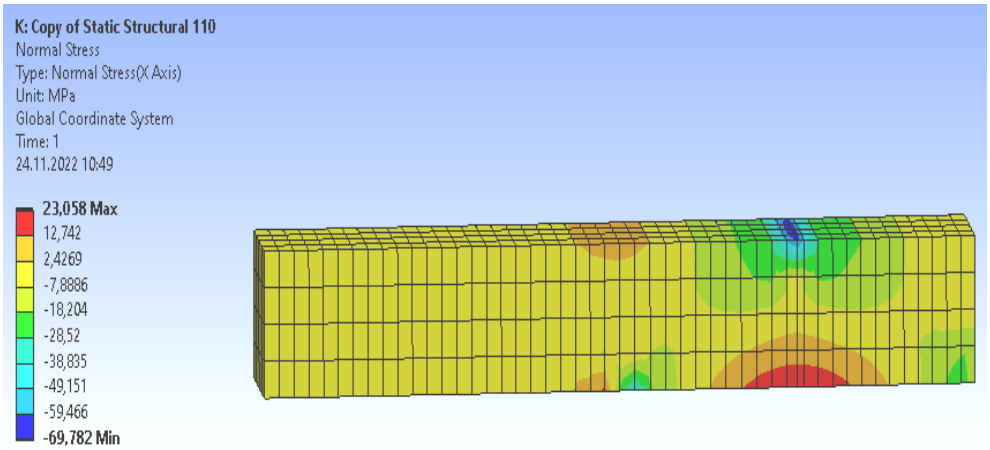
Аналитические расчеты проводились в соответствии с [17]. Для анализируемого фибробетонного блока варьировались размеры сечения и длина блока [18]. В следующей таблице приведены значения нормальных напряжений в фибробетонном блоке с учетом изгибающего момента и сосредоточенной нагрузки для шести различных поперечных сечений блоков[19].

Таблица

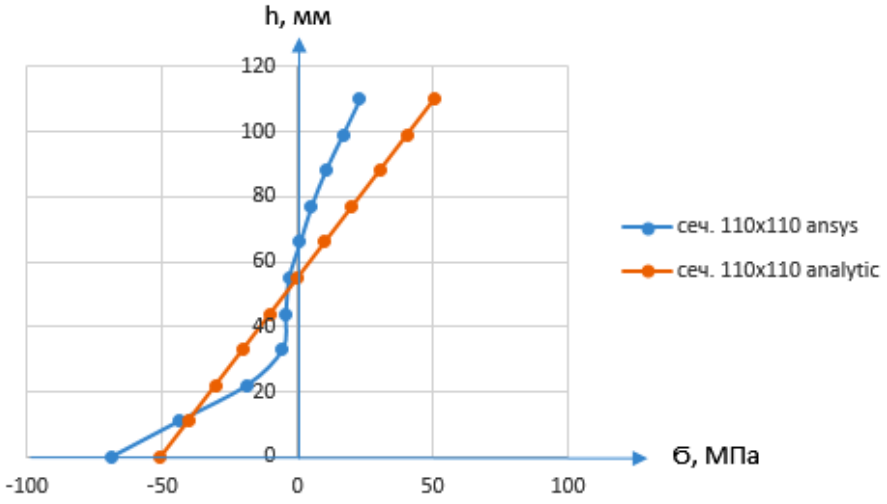
Результаты аналитических расчетов фибробетонного блока

№	Нагрузка, кН	Изгибающей момент, кН*м	Напряжение, МПа
1	127	11.2	50.488
2	127	11.2	38.888
3	127	11.2	30.578
4	127	11.2	24.489
5	127	11.2	19.911
6	127	11.2	16.406

На рис.2 представлены результаты численного моделирования ПК «AnsysWorkbench», при котором исследование конструкции проводилось с учетом реальной работы в расчетном сечении фибробетонного блока 110х110 мм [16], с использованием диаграммы работы «сжатие-растяжение».



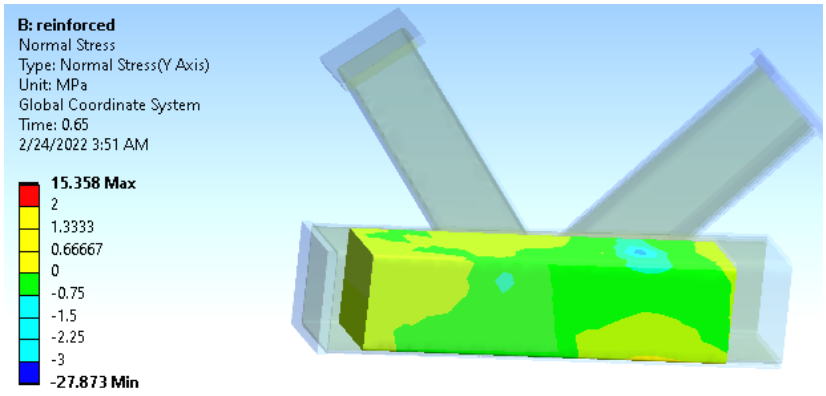
a)



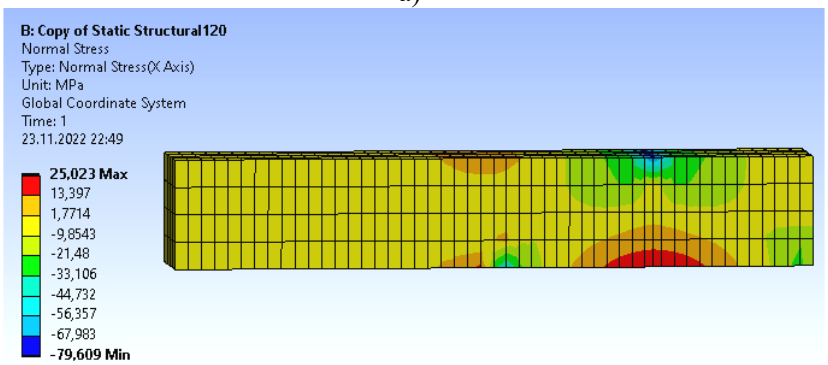
b)

Рис. 2. a) мозаика напряжения фибробетонного блока, b) эпюры нормальных напряжений в сечении фибробетонного блока:
(иллюстрация авторов)
Fig.2.a) stress mosaic of a fiber concrete block, b) diagrams of normal stresses in the cross section of a fiber concrete block:
(illustration by the authors)

Численные расчеты усиленного узла, как упомянуто[19],проводились с помощью ПК «Ansys Workbench».Вкачестве усиления узлов ферм из ГСП применен фибробетоный блок. Результаты расчетов – мозаика напряжений вдоль произвольной оси блока, представлены на рис. 3. Также на рис. 3 представлены нормальные напряжения в отдельной расчетной модели фибробетонного блока, нагруженной сосредоточенной силой.



a)



b)

Рис. 3. a) нормальное напряжение в узле, b) нормальное напряжение в фибробетоном блоке (иллюстрация авторов).

Fig.3. a) normal stress in the node, b) normal stress in the fiber concrete block (illustration by the authors)

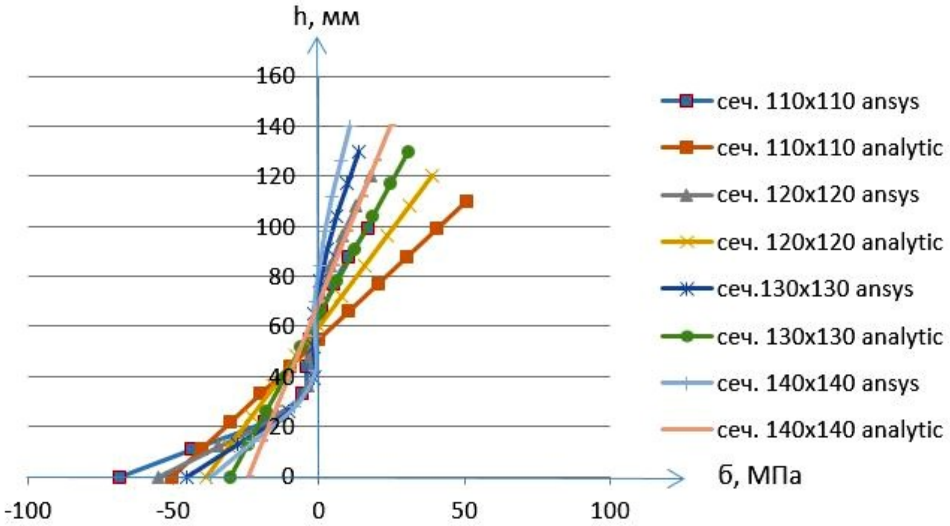


Рис. 4. эпюры распределения нормальных напряжений по сечению фибробетонного блока (иллюстрация авторов)

Fig.4.diagrams of distribution of normal stresses over the cross section of a fiber-reinforced concrete block (illustration by the authors)

На рис.4 представлен анализ нормальных напряжений с учетом изгибающего момента в расчетных сечениях фибробетонных блоков различных габаритов и длины. Статическая схема работы фибробетонного блока соответствует промежуточному случаю между балкой и«балкой-стенкой». Вследствие чего предложено ввести в расчет бетонного блока по балочной схеме с учетом поправочного коэффициента– коэффициент действительных напряжений.

Следующее уравнение используется для получения коэффициентов действительного напряжения при сжатии и растяжении:

$$\xi = ax^2 - bx + c \tag{4}$$

где a, b, c - коэффициенты (фиксированы);

x=L/h - отношение длины фибробетонного блока к высоте его поперечного сечения;

По формуле (5) рассчитаем напряжения в фибробетонных блоках с учетом изгибающего момента, момента сопротивления и коэффициента действительных напряжений (рис. 4):

$$\sigma_{сж} = \frac{M * \xi_{сж}}{W} \tag{5}$$

Если площадь поперечного сечения квадратная, то момент сопротивления оси x равен моменту сопротивления оси y;

$$W_x = W_y = \frac{b * h^2}{6} \tag{6}$$

где M - изгибающей момент;

W - момент сопротивления;

b -ширина поперечного сечения;

h -высота поперечного сечения;

ξ_c -коэффициент действительного напряжения при сжатии($\xi_c = 1.367$);

Данный коэффициент действительных напряжений для соединений К-образных типов узлов ферм из ГСП, заполненных бетоном, выше для сжатых, чем для растянутых фибр. Сравнение с результатами аналитического моделирования продемонстрировало, что вышесказанное имеет разумную точность в прогнозировании прочности на изгиб при продавливании заполненных бетоном соединений узлов К-образного типа.

Локальное бетонное заполнение узлов К–образного типа как альтернатива ребрам жесткости, привариваемым снаружи к поясам ферм из ГСП, является достаточно хорошим конструктивным решением, увеличивающим прочность, жесткость и усталостную выносливость конструкций.

Численная модель анализируемого соединения более точно отражает его поведение при передаче нагрузки. Аналитическая модель содержит некоторые упрощения и обобщения, целью которых является оценка НДС фибробетонного блока, так как рассмотрено НДС пояса и раскосов в работе[14].

Основные результаты исследования:

1. Выполненные аналитические исследования позволили определить напряженно-деформированные состояния в фибробетоном блоке[23].При этом блок разрезается по рассматриваемому сечению, и создаются условия равновесия отсеченной части блока. Для определения изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в фибробетоном блоке эти условия сводятся к равенству нулю суммы проекций всех сил на оси блоков.

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M = 0,$$

2. Разработаны уравнения, на основе которых можно анализировать напряжения в различных сечениях фибробетонного блока.

3. Разработаны уравнения, на основе которых можно анализировать коэффициенты, приведены действительные напряжения при сжатии и растяжении $\xi = ax^2 + bx + c$ с коэффициентами a=0.399, b=2.567, c=5.494.

4. Анализ полученных результатов численного моделирования показывает, что напряжения в сжатой части сечения больше, чем в растянутой.

5. Нормальные напряжения можно учитывать с учетом изгибающего момента и момента инерции или момента сопротивления в элементах конструкции из-за отсутствия осевых сил.

6. Анализ результатов численных исследований узлов позволил выявить места концентрации напряжений (рис. 3) в поясе, которые располагаются в сечении под пятками раскосов и непосредственно в месте примыкания раскосов к поясу.

4. Заключение

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Определена независимая расчетная схема фибробетонного блока, наиболее близко отражающую его НДС в составе расчетной модели узла, включающего раскосы и пояса фермы.
2. Установлена применимость балочной аналогии к расчетной схеме фибробетонного блока.
3. Предложена методика расчета фибробетонного блока с учетом балочной аналогии.

Список литературы / References

1. Кикин А. И, Тулль В. А, Санжаровский Р. С, конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. М.: Москва Стройиздат, – 1974. –74с.[Kikin A.I., Tull V.A., Sanzharovsky R.S., Structures made of square hollow sections filled with concrete // Moscow Stroyizdat M.; - 1974. - p.74].
2. Лихтарников Я. М. Исследование узлов рамного типа из гнутых профилей / Я. М. Лихтарников, Г. Я. Эстрин // Промышленное строительство. 2016. – № 10. – С. 32–34.[Likhtarnikov Ya. M. Research of frame-type units from square hollow sections// Industrial construction M.; - 1971. - №10. - S. 32–34].
3. Перминов Д.А. исследование напряженного состояния узлов из гнутых профилей замкнутого сечения // строительство и техногенная безопасность М.; 2017. №7.с.47-53. [Perminov D.A. study of the stress state of nodes from square hollow sections of a closed section / / Construction and technogenic safety M.; - 2017. - No. 7. – c.47 – 53].
4. Пат. 2 756 260 Российская Федерация. Способ усиления поясов в узле трубчатой фермы/ Кузнецов И.Л, ГимрановЛ.Р.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»- № 2021105350, заяв. 01.03.2021; опубл. 28.09.2021, Бюл. № 28-С.5.[Pat. 2,756,260 Russian Federation. The method of reinforcing SHS in the node of a tubular truss / Kuznetsov I.L., Gimranov L.R.; patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Kazan State University of Architecture and Engineering»–№. 2021105350, application. 03/01/2021; publ. 09/28/2021, Bull. No. 28-C.5.]
5. GianlucaR., GrazianoL., RiccardoZ. State of the art on the time-dependent behaviour of composite steel–concrete structures// Journal of Constructional Steel Research. 2013. Vol. 80. P. 252– 263. Dio:10.1016/j.jcsr.2012.08.005.
6. Chao H., Lin-Hai H., TingM., ShanH.Analytical behavior of CFST chord to CHS brace truss under flexural loading// Journal of Constructional Steel Research. –2017. Vol. 134. P.66 – 79.Dio:10.1016/j.jcsr.2017.03.008.
7. Silin Ch,ChaoH, HaoZh.Reliability-based evaluation for concrete-filled steel tubular (CFST) truss under flexural loading// Journal of Constructional Steel Research. 2020.Vol. 169. P. – p.110 –121.Dio:10.1016/j.jcsr.2020.106018.
8. Wenjin H., Zhichao L.Experimental behavior and analysis of prestressed concrete-filled steel tube (CFT) truss girders// Engineering Structures. 2017.vol. 152. p.607–618.Dio:10.1016/j.engstruct.2017.09.035.
9. Yiyan Ch., Jucan D.Flexural behavior of composite box girders with corrugated steel webs and trusses// Engineering Structures. 2020. Vol. 209. p.73 – 82.Dio:10.1016/j.engstruct.2020.110275.
10. Fong M., Chan L. Advanced design for trusses of steel and concrete-filled tubular sections // Engineering Structures. 2011.vol. 33. p.3162 – 3171.Dio:10.1016/j.engstruct.2011.08.002.
11. Silin Ch., Chao H.Structural behavior and reliability of CFST trusses with random initial imperfections// Thin-Walled Structures. 2019. Vol. 143. p.41–52.Dio;10.1016/j.tws.2019.106192.
12. Daihai Ch., Wenze W., Zheng Li. Comparative analysis of seismic performance of 122-meter long concrete-filled steel tube arched chord truss bridge before and after reinforcement // Journal ofasian architecture and building engineering. 2020. Vol. 19. P. 90 – 102. Dio; 10. 1080/13467581 .2020.1716772.

13. Bakirof Z. H, Vatin N. Stress-strain state of bending reinforced beams with cracks// Magazine of Civil Engineering. 2020. №9701. – p.58 – 71.Doi. 18720/MCE.97.1.
14. Josef M., Martin C. Composite steel and concrete bridge trusses// Engineering Structures. 2011. Vol. 33. p.3136 – 3142.Dio:10.1016/j.engstruct.2011.08.017.
15. Jacek N. An analytical and numerical assessment of the load capacity of the K-joint of flat steel trusses// Engineering Structures. 2019. №25. p.168 –173.DOI: 10.17512/znb.2019.1.26.
16. Gimranov L. R. Locally concrete filled reinforced joints of RHS and SHS trusses. Proceedings of STCCE. 2021. Vol. 169. – p.58 – 71.
17. Chao H., Lin-Hai H, Xiao-Ling Zh. Concrete-filled circular steel tubes subjected to local bearing force// Journal of Constructional Steel Research. 2020. Vol. 23. p.665 – 676.Dio:10.1016/j.istruc.2019.12.008.
18. Ran F., Ben Y. Tests of concrete-filled stainless steel tubular T-joints// Journal of Constructional Steel Research.2019.Vol. 64. p.1283–1293.Dio:10.1016/j.jcsr.2008.04.011.
19. Chao H., Lin-Hai H., Lin-Hai H., Xiao-Ling ZH. Concrete-filled circular steel tubes subjected to local bearing force: Experiments// Journal of Constructional Steel Research. 2013. Vol. 83. p. 90–104. Dio:10.1016/j.jcsr.2013.01.008.
20. Wenjin H., Luigi F., Baochun Ch., Bruno B. Experimental study on K-joints of concrete-filled steel tubular truss structures// Journal of Constructional Steel Research.2015.Vol.107. p. 182–193.Dio:10.1016/j.jcsr.2015.01.023.
21. Lin-Hai H., Wu Xu., Shan-Hu He., Zhong T. Flexural behaviour of concrete filled steel tubular (CFST) chord to hollow tubular brace truss// Journal of Constructional Steel Research. 2015. vol. 109. p.137 – 151.Dio:10.1016/j.jcsr.2015.03.002.
22. Yu Ch., Ran Fe., Shengwei G. Experimental study of concrete-filled multiplanar circular hollow section tubular trusses//Thin-Walled Structures.2015. Vol. 94. p. 199–213. DIO:10.1016/j.tws.2015.04.013.
23. Ю.В.Евстигнеева,Р.А.Ибрагимов, Технология бетонирования самоуплотняющегося сталефибробетона в зимних условиях, статья / Материалы XIII Международной научно-технической конференции молодых ученых, посвященной памяти профессора В.И.Калашникова,//Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2018. – С. 35-39. – EDN NVHDKR [Yu. V. Evstigneeva, R. A. Ibragimov, Technology of concreting self-compacting steel fiber concrete in winter conditions/Penza: Penza State University of Architecture and Construction, 2018. - P. 35-39. – EDN NVHDKR]

Информация об авторах

Гимранов Линур Рафаилевич, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.
Email: leenuur@gmail.com
Пажвак Абдурахман, аспирант,Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская
Email: pazhwak_2008@yahoo.com

Information about the authors

Linur R. Gimranov, Candidate of Technical Sciences, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: leenuur@gmail.com
Abdurahman Pazhwak, post-graduate student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: pazhwak_2008@yahoo.com

УДК: 691.5
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_61
EDN: KQDLZR

Влияние минеральной добавки на основе молотого доменного шлака на свойства бетонов и бетонных смесей

Д.С. Смирнов[1], Л.Ф. Мавлиев[1], К.Р. Хузиахметова[1], И.Р. Мотыйгуллин[2]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань, Российская Федерация
[2]ООО «Газкомплектсервис», с. Песчаные Ковали, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* Замена части минерального вяжущего отходами производства является актуальным вопросом строительного материаловедения. В работе представлены исследования влияния минеральной добавки на основе молотого доменного шлака на свойства бетонов и бетонных смесей. Также известно, что механическая активация оказывает воздействие на поверхность частиц, тем самым, изменяет не только химические, но и физические свойства активируемого материала. Поэтому, целью данного исследования является оценка эффективности минеральной добавки на основе молотого доменного шлака, в том числе после механоактивации, для производства бетонов и бетонных смесей. Задачей исследования является определение влияния минеральной добавки на основе молотого доменного шлака и ее механоактивации на подвижность бетонных смесей и прочностные свойства бетонов.
Результаты. Основные результаты исследования показали, что введение минеральной добавки на основе молотого доменного шлака в количестве 10-30 % незначительно увеличивает подвижность бетонной смеси и прочность бетона. Однако, механоактивация минеральной добавки позволяет повысить подвижность бетонной смеси с 4,5 до 17 см при снижении прочности бетона до 36 % в сравнении с контрольным составом.
Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что обоснована возможность замены части цемента минеральной добавкой на основе молотого доменного шлака для изготовления тяжелого бетона средней прочности.

Ключевые слова: отходы промышленности, молотый доменной шлак, механоактивация, бетонная смесь, бетон, прочность, подвижность

Для цитирования: Смирнов Д.С., Мавлиев Л.Ф., Хузиахметова К.Р., Мотыйгуллин И.Р. Влияние минеральной добавки на основе молотого доменного шлака на свойства бетонов и бетонных смесей // Известия КГАСУ 2022 № 4(62), С. 61-69, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_61, EDN: KQDLZR

Effect of mineral additive based on ground blast furnace slag on the properties of concrete and concrete mixtures

D.S. Smirnov[1], L.F. Mavliev[1], K.R. Khuziakhmetova[1], I.R. Motygullin[2]
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
LLC "Gazkomplektservis", Peschanye Kovali, Russian Federation

Abstract. *Problem statement*. The replacement of a part of the mineral binder with production waste is an urgent issue of construction materials science. The paper presents the studies of the effect of a mineral additive based on ground blast furnace slag on the properties of concrete and concrete mixtures. It is also known that mechanical activation affects the surface of the particles, thereby changing not only the chemical, but also the physical properties of the activated material. Therefore, the purpose of this study is to evaluate the effectiveness of a mineral additive based on ground blast furnace slag, including after mechanical activation, for

the production of concrete and concrete mixtures. The objective of the study is to determine the effect of a mineral additive based on ground blast furnace slag and its mechanical activation on the mobility of concrete mixtures and the strength properties of concrete.
Results. The main results of the study are that the introduction of a mineral additive based on ground blast furnace slag in the amount of 10-30% slightly increases the mobility of the concrete mixture and the strength of concrete. However, mechanical activation of the mineral additive makes it possible to increase the mobility of the concrete mixture from 4.5 to 17 cm while reducing the strength of concrete to 36% in comparison with the control composition.
Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in substantiating the possibility of replacing part of the cement with a mineral additive based on ground blast furnace slag for the manufacture of heavy concrete of medium strength.

Key words: industrial waste, ground blast furnace slag, mechanical activation, concrete mix, concrete, strength, mobility

For citation: Smirnov D.S., Mavliev L.F., Khuziakhmetova K.R., Motygullin I.R. Effect of mineral additive based on ground blast furnace slag on the properties of concrete and concrete mixtures // News KSUAE 2022 № 4(62), p. 61-69, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_61, EDN: KQDLZR

1. Введение

На сегодняшний день проблема ресурсосбережения актуальна в разных секторах народного хозяйства. Добыча ванадия, хризотил-асбеста, выплавка чугуна из железной руды в доменной печи на территории России послужили накоплению 8,5 млрд т отходов с образованием 188 самостоятельных техногенно-минеральных объектов [1]. Проблема отходов – общемировая, так например, Парламентом Европейского союза была утверждена Директива 2008/98 ЕС, направленная на повышение показателя утилизации отходов с целью вторичного использования [2].

Наиболее перспективным направлением утилизации техногенных отходов горно-обогатительных, металлургических, химических, энергетических производств является строительное материаловедение, поскольку предполагается обеспечение технико-экономической эффективности, низкой себестоимости, несложной технологии изготовления и сравнительно высоких строительно-технические свойств по сравнению с производством из природного сырья [3]. Широкое применение в строительстве нашли отходы металлургических производств, 80% которых приходится на шлаки. На данный момент на территории России имеется более 800 млн т шлаков черной и цветной металлургии, к которым ежегодно дополнительно добавляется до 95 млн т [4].

Основная часть отходов металлургической промышленности вовлечена в технологию изготовления бетонов [5], керамики [6], стабилизации грунтов [7,8].

Заменить часть компонентов бетона возможно на техногенные отходы: отходы строительства и сноса зданий, отходы металлургической промышленности, побочные продукты производства пластика и стекла, зол мусоросжигания и остатка сточных вод и другие [9]. При этом, отходами металлургической промышленности можно заменить до 75-80% доли вяжущих материалов и 60% добавок в составах бетонов.

Шлак основной кислородной печи [10], доменный [11, 12] и фаялитовый шлаки [13], шлак электродуговой печи [14] и медный шлак [15] широко используются в качестве заполнителей для бетона и минеральных добавок в цементах. Также применяются и другие отходы металлургического производства такие, как стальная окалина, стружка и отходы железной руды [16,17].

Технология производства бетона непрерывно совершенствуется, свидетельством этого является рост физико-механических показателей [18]:

1940 год – до 35 МПа;
1950 год – до 55 МПа;
1960 год – до 60 МПа;
1970 год – до 70 МПа;
1980 год – до 90 МПа;
1990 год – до 120 МПа;

2000 год – до 145 МПа;

2010 год – до 200 МПа.

При этом рост прочностных показателей бетона значительно опережает рост прочности товарного цемента. Тем не менее от 85 до 90% бетона производится классом не более В35.

Известно получение жаростойкого бетона на основе ортофосфорной кислоты, позволяющий утилизировать до 85% техногенного сырья [19]. При содержании 30% феррит-кальциевого шлака через 40-50 мин проявляют признаки схватывания, а через 2-2,5 ч композиция затвердевает. Увеличение содержания алюмосодержащего шлака от выплавки безуглеродистого феррохрома сопровождается повышением физико-механических свойств.

Имеются результаты сравнения влияния доменных гранулированных шлаков трех производств на свойства самоуплотняющегося мелкозернистого бетона [20]. Была подтверждена эффективность применения активных и менее активных шлаков. Шлак, содержащий 36,12% кремнезема, увеличивает водоудерживающую способность бетонной смеси и, как следствие, прочность бетона на сжатие за счет связывания свободного гидроксида кальция (CH) в менее растворимые низкоосновные гидросиликаты кальция (CSH) [21].

Также известно, что повысить физико-механические свойства материалов можно путем активации поверхности частиц. На сегодняшний день наиболее эффективным методом является механическая активация в аппарате вихревого слоя [22-24][1].

В связи с вышеизложенным, замена части минерального вяжущего отходами производства является актуальным вопросом строительного материаловедения. Целью настоящего исследования является оценка эффективности минеральной добавки на основе молотого доменного шлака, в том числе после механоактивации, для производства бетонов и бетонных смесей.

Для достижения поставленной цели требовалось решение следующих задач:

1. Определение влияния минеральной добавки на основе молотого доменного шлака и ее механоактивации на подвижность бетонных смесей.

2. Провести анализ распределения частиц и микроструктуры порошкообразных образцов минеральной добавки.

3. Установление влияния минеральной добавки на основе молотого доменного шлака и ее механоактивации на прочностные свойства бетонов в промежуточном и проектном возрасте.

2. Материалы и методы

Состав бетонной смеси выбран из условия получения бетона классом по прочности на сжатие не ниже В35.

Для изготовления бетонов использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5Б (ГОСТ 31108-2020) производства АО «Мордовцемент».

В качестве мелкого заполнителя для изготовления бетонов применялся песок речной. Модуль крупности песка составил Мкр = 2,67, что соответствует группе «крупный» согласно ГОСТ 8736-2014.

В качестве крупного заполнителя для изготовления бетонов применялся гранитный щебень фракции 5-10 мм. Марка по дробимости по ГОСТ 8267-93 соответствует М1000.

В качестве минеральной добавки применен материал на основе доменного гранулированного шлака с содержанием фракции <0,080 мм не менее 99,9% и <0,045 мм не менее 98,0%, удельной поверхностью по методу воздухопроницаемости не менее 480 $м^2$/кг. Химический состав добавки представлен в табл. 1.

[1] Вдовин Е.А., Строганов В.Ф., Коновалов Н.В., Кузнецов А.В., Мавлиев Л.Ф. Анализ возможностей модификации и выбор рациональных методов и технологий укрепления грунтов активированными наполнителями для дорожных одежд // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 4, № 46. С. 274–282

Таблица 1

Химический состав минеральной добавки

Массовая доля оксида магния (MgO), %	19,0
Содержание оксида серы (VI) (SO_3), %	3,0
Содержание хлорид-иона (Cl^-), %	0,1

В каждой последующей партии количество цемента сокращалось за счет замены его части на активную минеральную добавку (табл. 2).

Таблица 2

Состав бетонной смеси

Наименование компонентов	Содержание компонентов по массе, кг / % соотношение цемента и добавки			
Цемент	3 / 100	2,7 / 90	2,4 / 80	2,1 / 70
Минеральная добавка	0 / 0	0,3 / 10	0,6 / 20	0,9 / 30
Песок	6	6	6	6
Щебень	8	8	8	8
Вода	2	2	2	2

Механоактивацию минеральной добавки проводили в диспергационно-активационной установке CMD5 (производитель – ООО «Вортекспром Рус»). Установка представляет собой единый технологический блок, основным устройством которого является аппарат вихревого слоя (АВС). Сущность процесса перемешивания и измельчения компонентов смеси основана на механическом перемешивании проходящей по рабочей трубе АВС смеси, находящимися внутри этой трубы ферромагнитными иглами. Снаружи корпуса АВС смонтирована герметичная рубашка, в которой размещен статор, на который подается напряжение необходимой величины, в результате чего создается электромагнитное поле, в котором начинают вращаться электромагнитные иглы. Время механоактивации составило 10 минут.

Подвижность бетонной смеси для каждого состава оценивалась по осадке конуса в соответствии с ГОСТ 10181-2014.

Оценку прочности бетона производили в соответствии с ГОСТ 18105-86 в возрасте 7 и 28 суток. Среднеквадратическое отклонение (S_m) определяли как отношение разности между максимальным и минимальным единичными значениями прочности (W_m) к коэффициенту, зависящему от числа единичных значений n. Коэффициент вариации определяли (V_m) как отношение среднеквадратического отклонения к средней прочности бетона.

Распределение частиц по размерам и определение удельной поверхности производилось с помощью лазерного анализатора «Partica LA-950V2» фирмы «Horiba».

Структуру порошкообразных образцов изучали с помощью лабораторного поляризационного микроскопа «Axioskop 40 Pol» в проходящем свете при 500-кратном увеличении. Образец порошка предварительно суспендировался в иммерсионном масле между предметным и покровным стеклом.

3. Результаты и обсуждение

Как видно из результатов испытаний, представленных в табл. 2, введение минеральной добавки несколько повышает подвижность бетонной смеси. Согласно имеющийся классификации добавок в зависимости от эффективности (ГОСТ 24211-2008) данная добавка обладает незначительным пластифицирующим эффектом.

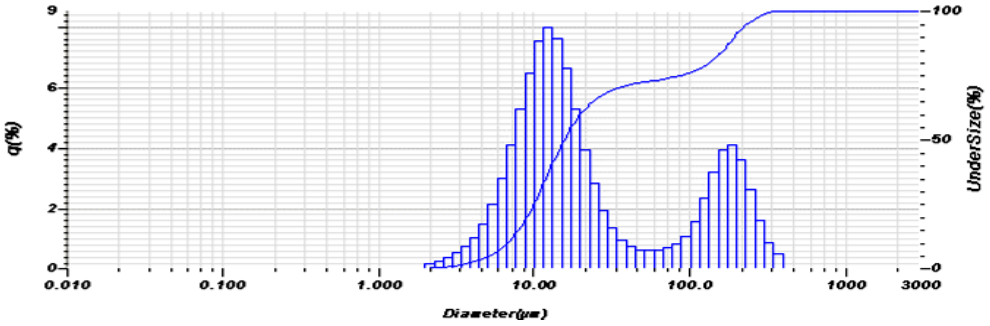
Таблица 2

Изменение подвижности бетонной смеси в зависимости от содержания минеральной добавки в вяжущем

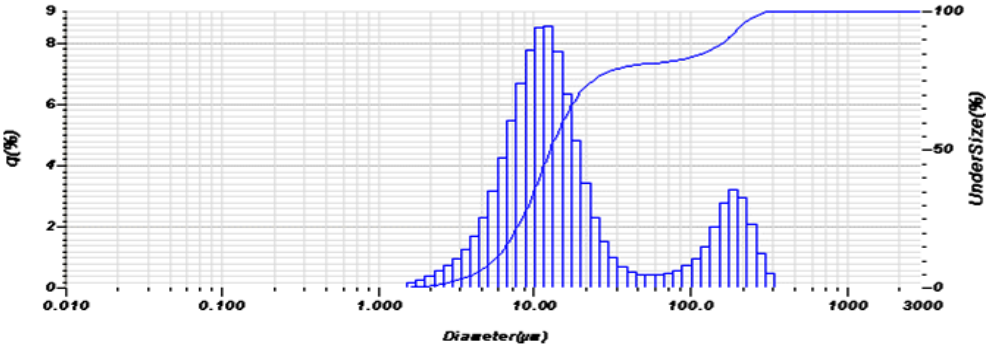
Вид добавки	Подвижность бетонной смеси (см) при содержании минеральной добавки в вяжущем (%)			
	0	***10***	***20***	***30***
Молотый доменной шлак	4,5	6,5	8,5	9,5
Механоактивированный молотый доменной шлак	4,5	6,5	12	17

Предположительно, в процессе механоактивации должно происходить диспергирование минеральных частиц и, как следствие, увеличение удельной поверхности минеральной добавки. В свою очередь, это должно приводить к увеличению водопотребности бетонной смеси или к снижению ее подвижности. Однако, механоактивация минеральной добавки, наоборот, повысила подвижность смеси.

Результаты изучения удельной поверхности частиц на лазерном анализаторе подтверждают повышение дисперсности минеральной добавки после ее механоактивации (рис. 1). Возросло содержание частиц размером 10 мкм, при этом снизилось содержание частиц размером от 100 до 500 мкм. Средний размер частиц для проб до и после механоактивации составил 58,85 мкм и 43,62 мкм, соответственно. Таким образом, возможно, повышение подвижности бетонной смеси связано либо с увеличением доли окатанных частиц после механоактивации, либо с изменением электроповерхностных свойств частиц минеральной добавки.



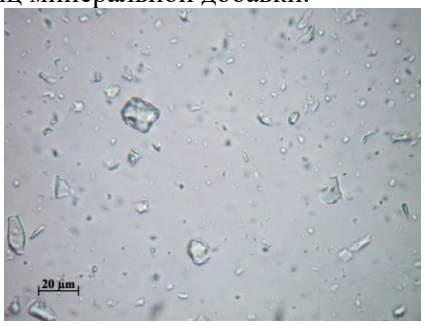
(а)



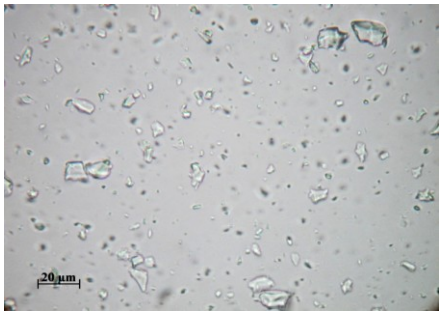
(б)

Рис. 1. Распределение частиц минеральной добавки по размерам:
(а) – до механоактивации; (б) – после механоактивации (иллюстрация авторов)
Fig. 1. Mineral additive particle size distribution:
(a) - before mechanical activation; (b) - after mechanical activation (illustration by the authors)

Проведенный на следующем этапе анализ микроструктуры минеральной добавки (рис. 2) показал, что форма частиц до и после механоактивации не претерпела особых изменений. Следует предположить, что повышение пластичности бетонной смеси связано с изменением электростатических характеристик поверхности активированных частиц минеральной добавки.



(а)



(б)

Рис. 2. Микроструктура минеральной добавки при 500-кратном увеличении:
(а) – до механоактивации; (б) – после механоактивации (иллюстрация авторов)
Fig. 3. Microstructure of the mineral additive at 500x magnification:
(a) - before mechanical activation; (b) - after mechanical activation (illustration by the authors)

На следующем этапе проведено испытание на прочность бетона с минеральной добавкой до и после ее активации в возрасте 7 и 28 суток.

Результаты испытаний бетона с минеральной добавкой представлены в табл. 3, с механоактивированной минеральной добавкой в табл. 4.

Таблица 3

Результаты испытаний прочности бетона с минеральной добавкой

Показатель	Значение показателя при содержании минеральной добавки в вяжущем, %			
	0	***10***	***20***	***30***
$\boldsymbol{R_{сж}^{7\ сут}}$, ***кгс/см²***	256	293	294	231
	330	354	276	221
	298	336	285	235
ср. $R_{сж}^{7\ сут}$, *кгс/см²*	295	328	285	229
$W_m^{7\ сут}$, *кгс/см²*	74	61	18	14
$S_m^{7\ сут}$, *кгс/см²*	44	36	10	8
$V_m^{7\ сут}$	0,1482	0,1106	0,0363	0,0356
$\boldsymbol{R_{сж}^{28\ сут}}$, ***кгс/см²***	346	384	349	241
	408	370	400	248
	379	430	378	233
ср. $R_{сж}^{28\ сут}$, *кгс/см²*	378	395	375	240
$W_m^{28\ сут}$, *кгс/см²*	61	55	51	15
$S_m^{28\ сут}$, *кгс/см²*	32	33	30	9
$V_m^{28\ сут}$	0,085	0,0825	0,0809	0,036

Таблица 4

Результаты испытаний прочности бетона с механоактивированной минеральной добавкой

Показатель	Значение показателя при содержании минеральной добавки в вяжущем, %			
	0	***10***	***20***	***30***
$\boldsymbol{R_{сж}^{7\ сут}}$, ***кгс/см²***	256	305	231	209
	330	279	228	197
	298	259	246	203
ср. $R_{сж}^{7\ сут}$, *кгс/см²*	295	281	237	203
$W_m^{7\ сут}$, *кгс/см²*	74	24	19	11
$S_m^{7\ сут}$, *кгс/см²*	44	14	11	7
$V_m^{7\ сут}$	0,1482	0,0513	0,047	0,0333
$\boldsymbol{R_{сж}^{28\ сут}}$, ***кгс/см²***	346	279	286	232
	408	353	261	234
	379	340	275	223
ср. $R_{сж}^{28\ сут}$, *кгс/см²*	378	324	274	230
$W_m^{28\ сут}$, *кгс/см²*	61	74	25	12
$S_m^{7\ сут}$, *кгс/см²*	32	44	15	7
$V_m^{28\ сут}$	0,085	0,1349	0,054	0,031

Из полученных результатов видно, что содержание в вяжущем 10 % минеральной добавки привело к увеличению прочности бетона в возрасте 7 суток на 11%, а в проектном возрасте на 4,5%, т.е. добавка в данном количестве способствовала увеличению прочности бетона, особенно в раннем возрасте, что указывает на имеющийся ускоряющий твердение эффект. Увеличение содержания минеральной добавки до 20% наоборот снизило прочность бетона в возрасте 7 суток на 3%, однако к 28 суткам прочность бетона с добавкой близка прочности бетона контрольного состава. Введение минеральной добавки в количестве 30% снизило прочность бетона на 22% в возрасте 7 суток, а в проектном возрасте уже на 36% по сравнению с контрольным составом. Следует также отметить, что по мере увеличения содержания минеральной добавки в

составе бетона снижается значение коэффициента вариации контролируемых показателей, что свидетельствует о повышении однородности смеси.

Механоактивация минеральной добавки привела к пластификации смеси, что, вероятно, вызвано высвобождением иммобилизованной воды, и тем самым увеличением количества свободной воды в объеме бетона. Это в свою очередь привело к увеличению пористости и снижению прочности бетона. Так в возрасте 7 суток прочность бетона с содержанием в вяжущем 10 % активированной минеральной добавки снизилась на 4,5%, с 20% добавки – на 19,5% и с 30% добавки – на 31 %. В возрасте 28 суток прочность бетона снизилась на 14%, 27% и 39%, соответственно. При этом сохранилась тенденция к снижению коэффициента вариации с увеличением содержания минеральной добавки от 10 до 30 %. Таким образом, в проведенном исследовании механоактивация минеральной добавки на основе молотого доменного шлака при замене части цемента в вяжущем привела к увеличению подвижности смеси, но при этом к снижению прочности бетона.

4. Заключение

1. Установлено, что введение минеральной добавки на основе молотого доменного шлака в количестве 10-30 % повышает подвижность бетонной смеси до 6,5-9,5 см. При этом механоактивация минеральной добавки приводит к увеличению подвижности смеси с 4,5 до 17 см.
2. Подтверждено повышение дисперсности минеральной добавки после ее механоактивации: возросло содержание частиц размером 10 мкм, снизилось содержание частиц размером от 100 до 500 мкм. Средний размер частиц минеральной добавки составил 58,85 мкм, после ее механоактивации – 43,62 мкм. При этом форма частиц не претерпела особых изменений. Возможно, повышение пластичности бетонной смеси связано с изменением электростатических характеристик поверхности активированных частиц минеральной добавки.
3. Определено, что содержание в вяжущем 10 % минеральной добавки приводит к увеличению прочности бетона в возрасте 7 суток на 11%, а в возрасте 28 суток на 4,5%. Таким образом, добавка в данном количестве способствует увеличению прочности бетона, особенно в раннем возрасте, что указывает на имеющийся ускоряющий твердение эффект. Дальнейшее повышение содержания добавки приводит к снижению прочности бетона.
4. Выявлено, что введение активированной минеральной добавки в количестве 10-30% приводит к снижению прочности бетона в возрасте 7 и 28 суток на 4,5-31 % и 14-39 % соответственно. При увеличении содержания механоактивированной добавки свыше 10 % сохраняется тенденция к снижению коэффициента вариации, как и в смесях с неактивированной добавкой, что вызвано повышением однородности смеси.

Список литературы / References

1. Миронов В.В. Использование отходов – путь экономического роста // Записки Горного института. 2005. Т. 167. С. 80–83. [Mironov V.V. Use of waste - the way of economic growth // Zapiski Gornogo instituta. 2005. Vol. 167. P. 80-83]
2. Абдрахимов В.З. Технические свойства и структура пористости клинкерных материалов на основе отходов цветной металлургии Восточного Казахстана // Химическая технология. 2019. № 11. С. 499–506. DOI: 10.31044/1684-5811-2019-20-11-499-506 [Abdrakhimov V.Z. Technical properties and porosity structure of clinker materials based on non-ferrous metallurgy wastes of Eastern Kazakhstan // Himicheskaya tekhnologiya. 2019. Iss. 11. P. 499-506. DOI: 10.31044/1684-5811-2019-20-11-499-506]
3. Худякова Л.И., Залуцкий А.В., Палеев П.Л. Использование золошлаковых отходов тепловых электростанций // XXI век. Техносферная безопасность. 2019. Т. 3, № 4. С. 375–391. DOI: 10.21285/2500-1582-2019-3-375-391 [Khudyakova L.I., Zalutsky A.V., Paleev P.L. Use of ash and slag waste from thermal power plants // XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost. 2019. Vol. 3, Iss. 4. P. 375-391. DOI: 10.21285/2500-1582-2019-3-375-391]
4. Романова И.П., Бегунов О.Б. Использование отходов металлургической промышленности в строительной индустрии как способ сбережения природных ресурсов и снижения экологической напряженности // Территория науки. 2016. № 2. С.

53–57. [Romanova I.P., Begunov O.B. The use of metallurgical industry waste in the construction industry as a way to save natural resources and reduce environmental stress // Territoriya nauki. 2016. Iss. 2. P. 53-57]
5. Pizoń J. и др. Properties of concrete with recycled concrete aggregate containing metallurgical sludge waste // Materials (Basel). MDPI AG, 2020. Т. 13, № 6. DOI: 10.3390/ma13061448
6. Boltakova N. V. и др. Utilization of inorganic industrial wastes in producing construction ceramics. Review of Russian experience for the years 2000–2015 // Waste Management. 2017. Т. 60. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.11.008
7. Igor R. и др. The role of the composite modifier in the stabilization of the soil base // Materials Today: Proceedings. 2021. Т. 38. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.08.152
8. Вдовин Е.А., Коновалов Н.В., Гильмутдинов Р.И. Применение отходов металлургического производства для укрепления грунтов дорожного назначения // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2021 : Сборник материалов. Казань: ГБУ «НЦБЖД», 2021. С. 56–61. [Vdovin EA, Konovalov NV, Gilmutdinov RI Application of metallurgical waste to strengthen the soils of the road // International forum KAZAN DIGITAL WEEK – 2021 : Sbornik materialov. Kazan: GBU «NCBZHD», 2021. C. 56-61]
9. Collivignarelli M.C. и др. A review on alternative binders, admixtures and water for the production of sustainable concrete // J. Clean. Prod. 2021. Т. 295. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126408
10. Giergiczny Z. Fly ash and slag // Cement and Concrete Research. 2019. Т. 124. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.105826
11. 11. Lee K.M. и др. Autogenous shrinkage of concrete containing granulated blast-furnace slag // Cem. Concr. Res. 2006. Т. 36, № 7. DOI: 10.1016/j.cemconres.2006.01.005
12. Patra R.K., Mukharjee B.B. Influence of incorporation of granulated blast furnace slag as replacement of fine aggregate on properties of concrete // J. Clean. Prod. 2017. Т. 165. DOI: 10.1080/23311916.2017.1409853
13. Adediran A., Yliniemi J., Illikainen M. Fayalite Slag as Binder and Aggregate in Alkali-Activated Materials—Interfacial Transition Zone Study. 2019. DOI: 10.3390/proceedings2019034001
14. Sosa I. и др. High performance self-compacting concrete with electric arc furnace slag aggregate and cupola slag powder // Appl. Sci. 2020. Т. 10, № 3. DOI: 10.3390/app10030773
15. Al-Jabri K.S. и др. Copper slag as sand replacement for high performance concrete // Cem. Concr. Compos. 2009. Т. 31, № 7. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2009.04.007
16. Ismail Z.Z., AL-Hashmi E.A. Reuse of waste iron as a partial replacement of sand in concrete // Waste Manag. 2008. Т. 28, № 11. DOI: 10.1016/j.wasman.2007.07.009
17. Alwaeli M. The implementation of scale and steel chips waste as a replacement for raw sand in concrete manufacturing // J. Clean. Prod. 2016. Т. 137.
18. Калашников В.И. Эволюция развития составов и изменение прочности бетонов. Бетоны настоящего и будущего. часть 1. изменение составов и прочности бетонов // Строительные материалы. 2016. № 1–2. С. 96–103. [Kalashnikov V.I. Evolution of compositions development and concrete strength changes. Concretes of the present and the future. part 1. changing compositions and strength of concretes // Stroitelnye materialy. 2016. Iss. 1-2. P. 96-103.]
19. Абдрахимов В.З. Использование металлургических кальций-, алюминий- и железосодержащих шлаков в производстве жаростойкого бетона на основе ортофосфорной кислоты // Constr. Geotech. 2022. Т. 13, № 1. С. 82–95. DOI: 10.15593/2224-9826/2022.1.07 [Abdrakhimov V.Z. The use of metallurgical calcium-, aluminum- and iron-containing slags in the production of heat-resistant concrete based on orthophosphoric acid // Construction and Geotechnics. 2022. Vol. 13, Iss. 1. P. 82-95. DOI: 10.15593/2224-9826/2022.1.07]
20. Коровкин М.О. и др. Влияние доменного гранулированного шлака на свойства мелкозернистого самоуплотняющегося бетона // Инженерный вестник Дона. 2021. Т. 8, № 80. С. 486–494. [Korovkin M.O. et al. Influence of blast-furnace granulated slag on properties of fine-grained self-compacting concrete // Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. Vol.

8, Iss. 80. P. 486-494]
21. Ву Ким З. и др. Возможность использования доменных шлаков в производстве бетонов и растворов во Вьетнаме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 11. С. 17–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-11-17-24 [Vu Kim Z. et al. The possibility of using blast furnace slag in the production of concrete and mortars in Vietnam // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. SHuhova. 2019. Iss. 11. P. 17-24. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-11-17-24]
22. Vdovin E. A., Stroganov V.F. Modification of cement-bound mixtures with sodium formate additives for the construction of pavement bases at low air temperatures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific Conference Interstroymeh. 2019. P. 012065. DOI 10.1088/1757-899X/786/1/012065. DOI: 10.1016/j.wasman.2007.07.009.
23. Vdovin E., Mavliev L., Stroganov V. Interaction of clay soil components with portland cement and complex additive based on octyltriethoxysilane and sodium hydroxide // IOP conference series : Materials Science and Engineering. 2020. P. 012031. DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012031.
24. Буланов П.Е., Гимазов А.Р., Замалиев И.Р., Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф. Влияние содержания портландцемента на свойства укрепленных глинистых грунтов различного минералогического состава // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 9. С. 24-27. [Bulanov P.E., Gimazov A.R., Zamaliev I.R., Vdovin E.A., Mavliev L.F. Effect of Portland cement content on the properties of reinforced clay soils of different mineralogical composition // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. Vol. 20 Iss. 9. P. 24-27].

Информация об авторах

Смирнов Денис Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email: denis27111974@yandex.ru
Мавлиев Ленар Фидаесович, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email: lenarmavliev@yandex.ru
Хузиахметова Карина Рустамовна, аспирант, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email: karina261996@mail.ru
Мотыйгуллин Иниль Рузилевич, инженер ПТО, ООО «Газкомплектсервис», село Песчаные Ковали, Российская Федерация
Email: inilm@mail.ru

Information about the authors

Denis S. Smirnov, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: denis27111974@yandex.ru
Lenar F. Mavliev, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: lenarmavliev@yandex.ru
Karina R. Khuziakhmetova, post-graduate student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: karina261996@mail.ru
Inile R. Motygullin, PTD engineer, LLC «Gazkomplektservis», Peschanye Kovali village, Russian Federation
Email: inilm@mail.ru

УДК: 72.025.4:691
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_70
EDN: KOSCAB

Инновационные материалы для реконструкции и реставрации

Л.В. Закревская[1] , Е.А. Репина[1] ,
[1]Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
г. Владимир, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* Актуальность исследований обусловлена неблагоприятной экологической обстановкой, вызывающей разрушение белокаменной кладки за счет химического и микологического воздействия, а также экономическими аспектами использования отходов местной горнодобычи в реставрационных работах. Проведены исследования по подбору состава композиционного материала для реставрации и реконструкции белого камня памятников архитектуры XII-XIII веков «Золотого кольца России». Целью исследования является разработка составов для реставрации и реконструкции, аналогичных природным кладочным материалам по физико-механическим свойствам. Задачами работы является исследование возможности применения в качестве основы предлагаемого композиционного материала отходов полуобожженного доломита, затворителя-бишофита, в качестве заполнителя-пеностеклокерамических микрогранул; рациональный выбор сырьевых материалов для достижения высокой прочности состава, который позволил бы в полной мере заменять древние кладочные материалы.
Результаты. Подобраны составы материалов для реставрации и реконструкции на основе отходов доломита и известняка с химическими добавками, которые улучшают механические свойства раствора. К ним относятся пластификатор (поликарбоксилат), фосфаты калия и аммония, стеклофибра, пеностеклокерамические микрогранулы. В отличие от мировых и российских аналогов разработанный состав позволяет с минимальными затратами вернуть памятникам архитектуры первозданное состояние.
Выводы. Полученные составы по своим свойствам позволяют использовать их в качестве докомпоновочных при реставрации белокаменной кладки, что позволит вернуть памятникам XII-XIII века первозданный вид. Внедрение новых композиционных материалов позволит полностью заменять древние кладочные материалы.

Ключевые слова: белый камень, известняк, полуобожженный доломит, стеклофибра, пеностеклокерамические микрогранулы, пластификатор.

Для цитирования: Закревская Л.В., Репина Е.А. Инновационные материалы для реконструкции и реставрации // Известия КГАСУ, 2022 №4(62), с.70-80,
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_70, EDN: KOSCAB

Innovative materials for reconstruction and restoration

L.V. Zakrevskaya[1], EA. Repina[1]
[1]Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletovs
Vladimir, Russian Federation

Abstract. The relevance of the research is due to the unfavorable environmental situation that causes the destruction of white stone masonry due to chemical and mycological effects, as well as economic aspects of the use of local mining waste in restoration work. Studies have been conducted on the selection of the composition of composite material for the restoration and reconstruction of white stone architectural monuments of the XII-XIII centuries of the "Golden Ring of Russia". The aim of the study is to develop compositions similar to natural masonry materials for the restoration and reconstruction in terms of physical and mechanical properties.
The objectives of the work are:
-development of a pre-composite composition for white stone, which would allow full replacement of ancient masonry materials.
-studies semi-baked dolomite waste, recluse-bischofiteas the basis of the proposed composite material and foam glass-ceramic microgranules asfiller.
-selection of the most suitable starting materials to increase the strength and resistance of the composition to external influences.
Results. Compositions were selected and materials for restoration and reconstruction were synthesized on the basis of dolomite and limestone waste with chemical additives that improve the technological qualities of the solution. These include plasticizer (polycarboxylate), potassium and ammonium phosphates, glass fiber, foam glass-ceramic microgranules that are not inferior in their physical and mechanical properties and microstructure to the historical white stone. According to their technical and economic indicators, the developed restoration compositions make it possible to return the architectural monuments to their original state with minimal costs.
Conclusions. According to their properties, the compositions obtained make it possible to use them as additional components for the restoration of white stone masonry, which probably returns the original appearance to the monuments of the 12th-13th centuries. The introduction of new composite materials may well replace medium-sized masonry materials.

Keywords: white stone, limestone, semi-baked dolomite, glass fiber, foam glass-ceramic microgranules, plasticizer.

For citation: L.V. Zakrevskaya, E.A. Repina Innovative materials for reconstruction and restoration // News KSUAE, 2022 №4(62), p. 70-80, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_70, EDN: KOSCAB

1.Введение

В настоящее время ведется множество реставрационных работ по сохранению объектов культурного наследия нашей страны. Главным направлением в данной сфере является сохранение первозданного вида памятников архитектуры. В связи с ухудшением экологической обстановки возрастают требования к качеству материалов, применяемых для реставрации и реконструкции [1-3].

Реконструкция и реставрация предполагают полный анализ состояния памятника и принятие решения об укреплении или полной замене элементов с использованием новых составов [4,5].

Тепловое, ультрафиолетовое воздействие, влажные воздушные массы разрушают структуру белого камня. Все вышеперечисленные факторы усугубляются возрастом сооружений, изменившейся экологической обстановкой и необходимостью при реконструкции и реставрации сохранять исторически достоверный облик зданий и сооружений [6].

Определяющим фактором в исследовании является структура материала. Под формулировкой «качество материала» обычно рассматривают физико-механические свойства, такие как прочность, пористость и т.д. Но реже обращают внимание на микроструктуру и химический состав, хотя благодаря именно этим данным мы можем провести полный анализ материала. Основные требования к реставрационным составам, которые напрямую связаны с качеством материала, заключаются в совместимости составов по однородности микроструктуры, высокой адгезии между компонентами, высоких прочностных характеристиках и водостойкости [7,8].

Известняк представляет собой разновидность осадочных карбонатных горных пород, главным компонентам которого является кальцит ($CaCO_3$), иногда арагонит ($CaCO_3$). В настоящее время все чаще можно встретить известняк с примесями доломита ($CaMg(CO3)_2$), глины (Al_2O_3 *$2SiO_2$ *$2H_2O$), песка (SiO_2) и кварца (SiO_2) [9,10].

Известняк по своей природе является мягкой породой, поэтому подвержен биоповреждениям. Одно из самых губительных воздействий на белый камень оказывает грибной мицелий, который разрушает структуру намного сильнее, чем карбоновые кислоты. Чем выше пористость, тем больше известняк накапливает в себе влагу и тем больше он подвержен биоповреждениям [11].

Решающим фактором, определяющим устойчивость материала к биоповреждениям, является состояние поверхности. Химическая картина разрушения заключается в гидратации известняка.

Известняк подвергается эрозии при реакции с карбоновыми кислотами, с образованием вторичных минералов, примером являются оксалаты кальция, такие как веввелит и ведделит, либо глушинскит [12].

Другой вид разрушения известняка и строительного раствора на его основе обусловлен гипсовой коркой, образующейся при взаимодействии $CaCO_3$с серной кислотой (H_2SO_4) из атмосферы. Кальцит и гипс сильно различаются по физическим свойствам, в частности, по коэффициенту теплового расширения, из-за этого корка растрескивается и отрывается вместе с материнской породой [13].

Выбор компонентов реставрационного состава зависит от химической природы и физико-механических свойств составляющих, которые позволяют получить наилучшую совместимость реставрируемого и реставрационного составов [14,15].

В настоящей работе рассмотрена разработка нового состава для реставрации и реконструкции белого камня памятников архитектуры XII-XIII веков «Золотого кольца России». Цель работы- создание идентичного состава, максимально приближенного к древним по характеру кладки, цвету, фактуре и текстуре для единства восприятия памятника.

Задачи исследования:

– разработка оптимальной сетки реставрационного состава.

– исследование физико-механических свойств полученных образцов.

2.Материалы и методы

Исследования проводились на базе кафедры СП ВлГУ имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых с использованием современного оборудования и приборов, таких как пресс П-50, камера тепла и холода испытательная СМ-60/150-80-ТХ (80 л от -60^{0}С), сканирующий электронный микроскоп SEM, измеритель влажности материалов ВИМС-2.12 и измеритель прочности строительных материалов ИПС-МГ4.03. Рентгенофазовый анализ проводился на порошковом дифрактометре Bruker AXS D8 ADVANCE (модель D8, фирма-производитель: «Bruker Optik GmdH», Германия).

При выполнении реставрационных работ нами было установлено, что для имитации известняка целесообразно использовать каменную муку, отходы полуобожжённого доломита, а также различные химические добавки, такие как пластификатор (поликарбоксилат), фосфаты калия и аммония, стеклофибра, раствор бишофита, пеностеклокерамические микрогранулы. В табл. 1 представлены свойства исходных материалов.

Таблица 1

Основные свойства исходных материалов

Компоненты				
Каменная мука (SiO_2)	Полуобожженный доломит ($MgO*CaSO_3$)	Пластификатор (поликарбоксилат П-17)	Пеностекло-керамические микрогранулы	Стеклофибра
d=2-5мкн. $S_{уд}$=3500-4000 см^2/г	Содержит MgO 30% $S_{уд}$=3000 см^2/г	pH=6,49-8,12 ρ =1,105 г/см^3	d=150-300мкн.	0,2x18мм

Результаты исследования минералогического и химического состава исходных материалов (отходов полуобожженного доломита, пеностеклокерамических микрогранул) методом рентгенофазового анализа представлены на рис.1 и 2.

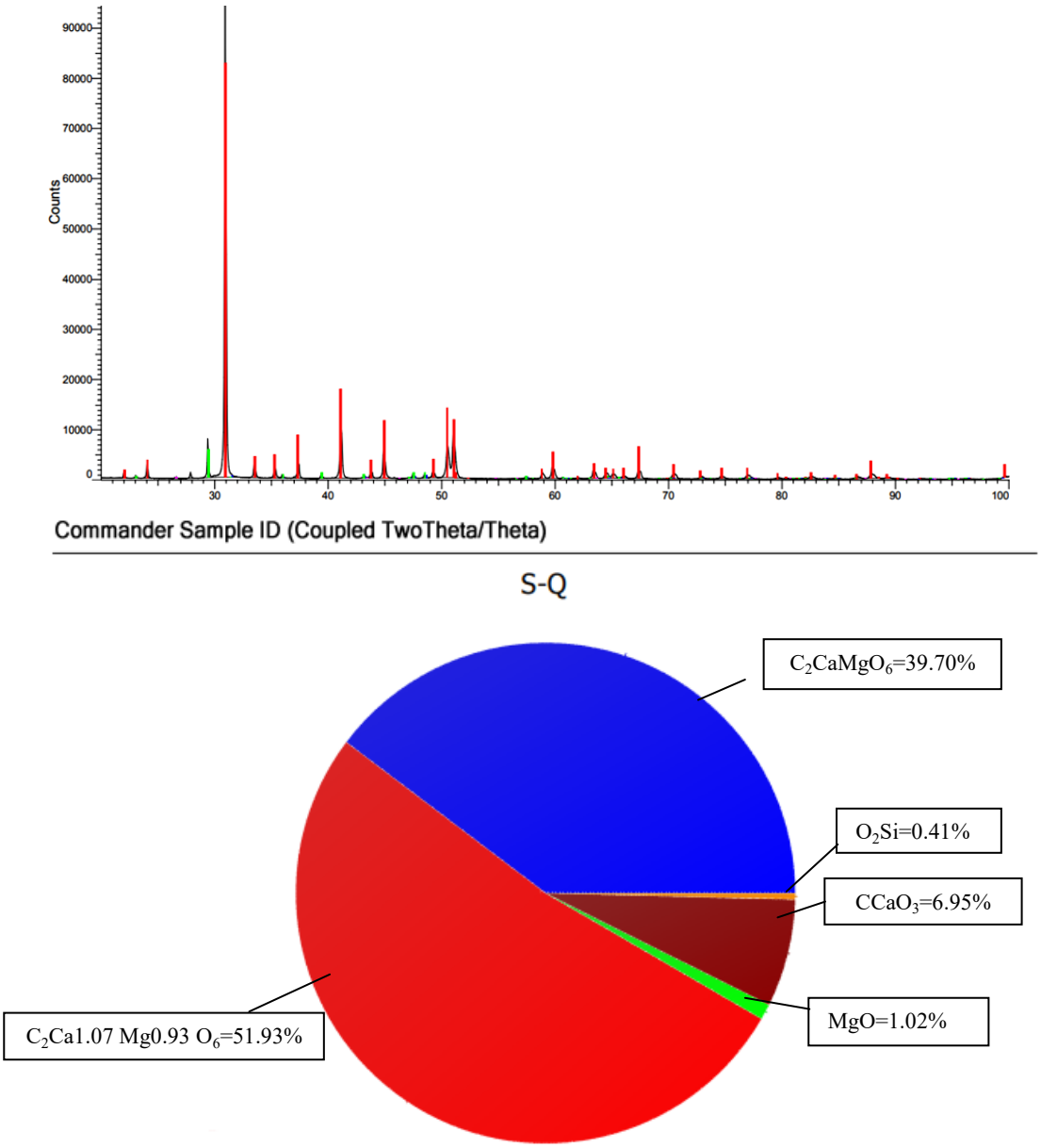


Рис. 1. Результаты исследования минералогического состава отходов доломита (иллюстрация авторов)

Fig 1.The results of the study of the mineralogical composition of dolomite waste (illustration by the author)

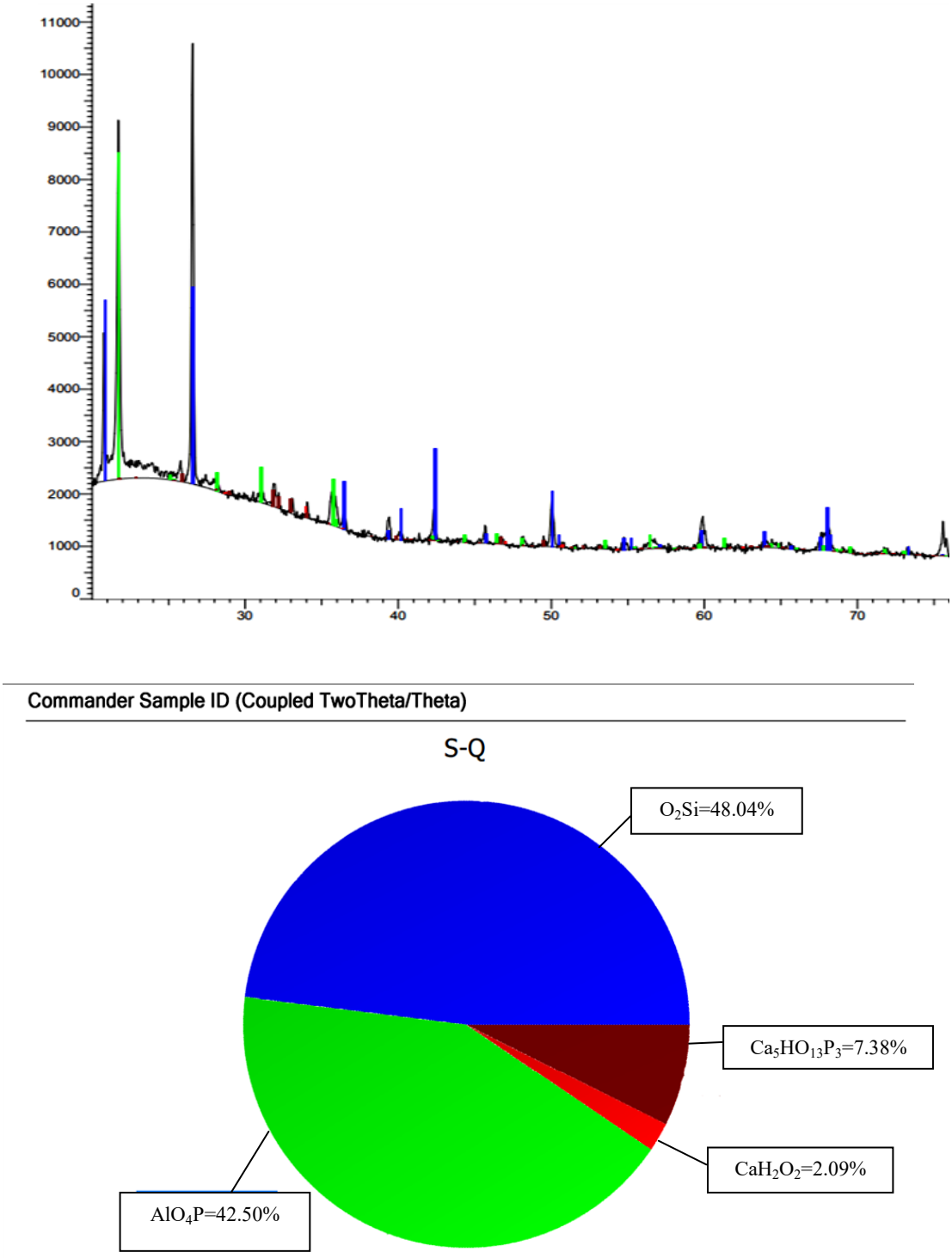


Рис. 2.Результаты исследования минералогического состава пеностеклокерамических микрогранул (иллюстрация авторов)
Fig 2. The results of the study of the mineralogical composition of foam glass ceramic microgranules (illustration by the author)

Физико-механические свойства исходных материалов и полученных композитных составов исследовались по стандартным методикам. Образцы подвергались испытанию на прочность. Для получения количественной характеристики, прочность образцов была измерена методом разрушения под прессом в соответствии с ГОСТ 58527-2019 «Материалы стеновые. Методы определения прочности при сжатии и изгибе».

Для определения физико-химических свойств синтезируемых композитов применялись стандартные методы исследования, описанные в ГОСТ Р 57921-2017 «Композиты полимерные».Образцы подвергались испытанию на морозостойкость

ускоренным методом с использованием 5%-го раствора хлорида натрия. Предварительно испытуемые образцы насыщались раствором, затем подвергались замораживанию на воздухе при температуре минус 18-20^{0}С на протяжении 2,5 часов и последующему размораживанию в растворе хлорида натрия на протяжении 3,5 часов при температуре плюс 20 ^{0} С. После требуемого количества циклов замораживания и оттаивания образцы подвергались испытанию на сжатие. Оставшиеся образцы испытывались на водостойкость: насыщались водой, после чего подвергались испытанию на сжатие. С помощью коэффициента размягчения была оценена водостойкость полученного материала по ГОСТ 9128-2009 «Водостойкость при длительном водонасыщении» и ГОСТ 13905-2005 «Метод контроля водостойкости внутренний поверхности» [16].

3.Результаты и обсуждения

В табл. 2 представлены композиционные составы для реставрации белокаменной кладки.

Таблица 2

Составы для реставрации белокаменной кладки

Марка состава	Компоненты, масс %						
	Полуобожженный доломит ($MgO*CaCO_3$)	Раствор бишофита	Каменная мука (SiO_2)	Стеклофибра	Пластификатор (поликарб-оксилат П-17)	K_2HP0_4 $(NH_4)_3PO_4$	Пеностеклокерамическиемикрогранулы
R_1	21,92	18,73	26,3	1,3	0,65	-	28,1
R_2	20,84	20,05	24,89	1,24	0,62	5,62	26,74
R_3	20,66	19,67	24,64	1,23	0,43	6,88	26,5
R_4	21,02	18,06	25,14	1,25	0,62	6,95	26,96
R_5	21,05	18,09	25,2	1,26	0,42	6,96	27,02

В табл. 3 и 4 представлены результаты исследования физико-механических свойств предлагаемых составов.

Таблица 3

Результаты исследования физических свойств состава

Марка состава	Наименование свойств				
	Коэффициент морозостойкости, $К_{мрз}$ 60 циклов	Плотность, кг/м^3	Твердость по Моосу	Усадка, % по массе	Коэффициент теплопроводности, Вт/м*град. С
R_1	0,82	1040	3-4	10	0,47
R_2	0,85	1001,5	4-5	12	0,40
R_3	0,80	983,7	3-4	2,3	0,45
R_4	0,82	980	3-4	2,2	0,51
R_5	0,80	1010	3-4	2,2	0,41

Таблица 4

Результаты исследования механических свойств состава

Марка состава	Наименование свойств					
	Пористость, %	Предел прочности образцов, МПа		Коэффициент размягчения, $К_р$	В/Т	Группа, соответствующая классу качества
		Изгиб	Сжатие			
R_1	0,52	8,3	41,4	0,825	0,23	I
R_2	0,50	6,5	34,5	0,812	0,3	I
R_3	0,54	5,36	24,9	0,78	0,31	II
R_4	0,50	4,54	33,2	0,83	0,28	I
R_5	0,60	4,2	25,6	0,80	0,28	II

Все синтезируемые составы по своим физико-механическим свойствам превосходят природный известняк и могут быть рекомендованы для реконструкции и реставрации памятников архитектуры.

Результаты исследования микроструктуры белого камня представлены на рис. 3 и 4. На рис. 5, 6 представлена микроструктура разработанного докомпоновочного состава (РЭМ). Из рисунков видно, что все составы имеют родственную текстуру, что свидетельствует о возможности докомпоновки и реставрации.

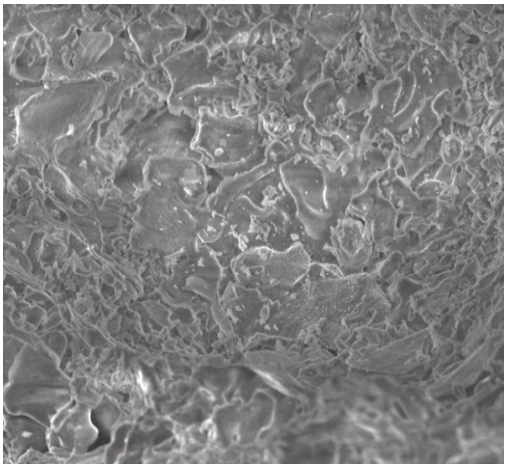


Рис. 3.РЭМ белого камня, разрешение 30 μm (иллюстрация авторов)
Fig 3.SEM of the source material(illustration by the author)

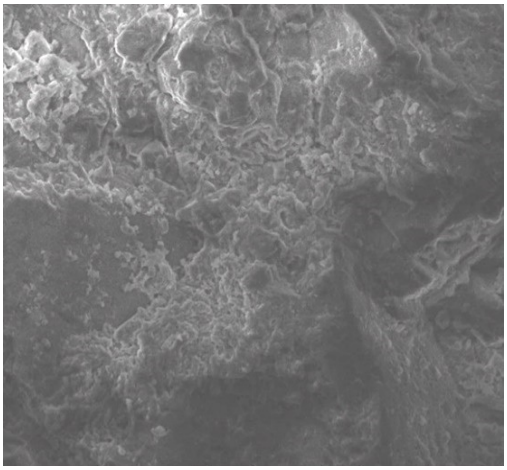


Рис. 4.РЭМ белого камня, разрешение 20 μm (иллюстрация авторов)
Fig 4.SEM of the source material (illustration by the author)

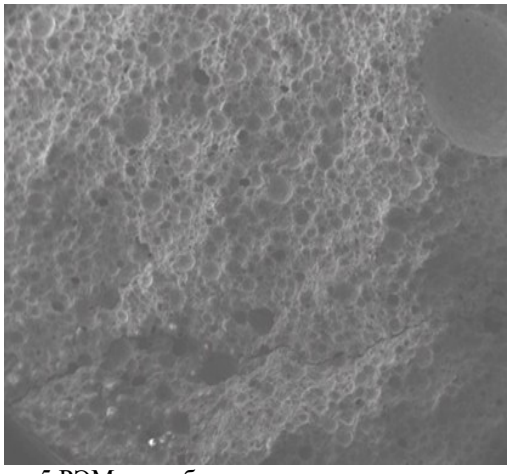


Рис. 5.РЭМ разработанного докомпоновочного составаR$_1$, разрешение 1 mm (иллюстрация авторов)
Fig 5.SEM of the developed precomposing composition (illustration by the author)

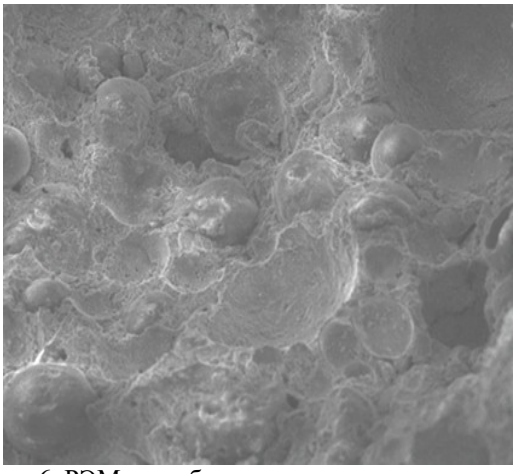


Рис. 6. РЭМ разработанного докомпоновочного составаR$_1$,разрешение 200 μm (иллюстрация авторов)
Fig 6.SEM of the developed precomposing composition (illustration by the author)

В табл. 5 представлена сравнительная характеристика физико-механических свойств исходного белого камня и предлагаемого реставрационного композита.

Таблица 5

Сравнительная характеристика физико-механических свойств исходного белого камня и предлагаемого реставрационного композита

Материалы	Наименование свойств				
	Предел прочности при сжатии, МПа	Твердость по Моосу	Коэфф. морозостойкости $К_{мрз}$ 60 циклов	Коэфф. размягчения, Кр	Плотность, кг/см^3
Известняк ($CaCO_3$)	15-18	1-2	0,6-0,75	0,7	1,9-2,1
Композиционные составы для реставрации	24,9-41,4	3-4	0,8-0,85	0,78-0,83	0,98-1,04

Анализ физико-механических свойств составов позволяет сделать вывод о том, что предлагаемый композит не уступает по своим физико-механическим свойствам реставрируемому материалу.

Работы по восстановлению лицевой кирпичной и белокаменной кладки можно проводить методом докомпоновки композиционными составами для реставрации и реконструкции (нанесение раствора на место дефекта с последующим приданием необходимой формы и фактуры поверхности) [16].

Технология восстановительных работ разработанными композиционными составами включает подготовку поверхности, приготовление докомпоновочного состава, его нанесение и уход за поверхностью.

Процесс подготовки поверхности включает следующие стадии:

1. Удаление продуктов разрушения;
2. Очистка поверхности образца жесткими щетками без выравнивания;
3. Обеспыливание области нанесения докомпоновочного состава;
4. Многократное промывание поверхности водой;
5. Увлажнение поверхности бишофитом путем распыления;

Для приготовления реставрационных составов, представленных в табл. 2, необходимо выполнить следующие операции:

1. Взвесить на технических весах все сухие компоненты смеси в нужных соотношениях и поместить в ёмкость для дальнейшего перемешивания;
2. Взвесить необходимое количество суперпластификатора П-17 и бишофита, тщательно перемешать смесь;
3. Вливать смесь бишофита с добавкой в сухую реставрационную смесь порционно в течение 10-15 минут, перемешивая до получения гомогенной смеси. Текстура смеси должна быть однородной, без комков. Возможно перемешивание вручную или в бетономешалке;
4. Готовый состав выгружают в промежуточную ёмкость, где он может храниться не более 2-х часов с момента приготовления, с учетом периодического перемешивания для сохранения однородности состава.

Нанесение докомпоновочного состава должно осуществляться в следующей технологической последовательности:

1. Докомпоновочный состав необходимо наносить мастерком или шпателем сразу на весь реставрируемый участок площадью 400-500 см^2;
2. Первый слой наносят толщиной не более 0,5 см и торцеванием влажной кистью вдавливают в подложку, чем обеспечивают его сцепление с подложкой, после чего высушивают не менее 30-40 мин;
3. Последующие слои наносят толщиной не более чем 0,5 см, с последующей сушкой в течение 30-60 мин;
4. После нанесения всего раствора, придать реставрируемой поверхности нужную форму и фактуру путем обработки поверхности различными инструментами (торцевание кистью и т.д.);
5. Защитить реставрируемую поверхность укрывным материалом.

После нанесения докомпоновочного состава следует увлажнять поверхностный реставрируемый слой путем обрызгивания водой через 30- 60 минут в течение времени схватывания раствора. Реставрируемую поверхность следует оберегать в течение суток от непосредственного попадания дождя и в течение двух суток от солнечного излучения.

Главным нюансом при реставрационных работах является сокращения времени между обнажением поверхности и нанесением докомпоновочного состава. Если реставрируемый объект достаточно масштабный, то смесь стоит готовить отдельными порциями, в среднем на 2 часа работы. Во избежание снижения пластичности и однородности смеси, её следует периодически перемешивать в течение всего времени проведения докомновочных работ на объекте.

4.Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Разработаны докомпоновочные составы для белого камня, не уступающие природным материалам по физико-механическим свойствам.
2. Результаты проведенных исследований показали, что при использовании отходов полуобожженного доломита повышается на 16,6% механическая прочность и плотность материала.

Список литературы / References

1. А.М.Яблинчук, К.А.Лапунова. Современные средства реставрации природного камня., 2019.с.4 [A.M.Yablinchuk, K.A.Lapunova. Modern means of restoration of natural stone. Article,2019.p.4]
2. И.Л. Чулкова. Возможность использования сухих смесей для реставрации и реконструкции объектов старины из известняка на основе закона сродства структур. Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии//2013. с.66-71. [I.L. Chulkova. The possibility of using dry mixes for the restoration and reconstruction of ancient limestone objects based on the law of affinity of structures. Vestnik Sibirskoi gosudarstvennoi avtomobilno-dorozhnoi akademii// 2013. p.66-71].
3. А.В. Улыбин, Контроль влажности при обследовании каменных конструкций, Инженерно-строительный журнал, №7, 2013. 32-39 с. [A.V. Ulybin, Moisture control

during the inspection of stone structures, Inzhenerno-stroitelny zhurnal, No. 7, 2013. 32-39 p.]
4. Шангина Н.Н. Особенности производства и применения сухих строительных смесей для памятников архитектуры. / Н.Н. Шангина // Сухие строительные смеси. – 2012. - №3 – с.35-38. [Shangina N.N. Features of production and application of dry building mixes for architectural monuments. / N.N. Shangina // Dry building mixes. - 2012. - No. 3 – p.35-38.]
5. Сухаревич В. И. Влияние фунгицидов различной химической природы на физиолого-биохимические свойства микромицетов / В. И. Сухаревич, И. Л. Кузикова, Н. Г. Медведева // Биотехнология. - № 5. - 2005. 17 – 21с. [Sukharevich V. I., Kuzikova I. L., Medvedeva N. G. Influence of fungicides of various chemical nature on the physiological and biochemical properties of micromycetes // Biotechnology. - No. 5. - 2005. 17 - 21c.]
6. Сухая строительная ремонтная смесь: пат. 2751180 Рос. Федерация № 20201332/13 ; заявл. 09.10.20 ; опубл. 12.07.21, Бюл. №20[Dry building repair mixture: Pat. 2751180 Ros. Federation No. 20201332/13; dec. 10/09/20; publ. 07/12/21, Bull. #20]
7. Е.А.Лунина. Реставрация и сохранение памятников архитектуры, 2021.7 с. Москва[E.A. Lunina. Restoration and preservation of architectural monuments. Article, 2021.7 p. Moscow]
8. Рахимова Н.Г. Свойства цементного камня с добавками глинита // Строительные материалы.-№5., 2015, 17с. [Rakhimova N.G. Properties of cement stone with glinite additives//Stroitelnye materialy.-No.5., 2015, 17c.]
9. Н.С.Кавер, В.П.Князева, О реставрации штукатурных растворов на памятниках архитектуры, 2020.3с. [N.S.Kaver, V.P.Knyazeva, On the restoration of plaster mortars on architectural monuments. Article, 2020.3s.]
10. О. В. Франк-Каменецкая, Н. Ф. Лепешкина, В. М. Маругин, Д. Ю. Власов, А. А. Книзель. Опыт применения квалиметрической экспертизы для оценки состояния карбонатных пород и закономерностей их разрушения в городсткой среде//Записки Горного института.2005,129-131 с.[O. V. Frank-Kamenetskaya, N. F. Lepeshkina, V. M. Marugin, D. Y. Vlasov, A. A. Knizel. The experience of applying qualimetric expertise to assess the state of carbonate rocks and the patterns of their destruction in the urban environment//Zapiski Gornogo instituta.2005,129-131 p]
11. Л.Ш. Сайфуллина, История и методика реставраций. Некоторые проблемы современных теории и практики реставраций, 2014. с. 8 Казань[L.Sh. Saifullina History and method so restorations. Some problems of modern theory and practice of restorations. Article, 2014.8 p. Kazan]
12. В.В.Ефимов, Е.С. Щуров, Основные проблемы обследования объектов культурного наследия,2022. 8 с. [V.V. Efimov, E.S. Shchurov, The main problems of surveying cultural heritage sites, 2022. 8 p.]
13. Н.А. Макаров, С.В. Шполянский. Археология Владимиро-Суздальской земли: Материалы научного семинара, Москва, ИА РАН, 2015, №5. 288 с. [N.A. Makarov, S.V. Shpolyansky. Archeology of the Vladimir-Suzdal land: Proceedings of the scientific seminar, Moscow, IA RAS, 2015, No. 5. 288 p.]
14. И.Н.Гарькин, Н.В. Агафонкина. Некоторые аспекты технологии проведения реставрации фасада на вновь выявленном объекте культурного наследия, 021. 10 с. [I.N. Garkin, N.V. Agafonkin. Some aspects of the technology for the restoration of the facade on the newly identified object of cultural heritage. Article, 2021. 10 p.]
15. П.Д.Соловьева, Н.А. Новинская. Актуальность архитектурного развития малых городов России, 2022.5 с. Астрахань[P.D. Solovieva, N.A. Novinskaya. The relevance of the architectural development of small towns in Russia. Article, 2022.5 p. Astrakhan]
16. Аль-Шамири Абдул Кадер. Строительство и реконструкция зданий и сооружений с учетом природно-климатических факторов. Инженерный вестник Дона//Статья, 2017. 66-71 с. [Al Shamiri Abdul Qader. Construction and reconstruction of buildings and structures, taking into account natural and climatic factors. Inzhenerny vestnik Dona// Article, 2017. 66-71 p.]

Информация об авторах

Закревская Любовь Владимировна, кандидат технических наук, доцент, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Российская Федерация
Email: lvzak@mail.ru

Репина Елизавета Анатольевна, лаборант**,** Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Российская Федерация
Email: elizavetarepina64@gmail.com

Information about the authors

Lyubov V. Zakrevskaya, candidate of Technical Sciences, Associate Professor Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletovs, Vladimir, Russian Federation
Email: lvzak@mail.ru

Elizaveta A. Repina, laboratory assistant**,** Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletovs, Vladimir, Russian Federation
Email: elizavetarepina64@gmail.com

УДК: 622.691.4: 620.197.5
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_81
EDN: KGQALA

Контроль параметров электрохимической защиты от коррозии систем газораспределения с применением технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия

Р.Р. Усманов[1], М.В. Чучкалов[1], Д.Н. Запевалов[2], Д.Е. Мансуров[2], Р.Р. Хабибулин[2]
[1] ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань, Российская Федерация
[2] ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Московская область, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* Организация работ по контролю эффективности систем противокоррозионной защиты сопряжена с определенными проблемами, связанными со сложностью осуществления электрического контакта измерительной аппаратуры с грунтом, высокой трудоемкостью проведения замеров в городских условиях, а также необходимостью последующей камеральной обработки данных и высокой вероятностью появления некорректных значений из-за влияния «человеческого фактора». В статье рассмотрены аспекты разработки системы контроля параметров защиты от коррозии сетей газоснабжения с использованием беспроводной передачи данных малого радиуса действия. Актуальность исследования обусловлена необходимостью формирования надежной и экономичной системы сбора и обработки информации о состоянии объектов защиты от коррозии систем газораспределения на основе современных цифровых технологий. Цель исследования: совершенствование технических и технологических решений для создания автоматизированной системы сбора и обработки информации о техническом состоянии сетей газораспределения ООО «Газпром трансгаз Казань», в части защиты от коррозии. Основные задачи исследования: определение первоочередных производственных объектов электрохимической защиты для внедрения технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия; анализ технических характеристик и видов объектов внедрения с целью определения условий будущей работы устройств беспроводной передачи данных малого радиуса действия и их компоновки; разработка требований к опытному образцу оборудования.
Результаты. Выполнены исследования возможности и условий применения технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия для систем электрохимической защиты сетей газораспределения, определены состав и основные функциональные параметры элементов.
Выводы. Сформированы требования к прототипу оборудования для контроля параметров электрохимической защиты систем газораспределения с применением технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия, определены первоочередные объекты внедрения. Полученные технические решения позволят построить корректные цифровые модели распределения защитных потенциалов по протяженности газопроводов в зависимости от параметров установок электрохимической защиты и решать, таким образом, задачи оптимизации работы оборудования без внедрения дорогостоящих систем телеметрии, сокращая тем самым эксплуатационные затраты.

Ключевые слова: газораспределение, электрохимическая защита, контроль, система сбора и обработки информации, оптимизация, беспроводная передача данных, энергетическая эффективность.

Для цитирования: Усманов Р.Р., Чучкалов М.В., Запевалов Д.Н., Мансуров Д.Е., Хабибулин Р.Р. Контроль параметров электрохимической защиты от коррозии систем газораспределения с применением технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия // Известия КГАСУ, 2022, №4(62), с.81-95,
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_81, EDN: KGQALA

Control of parameters of electrochemical protection of gas distribution systems against corrosion using wireless data transmission technology of short range

R.R. Usmanov[1], M.V. Chuchkalov[1], D.N. Zapevalov[2], D.E. Mansurov[2], R.R. Habibulin[2]
[1]«Gazprom Transgaz Kazan» LLC, Kazan, Russian Federation
[2]«Gazprom VNIIGAZ» LLC, Moscow Region, Russian Federation

Abstract: *Problem statement*. The organization of work to control the effectiveness of anti-corrosion protection systems involves certain problems related to complexity of making electrical contact between the measuring equipment and the ground, the high laboriousness of measurements in urban environments, also the need for subsequent office data processing and a high probability of incorrect values due to the influence of «human factor». The article considers aspects of the development of a system for monitoring corrosion protection parameters of gas supply networks using short-range wireless data transmission. The relevance of the study is due to the need to form a reliable and economical system for collecting and processing information about the state of protection objects from the protection of gas distribution systems based on modern digital technologies.
The purpose of the study: Development of technical and technological solutions for the creation of an automated system for collecting and processing information on the technical condition of the gas distribution networks of «Gazprom Transgaz Kazan» LLC in terms of corrosion protection. The main research objectives: determination of priority production facilities for electrochemical protection for the implementation of short-range wireless data transmission technology; analysis of technical characteristics and types of implementation objects in order to determine the conditions for future operation of short-range wireless data transmission devices and their layout; development of requirements for a prototype equipment.
Results. A study of the possibilities and conditions for the use of short-range wireless data transmission technology (NFC) for electrochemical protection systems of gas distribution networks of «Gazprom Transgaz Kazan» LLC has been carried out, the composition and main functional parameters of the elements have been determined.
Conclusions. The requirements for the prototype of equipment for monitoring the parameters of electrochemical protection of gas distribution systems of «Gazprom Transgaz Kazan» LLC with the use of wireless data transmission technology of short range have been formed, the priority objects of implementation have been identified.
The obtained technical solutions will make it possible to build correct digital models of the distribution of protective potentials along the length of gas pipelines, depending on the parameters of electrochemical protection installations, and thus solve the problems of optimizing the operation of equipment without the introduction of expensive telemetry systems, thereby reducing operating costs.

Key words: gas distribution, electrochemical protection, control, information collection and processing system, optimization, wireless data transmission, energy efficiency.

For citation: Usmanov R.R., Chuchkalov M.V., Zapevalov D.N., Mansurov D.E., Habibulin R.R. Control of parameters of electrochemical protection of gas distribution systems against corrosion using wireless data transmission technology of short range // News KSUAE, 2022, №4(62), p.81-95, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_81, EDN: KGQALA

1. Введение

В эксплуатации ООО «Газпром трансгаз Казань» (далее – Общество) находится 43747 км сетей газоснабжения, в том числе:

- высокого давления – 12043 км;
- среднего давления – 3676 км;
- низкого давления – 28028 км.

Протяженность подземных стальных газопроводов в их составе, требующих применения активной электрохимической защиты (далее – ЭХЗ), составляет 11987 км. Сети газоснабжения имеют сложно разветвленный характер, поэтому системы противокоррозионной защиты этих объектов характеризуются, как правило, значительным количеством энергопотребляющего оборудования, которое размещено на обширной территории обслуживания.

Для контроля уровня защищенности от коррозии подземных стальных газопроводов Общества при регулярных проверках эффективности систем ЭХЗ, в соответствии с нормативными требованиями[1], проводятся измерения защитного потенциала на 23 325 точках измерения [1].

Затраты на эксплуатацию систем ЭХЗ обусловлены потребленной электрической энергией и необходимостью проведения регулярного технического обслуживания и контроля рабочих параметров оборудования.

Кроме того, по опыту длительной эксплуатации объектов газораспределения Общества было установлено, что системы ЭХЗ городских газовых сетей, в ряде случаев, обладают некоторой избыточностью, имеют не оптимальную конфигурацию и не эффективные режимы работы. Это связано с изначально заложенным в проект системы ЭХЗ существенным запасом мощности на старение изоляции, кольцевой (дублирующей) структурой сетей газопроводов и тенденцией частичной замены стальных труб на полиэтиленовые.

Указанные факторы побуждают искать способы оптимизации систем ЭХЗ с целью получения экономии затрат на электроэнергию, техобслуживание и ремонт.

В данном случае реализация оптимизационных алгоритмов требует наличия корректной цифровой модели распределения защитных потенциалов по протяженности защищаемых коммуникаций, что невозможно при существующей системе «ручной» регистрации параметров работы оборудования [1-3].

Кроме того, исходные данные о параметрах ЭХЗ являются составной частью информации для предварительного качественного анализа опасностей, выявления опасных ситуаций, прогнозирования их последствий, и расчета значений промышленного и экологического рисков [4, 5], что определяет дополнительные требования к достоверности получаемой информации.

Известные в настоящее время методы оптимизации сложных систем ЭХЗ, как правило, подразумевают наличие дорогостоящего оборудования коррозионного мониторинга, позволяющего оперативно изменять выходные параметры установок, получать сведения об изменении потенциалов на объектах защиты и в автоматическом режиме, используя математическое моделирование процессов, корректировать настройки системы.

Вышеперечисленные факторы обуславливают актуальность формирования надежной и экономичной системы сбора и обработки информации о состоянии объектов защиты от коррозии систем газораспределения Общества на основе современных цифровых технологий, обеспечивающей простоту и оперативность получения данных, и минимизацию ошибок пользователей.

В этой связи наиболее перспективным представляется совершенствование существующего метода «ручной» регистрации параметров оборудования ЭХЗ.

В смежных областях промышленности известен ряд устройств для сбора данных о параметрах технологического оборудования с помощью технологии связи малого радиуса

[1]РД 153–39.4–091–01. «Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии».[Электронный ресурс]. Режим доступа:https://docs.cntd.ru/document/1200030108(дата обращения: 14.11.2022).

действия [6-10]. Также показана принципиальная возможность применения упомянутой технологии при создании автоматизированных систем управления объектами [11], в том числе – с высокоэффективной беспроводной передачей энергии и данных по одному каналу [12].Учитывая изложенную проблематику и современные технические возможности, в рамках проведенного исследования была поставлена цель по совершенствованию технических и технологических решений для создания автоматизированной системы сбора и обработки информации о состоянии сетей газораспределения Общества в части защиты от коррозии с учетом технико-экономического баланса. Основные задачи по разработке элементов инфраструктуры системы контроля параметров защиты от коррозии сетей газоснабжения с использованием беспроводной передачи данных малого радиуса действия:

– определение первоочередных производственных объектов ЭХЗ для внедрения указанной технологии;

– анализ технических характеристик и видов объектов внедрения с целью определения условий будущей работы устройств беспроводной передачи данных малого радиуса действия и их компоновки;

– разработка требований к опытному образцу оборудования.

2. Материалы и методы

Регулярные измерения параметров систем противокоррозионной защиты Общества, для которых целесообразно проведение цифровой трансформации информационных потоков, имеют ряд особенностей.

Системы ЭХЗ городских газовых сетей оснащены устройствами телеконтроля только на 0,8% от общего числа установок, поэтому основная часть работ по контролю параметров ЭХЗ проводится вручную, что достаточно трудоемко и сопряжено с определенными проблемами, существенно влияющими на достоверность получаемых данных (рис.1):

- ненадежность организации электрического контакта с грунтом при проведении электрометрических измерений (проблемные участки отмечены на рис. 1 окружностью красного цвета);
- высокая трудоемкость проведения электрометрических работ в городских условиях и необходимость последующей камеральной обработки данных;
- вероятность проведения недостаточно полных и достоверных замеров защитного потенциала из-за влияния «человеческого фактора»;
- вероятность ошибки при определении опасного влияния блуждающих токов из-за высокой дискретности «ручного» съема данных;
- необходимость инженерного оборудования точек измерения защитного потенциала в условиях городской застройки (защита от вандализма и повреждений, обеспечение защиты от погодных воздействий, обеспечение требований маркировки и дизайна).

Рис.1. Проведение плановых измерений на объектах сетей газораспределения ООО «Газпром трансгаз Казань» (иллюстрация авторов)
Fig.1. Taking planned measurements at gas distribution network facilities of «Gazprom transgaz Kazan» LLC (illustration by the authors)

Помимо проведения рутинных процедур по регулярной регистрации параметров оборудования, перед службами Общества ставится также задача оптимизации систем ЭХЗ с целью получения экономии эксплуатационных затрат.

Так, исследованиями специалистов Общества установлено, что значительная часть установок катодной защиты (УКЗ) работает не эффективно (с невысокой загрузкой по мощности и, соответственно, низким КПД) [1]. Кроме того, на некоторых группах объектов, оборудование защиты от коррозии с низкой энергетической эффективностью расположено неравномерно, и можно выделить отдельные зоны с его повышенной концентрацией (рис.2).

Оптимальным выходом из ситуации для упомянутых зон является отключение в резерв некоторой части неэффективных установок и увеличение загрузки (а значит и повышение КПД) другой части остающегося в работе оборудования.

Значительное количество обслуживаемых установок катодной защиты затрудняет проведение полноценного комплексного анализа их состояния силами служб эксплуатации. Для решения этой проблемы специалистами Общества разработан комплекс методических и инженерных решений[2] [2, 4,]. В соответствии с ними, на местности с помощью геоинформационных технологий фиксируют зоны с повышенной плотностью скопления установок катодной защиты, обладающих низкими значениями выходного тока. Часть из них выводят в резерв, компенсируя отключение повышением мощности оставшегося в работе оборудования из этой же зоны. Указанная методика реализована в алгоритмах программного обеспечения геоинформационной системы. Всего, на первом этапе внедрения разработанной технологии, отключено в резерв 567 установок катодной защиты, что составляет 12,1 % от общего числа установок, находящихся в эксплуатации Общества. При этом одним из важнейших вопросов практической реализации задачи оптимизации является получение достоверной информации о параметрах системы защиты от коррозии объектов.

[2]СТО Газпром трансгаз Казань 217-02.1.5-3–2021. Порядок вывода в резерв установок катодной защиты ООО «Газпром трансгаз Казань».[Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.

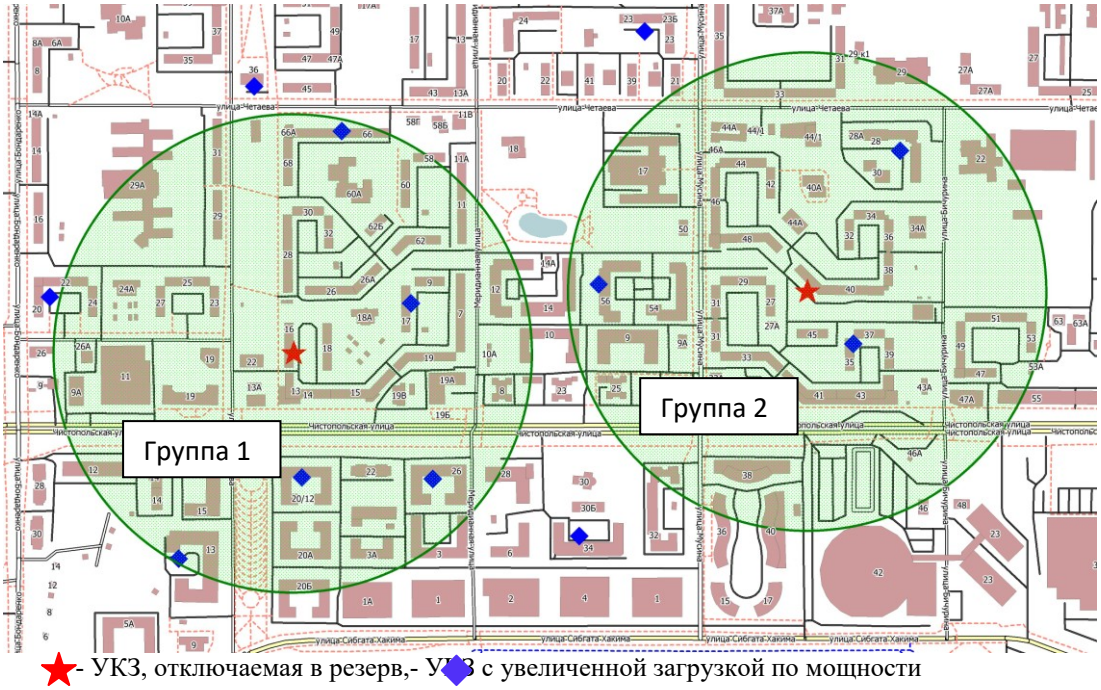


Рис. 2. Пример локализации зон низкой энергоэффективности [2]
Fig. 2. An example of localization of zones of low energy efficiency [2]

Таким образом, с учетом всех вышеперечисленных факторов, существует насущная необходимость цифровой трансформации существующих процедур получения информации о состоянии производственных объектов защиты от коррозии Общества.

В целях определения возможности подключения к имеющемуся оборудованию внешних цифровых устройств передачи информации, в процессе работы были проанализированы основные виды средств ЭХЗ, подлежащие оснащению средствами контроля параметров. Здесь можно выделить 2 основных типа оборудования: станции электрохимической защиты (катодной и дренажной) и устройства для измерения защитных потенциалов на подземных газопроводах.

Станции катодной защиты (СКЗ) и дренажной защиты (СДЗ) выполнены, как правило, в стальном корпусе, расположенном на постаменте, и подключение к ним каких-либо дополнительных устройств не является технической проблемой. В этом случае регистрируемыми параметрами являются ток и напряжение данной электроустановки, коммутация с внешним устройством может быть осуществлена к выходным клеммам дополнительной проводкой, а само устройство – смонтировано снаружи СКЗ или СДЗ.

Контрольно-измерительные пункты (КИП) представлены в Обществе в наземном и подземном исполнении. Подземные КИП (коверы) выполнены, как правило, из не радиопрозрачных материалов (сталь, чугун). Внутри КИП имеется клеммная площадка, куда выводятся контакты кабеля от подземного оборудования (газопровод, электрод сравнения, датчик скорости коррозии), регистрируемыми параметрами являются значения суммарного и поляризационного потенциала газопровода относительно земли, а также сопротивление датчика скорости коррозии. Подключение дополнительных цифровых устройств в подземном КИП сопряжено с определенными проблемами, обусловленными необходимостью дополнительной защиты электронной схемы от почвенной влаги и обеспечении проходимости радиосигнала. Подключение дополнительных устройств к наземным КИП сложности не представляет.

Специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ», с учетом условий эксплуатации и параметров объектов систем газораспределения Общества, на основе предварительно проведенного патентного поиска и оценки, предлагаемых российскими компаниями-производителями технических решений, было предложено рассмотреть применение технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия NFC.

NFC (Near Field Communication) – беспроводная технология обмена данными на частоте 13,56 МГц, является развитием стандартов бесконтактных карт ISO/IEC 14443[3] и ISO/IEC 15693[4] , и обеспечивает с ними обратную совместимость. NFC-устройства, совместимые с ISO/IEC 14443, позволяют осуществлять обмен данными на расстоянии до 10 см со скоростью 106…848 кбит/с. NFC-устройства, совместимые с ISO/IEC 15693, позволяют осуществлять обмен данными на дистанции до 1 м со скоростью до 53 кбит/с. Оба упомянутых международных стандарта представлены и применяются в Россиив формате ГОСТ Р[5].

Потенциальным достоинством для систем защиты от коррозии и коррозионного мониторинга сетей газораспределения в условиях плотной городской застройки (в том числе скрытного и вандало-защищенного исполнения) является помехозащищенность, быстрое и простое проведение подключения и передачи информации. Для сбора и регистрации данных не требуются специальные средства измерений, целесообразно использование смартфонов с функцией NFC. При интеграции цепей измерения и передачи информации в первичные устройства (установки электрохимической защиты, пункты контроля защитного потенциала) операция опроса данных будет сопоставима с проведением бесконтактного прохода через турникет по смарт-карте. Результаты измерений при этом не будут зависеть от опыта и квалификации оператора.

Применительно к задачам контроля параметров сложных технических систем рассмотрен ряд публикаций, использующих технологию NFC для контроля технических устройств объектов нефтегазового комплекса. На примере пяти из рассмотренных технических решений [6-10] можно отметить, что возможности технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия предлагается использовать для быстрого установления базовых паспортных данных (идентификации) оборудования и последующей активизации других каналов передачи данных (Bluetooth, Wi-Fi).

Вместе с тем, возможности NFC значительно шире, и данная технология позволяет реализовать задачи сбора и передачи оператору информации о техническом состоянии объекта контроля на носимое устройство (смартфон с технологией NFC)[11], а дальнейшая передача информации может быть реализована за счет штатных функций смартфона. Для реализации автономных датчиков, не имеющих внешнего энергоснабжения, вполне достаточно NFC-канала с небольшим радиусом действия. При этом датчик получает все преимущества беспроводного интерфейса, в том числе отсутствие контактных соединений и мобильность. Кроме того, в этом случае можно полностью герметизировать датчики. Дополнительным плюсом NFC становится простота разработки и низкая стоимость реализации таких устройств.

Технология потенциально позволяет реализовать передачу информации и одновременную бесконтактную (беспроводную) передачу энергии первичным устройствам (реализация функций бесконтактной зарядки и энергообеспечения первичных устройств при проведении измерений с мощностями от единиц до десятков Вт) [12]. Потенциально может быть реализована передача энергии и одновременная трансляция данных со скоростью 106 кбит/с на расстоянии между инициатором и целью до 3 см, и до 848 кбит/с – на расстоянии до 4 мм.

---

[3] ISO/IEC 14443 Identification cards. Contactless integrated circuit cards. Proximitycards. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200108020 (дата обращения: 14.11.2022).

[4] ISO/IEC 15693 Identification cards. Contactless integrated circuit cards. Vicinitycards. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/551287124 (дата обращения: 14.11.2022).

[5] ГОСТ Р ИСО/МЭК 18092-2015. Информационные технологии (ИТ). Телекоммуникации и обмен информацией между системами. Коммуникация в ближнем поле. Интерфейс и протокол (NFCIP-1). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200123920 (дата обращения: 14.11.2022).

Максимальный КПД такой системы (η) с точки зрения передачи энергии может быть определен по формуле[12]:

$$\eta = \frac{k^2Q^2}{1+\sqrt{1+k^2Q^2}} \approx 1 - \frac{2}{kQ} \quad (1)$$

где Q – совокупный коэффициент добротности системы двух отдельных взаимодействующих катушек NFC-пары на стороне передатчика и приемника;
k – коэффициент связи катушек (в диапазоне от 0,33 до 0,52 в зависимости от конструкции катушек).

Приведенная формула может быть применена в расчетах при подборе реальных параметров взаимодействующих NFC устройств (размеры и конструкция антенны[13], материал и толщина стенки корпуса NFC-датчика, предельная скорость передачи данных и т.п.). Упомянутые расчеты могут потребоваться для модификации конструкции изготовленного прототипа и разработки технических условий на изготовление серийного образца изделия.

Приведенный компанией Würth Elektronik [12] расчет резонансных контуров и результаты тестирования комбинированной системы беспроводной передачи данных и энергии подтверждают значения КПД передачи энергии от 87%до 94 %.

Примером рационального использования технологии NFC является беспроводной NFC-датчик параметров окружающей средыSTEVAL-SMARTAG1 [14]. Устройство позволяет автономно контролировать ряд внешних условий с помощью интегрированных в состав комплекта первичных датчиков (барометр, термометр, датчик влажности, анемометр). Благодаря наличию в устройстве функции Energy Harvesting, питание датчика может осуществляться не только от батарейки (типа CR2032), но и от энергии электромагнитного поля, создаваемого смартфоном.

Другими функциональными достоинствами рассмотренного решения [14], которое может быть применено и для первичных устройств системы ЭХЗ объектов газораспределения, являются:

- значительный радиус действия, который упрощает считывание данных. Связь со смартфоном возможна на расстоянии до 7 см, а при использовании устройств с дополнительной антенной – до 1 м;
- высокоскоростной интерфейс с частотой до 1 Мбит/с, что позволяет уменьшить длительность фазы активности и тем самым снизить энергопотребление;
- функция быстрого обмена данными (Fast Transfer mode) между контроллером и внешним NFC-устройством;
- функция сбора энергии Energy Harvesting, которая позволяет аккумулировать энергию внешнего электромагнитного поля, создаваемого смартфоном, и использовать ее как для собственного питания, так и для питания других микросхем (до 3 В, 5 мА);
- возможность реализации полностью герметичных «вечных» датчиков благодаря функции Energy Harvesting.

Кроме того, компанией-разработчиком предложены практические способы дополнительной экономии энергии:

- снижение потребления за счет уменьшения рабочей частоты микроконтроллера;
- перевод микроконтроллера между измерениями в режим пониженного энергопотребления. Для пробуждения из спящих режимов может использоваться встроенный модуль часов реального времени или пробуждение по прерыванию от любого из портов ввода-вывода;
- ограничение частоты измерений первичных датчиков.

Для рассмотренного выше устройства, по данным компании-производителя, среднее энергопотребление в активной фазе составляет около 420 мкА при длительности фазы порядка 360 мс; среднее энергопотребление в режиме ожидания – менее 2,8 мкА; пиковые значения тока – до 30…35 мА, импульсы имеют длительность менее 0,1 мс. С учетом указанных параметров измерения, питание устройства может осуществляться не только от батарейки CR2032, но и от энергии электромагнитного поля, создаваемого смартфоном.

3. Результаты и обсуждение

Исходя из проведенного анализа задач и условий функционирования систем защиты от коррозии сетей газораспределения [1], дополнительных ограничений при их оптимизации[6], определены требования к опытному образцу оборудования для контроля параметров системы защиты от коррозии с использованием беспроводной передачи данных малого радиуса действия (NFC).

Разрабатываемое устройство должно обеспечивать реализацию следующих основных функций:

– наличие надежного постоянного контакта измерительных цепей первичного устройства с выходными клеммами установок ЭХЗ или подземной инфраструктурой сети газоснабжения (газопровод, электрод сравнения, датчик скорости коррозии);

– беспроводная передача данных о параметрах оборудования ЭХЗ или защищаемых от коррозии коммуникацийс первичного устройства на смартфон;

– работа первичного устройства, преимущественно, без дополнительного источника питания.

Для обеспечения функционирования датчиков NFC на линейной части газопровода разработано техническое решение о замене существующих стальных и чугунных коверов на пластиковые или полимер-песчаные с доработкой крышки под установку NFC устройства.

В целях унификации подхода к монтажу разрабатываемых устройств беспроводной передачи данных от СКЗ или СДЗ, учитывая значительный парк существующих станций различных производителей и годов выпуска, разработан внешний корпус для крепления изделия на наружной стенке установки«малоинвазивным» методом.

Одной из российских компаний-разработчиков электронного оборудования, по запросу ООО «Газпром ВНИИГАЗ», была технически подтверждена и продемонстрирована возможность реализации электронной части устройства для контроля защитного потенциала подземных сооружений с применением технологии NFC, на основе которой может быть реализована система беспроводного сбора данных о параметрах защиты от коррозии объектов газораспределения. Функциональные возможности единичного комплекта оборудования в части измерения параметров защиты от коррозии должны обеспечивать контроль следующих величин:

- потенциал сооружения (±100 В) с дискретностью измерения 0,01 В;
- скорость коррозии (контроль сопротивления образцов-свидетелей);
- ток устройства или сооружения (измерение падения напряжения на шунте 75 мВ).

Конструктивное решение должно соответствовать условиям плотной городской застройки:

- скрытное или вандало-защищенное исполнение для стационарных точек контроля без проведения реконструкции объектов;
- совместимость с первичными устройствами контроля для измерения параметров оборудования систем защиты от коррозии.

Единичный комплект оборудования для контроля параметров защиты от коррозии должен состоять из двух основных устройств:

- терминальное оборудование близкого действия PCD (активное устройство – инициатор и считыватель данных);
- объект близкого действия PICC (пассивное целевое NFCустройство, напрямую подключенное к датчикам контроля параметров и обладающее возможностью использования дополнительного источника питания).

Техническое решение терминального оборудования близкого действия PCD для контроля параметров систем защиты от коррозии газораспределительных сетей с использованием беспроводной передачи данных малого радиуса действия должно соответствовать всем обязательным требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 14443-2-2014.

[6]СТО Газпром трансгаз Казань 217-02.1.5-3–2021. Порядок вывода в резерв установок катодной защиты ООО «Газпром трансгаз Казань».

Дальнейшую передачу полученной информации по каналам связи для последующей обработки целесообразно реализовать с промежуточным сохранением в памяти используемого в качестве терминала смартфона (рис. 3).

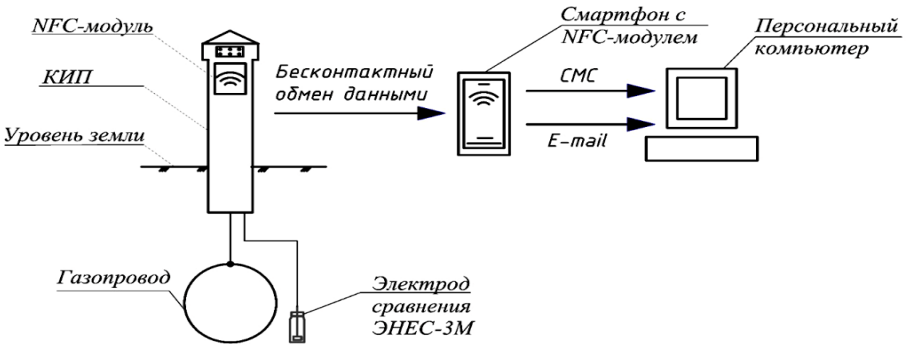


Рис. 3. Схема беспроводного контроля параметров защиты от коррозии на контрольно-измерительном пункте с использованием технологии NFC (иллюстрация авторов)
Fig. 3. Scheme of non-contact control of corrosion protection parameters at the checkpoint using NFC technology (illustration by the authors)

Как указано выше, в составе систем защиты от коррозии объектов газораспределения Общества выделены три основных вида оборудования, параметры которого подлежат контролю: СКЗ, СДЗ и КИП. Имеются некоторые различия в коммутации датчиков (к выходным клеммам электроустановки или клеммной площадке КИП) и типах измеряемых параметров в зависимости от вида оборудования ЭХЗ. Однако, для обеспечения взаимозаменяемости и универсальности технических решений, каждое пассивное целевое NFC устройство должно обеспечивать возможность реализации всех измерительных функций, с ограничением незадействованных опций при установке на конкретные объекты.

При расчетах параметров цепей измерения защитного потенциала газопровода и оценке потребляемой датчиками электроэнергии следует учесть, что подключение к «земле» осуществляется не непосредственно, а через стационарный медно-сульфатный электрод сравнения длительного действия. Поскольку, в зависимости от производителя, возможны некоторые различия в характеристиках этих устройств, принятыми к учету параметрами типового электрода сравнения являются следующие характеристики (табл.).

Таблица

Параметры электрода сравнения длительного действия

№ п/п	Наименование характеристики	Значение характеристики
1	Собственный потенциал электрода в водопроводной воде по отношению к образцовому хлорсеребрянному электроду, мВ	100±20
2	Собственный потенциал электродав 3% водном растворе NaCl по отношению к образцовому хлорсеребрянному электроду, мВ	120±15
3	Переходное электрическое сопротивление, не более, Ом	1500
4	Длина проводников, м	5
5	Сечение проводников, не менее, мм^2	4

Для выбранных производственных объектов ЭХЗ, где планируется внедрение беспроводной измерительной технологии, работа первичных NFC датчиков, преимущественно, должна осуществляться без применения дополнительного источника питания. В настоящее время ведется разработка прототипа устройства с последующим испытанием его в различных условиях (будут варьироваться материал и толщина стенки корпуса над антенной, определяться необходимость подключения внешних измерительных преобразователей тока и напряжения и т.п.). По результатам испытаний будет принято решение о необходимости в подключении дополнительного источника внешнего или автономного питания, а также определены возможные механизмы бесконтактной зарядки.

На основе имеющегося массива данных о рабочих параметрах оборудования ЭХЗ и уровне защиты от коррозии газопроводов 4, а также по результатам проведенного в 2021-2022 гг. анализа технического состояния объектов электрохимической защиты Общества [1] определены приоритетные (первоочередные) объекты применения системы сбора и обработки информации с использованием технологии NFC в течение 2023-2024 гг.

Текущими актуальными вопросами являются изготовление и проверка партии опытных образцов оборудования на реальных объектах, а также разработка программного обеспечения для организации передачи и хранения данных о контролируемых параметрах систем ЭХЗ.

Рассматриваются варианты создания собственного программного обеспечения для терминала смартфона.

Установленное на смартфон программное обеспечение при беспроводном взаимодействии с контролируемым оборудованием должно автоматически [15, 16] получать паспортную информацию об объекте и отображать соответствующую экранную форму.

Возможные варианты экранных форм представления информации при проведении контрольных операций на мобильном устройстве, в зависимости от типа контролируемого оборудования, представлены на рис. 4.

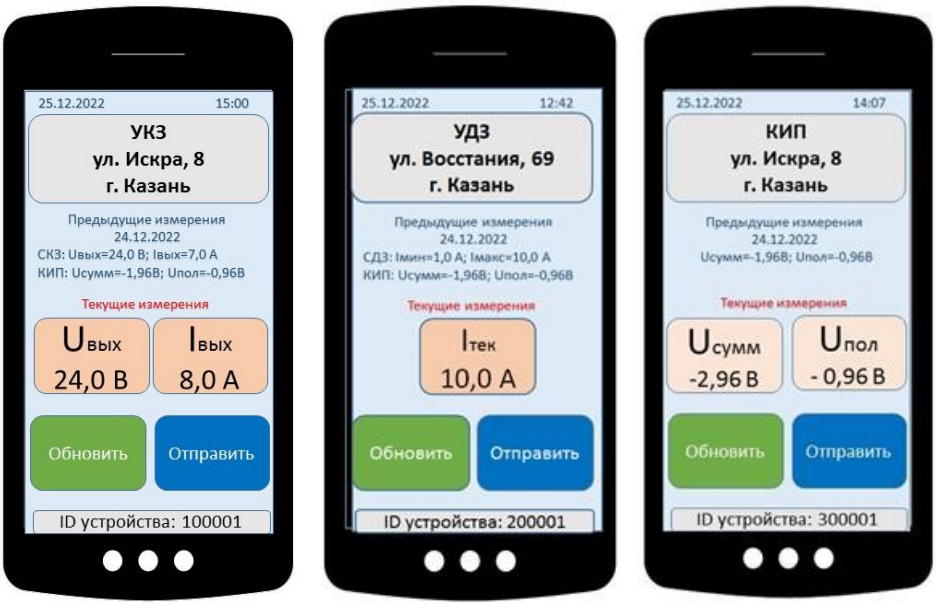


Рис.4. Варианты экранных форм представления данных (иллюстрация авторов)
Fig. 4. Options for screen forms of data presentation (illustration by the authors)

Выбор режима отображения осуществляется автоматически (СКЗ, СДЗ, КИП) при установлении связи мобильного устройства и объекта контроля.

Для оператора, производящего измерения параметров установки, предусматривается режим обновления данных (повтор измерений) в случае возникновения сомнений в корректности полученных значений.

При выборе функции «Отправить» формируется SMS-сообщение (либо e-mail) с информацией по измеренным параметрам оборудования и осуществляется отправка его на модем, подключенный к стационарному компьютеру службы противокоррозионной защиты. Предусмотрены варианты отправки сообщений в автоматическом и ручном режимах (на случай отсутствия покрытия мобильной связи в районе проведения измерений).

Выбор формата передачи информации от смартфона (SMS либо e-mail) в настоящее время не утвержден – ведется работа по согласованию требований информационной безопасности и определению необходимости криптографической защиты передаваемых данных.

На компьютере SMS (либо e-mail) расшифровывается и информация заносится в специальную форму электронной таблицы (например, в формате Microsoft Excel).

При разработке программного обеспечения минимальная скорость обмена информацией предварительно принята от 106 кбит/с. Ожидаемый размер сообщения с передаваемыми параметрами оборудования ЭХЗ составляет порядка 210 бит, поэтому указанная величина скорости обмена более чем достаточна.

Расстояние между считывающим оборудованием (смартфоном) и антенной первичного NFC устройства, для надежной передачи данных и проведения измерений, (с учетом конструктивных особенностей первичных устройств и их планируемого расположения в радиопрозрачном полимерном корпусе) принято до 5 мм.

Низкий уровень энергопотребления, в большинстве случаев, позволит реализовать функции измерения и передачи данных в смартфон без использования внутреннего элемента питания NFC датчика, и обеспечить его герметичное исполнение.

4. Заключение

В рамках создания автоматизированной системы сбора и обработки информации для контроля технического состояния противокоррозионной защиты сетей газораспределения Общества получены следующие основные результаты:

1. Проведен анализ ключевых параметров эксплуатации оборудования производственных объектов ЭХЗ, подлежащих автоматизированному сбору данных.
2. На основании имеющейся в Обществе методологии анализа энергоэффективности и оптимизации систем ЭХЗ определены первоочередные объекты для внедрения цифровой технологии беспроводной передачи данных малого радиуса действия.
3. Определены условия работы и варианты компоновки устройств беспроводной передачи данных на действующем оборудовании ЭХЗ в зависимости от внешних воздействий, возникающих в процессе эксплуатации.
4. Сформированы функциональные требования к прототипу оборудования:

– по составу и предельным величинам параметров контроля для различных типов оборудования ЭХЗ;

– по скорости и объему беспроводной передачи полученных данных измерений на смартфон оператора;

– в части энергообеспечения устройства без внутренних источников энергии – за счет энергии смартфона в процессе измерения и обмена данными;

– защита от внешних климатических /погодных/техногенных воздействий.

Для организации передачи и хранения данных продолжаются работы по созданию программного обеспечения для терминала смартфона и стационарного компьютера.

На первом этапе (1-2 квартал 2023 г.) предусмотрены изготовление и испытания до 5 комплектов устройств с вариативностью элементов конструктивного исполнения и выбор универсального типового технического решения.

В течение 2024 г. предусмотрено серийное производство и монтаж разработанных устройств на реальных производственных объектах Общества.

Список литературы / References

1. Усманов Р. Р., Чучкалов М. В., Мансуров Д. Е., Аскаров Р. М. Оптимизация систем электрохимической защиты за счет уменьшения количества работающего оборудования // Газовая промышленность. 2022. № 2. С. 74-84. EDN: TCHKS. [Usmanov R. R., Chuchkalov M. V., Mansurov D. E., Askarov R. M. Optimization of electrochemical protection systems by reducing the number of operating equipment // Gas industry. 2022. No. 2. P. 74-84. EDN: TCHKS].
2. Способ катодной защиты разветвленных подземных трубопроводов: пат. 2765677 Рос. Федерация. № 2021114656/05; заявл. 24.05.2021; опубл. 01.02.2022, Бюл. № 4, 4 с. [Method of cathodic protection of branched underground pipelines: patent 2765677 of the Rus. Federation. No. 2021114656/05; decl. 24.05.2021; publ. 01.02.2022. Bull. in No. 4. 4 p.].
3. Барышева О.Б., Осипова Л.Э. Применение IT-технологий в газовой отрасли // Современное строительство и архитектура. 2022. № 1. С. 60-65. DOI: 10.18454/mca.2022.25.10. EDN: AWHKAR. [Barysheva O.B., Osipova L.E. Application of IT-technologies in the gas industry // Modern construction and architecture. 2022.No 1. P. 60-65. DOI: 10.18454/mca.2022.25.10. EDN: AWHKAR.].
4. Мешалкин В. П., Бутусов О. Б., Кантюков Р. Р., Панарин В. М. Система поддержки принятия решений по управлению рисками опасных ситуаций в сложных системах газоснабжения // Программные продукты и системы. 2020. № 2. С. 250-256. EDN: XOVQJX. [Meshalkin V. P., Butusov O. B., Kantyukov R. R., Panarin V. M. Decision support system for risk management of hazardous situations in complex gas supply systems // Software products and systems. 2020. No. 2. P. 250-256. EDN: XOVQJX].
5. Автоматизированное рабочее место инженера службы подземных газопроводов (АРМ СПГ). Кантюков Р. Р., Тахавиев М. С., Зиганшин А. М., Каргина С. И., Кириллин В. А., Софронов В. В. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2015661773, 09.11.2015. Заявка № 2015617365 от 10.08.2015. [Automated workplace of an engineer of underground gas pipelines service (AWS LNG). Kantyukov R. R., TakhavievM. S., Ziganshin A. M., Kargina S. I., Kirillin V. A., Sofronov V. V. Certificate of registration of the computer program RU 2015661773, 09.11.2015. Application No. 2015617365 dated 10.08.2015].
6. Устройство и система контроля параметров состояния оборудования: пат. 2608790 Рос. Федерация. № 2015138683/09; заявл. 11.09.2015; опубл. 24.01.2017, Бюл. № 3, 3 с. [Organisation and system for monitoring equipment condition: patent 2608790 of the Rus. Federation. No.2015138683/09; decl. 11.09.2015; publ. 24.01.2017. Bull. in No. 3. 3 p.].
7. Устройство для динамометрирования: пат. 183189 Рос. Федерация. № 2017113059/04; заявл. 14.04.2017; опубл. 13.09.2018, Бюл. № 26, 6 с. [Dynamometer device: patent 183189 of the Rus. Federation. No. 2017113059/04; decl. 14.04.2017; publ. 13.09.2018. Bull. inNo. 26. 6 p.].
8. Электрический прибор, система, содержащая такой электрический прибор, и способ, осуществляемый в такой системе: пат. 2702222 Рос. Федерация. № 2017131725/02; заявл. 12.02.2019; опубл. 07.10.2019, Бюл. № 28, 6 с. [Electrical device, a system containing such an electrical device, and a method carried out in such a system: patent 2702222 of the Rus. Federation. No. 2017131725/02; decl. 12.03.2019; publ. 07.10.2019. Bull. in No. 28. 6 p.].
9. Модуль данных компонента, содержащий встроенный интерфейс связи ближнего действия: пат. 2621934 Рос. Федерация. № 2014132039/01; заявл. 22.01.2013; опубл. 08.06.2017, Бюл. № 16, 4 с. [Component data module containing built-in short range communication interface: patent 2621934 of the Rus. Federation. No. 2014132039/01; decl. 22.01.2013; publ. 08.06.2017. Bull. in No. 16. 4 p.].
10. Датчик уровня: пат. 193245 Рос. Федерация. № 2019106194/03; заявл. 04.03.2019; опубл. 21.10.2019, Бюл. № 30, 6 с. [Level sensor: patent 193245 of the Rus. Federation. No. 2019106194/03; decl. 04.03.2019; publ. 21.10.2019. Bull. in No. 30. 6 p.].
11. Ахметов И.А. Системы управления автоматизированными объектами нефтегазодобывающей промышленности с помощью технологии связи малого радиуса действия // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных

ископаемых. 2014. № 1. С. 539-542. EDN: SVSGVZ. [Akhmetov I. A. Control systems for automated objects of the oil and gas industry using short-range communication technology // Problems of development of deposits of hydrocarbon and ore minerals. 2014. No.1. P. 539-542. EDN: SVSGVZ].

12. Унтеррайтмайер А. Решение компании WürthElektronik для высокоэффективной беспроводной передачи энергии и данных по одному каналу //Компоненты и технологии. 2019. № 3. [Unterreitmeyer A. WürthElektronik's solution for highly efficient wireless transmission of energy and data over a single channel. Componentsand Technologies. 2019. No. 3].
13. Антенна NFC для применения в носимых устройствах: пат. 2708183 Рос. Федерация. № 2018131318/01; заявл. 23.01.2017; опубл. 04.12.2019, Бюл. № 34, 3 с. [NFC antenna for wearable applications: patent 2708183 of the Rus. Federation. No. 2018131318/01; decl. 23.01.2017; publ. 04.12.2019. Bull. in No. 34, 3 p.].
14. User manual. How to use the ST NFC Sensor TAG evaluation board. STMicroelectronics, 2018.
15. Беспроводной шлюз связи процесса с поддержкой NFC: пат. 2704253 Рос. Федерация. № 2018138198/03; заявл. 21.03.2017; опубл. 25.10.2019, Бюл. № 30, 3 с. [NFC-enabled wireless process communication gateway: patent 2704253 of the Rus. Federation. No. 2018138198/03; decl. 21.03.2017; publ. 25.10.2019. Bull. inNo. 30, 3 p.].
16. Рабинович А. С., Казарин О. В. Методика аутентификации пользователя в информационной системе с использованием технологии NFC // Вопросы кибербезопасности. 2013. № 2. С. 59-62. [Rabinovich A. S., Kazarin O. V. Method of user authentication in an information system using NFC technology // Issues of cybersecurity. 2013. No. 2. P. 59-62].

Информация об авторах

Усманов Рустем Ринатович, генеральный директор, ООО «Газпром трансгаз Казань», кандидат технических наук, г. Казань, Российская Федерация
Email:rr-usmanov@tattg.gazprom.ru

Чучкалов Михаил Владимирович, главный инженер — первый заместитель генерального директора, ООО «Газпром трансгаз Казань», доктор технических наук, г. Казань, Российская Федерация
Email: mv-chuchkalov@tattg.gazprom.ru

Запевалов Дмитрий Николаевич, начальник Корпоративного научно-технического центра коррозионного мониторинга и защиты от коррозии, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», кандидат технических наук, Московская область, Российская Федерация
Email: d_zapevalov@vniigaz.gazprom.ru

Мансуров Дмитрий Евгеньевич, ведущий научный сотрудник Корпоративного научно-технического центра коррозионного мониторинга и защиты от коррозии, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», кандидат технических наук, г. Иннополис, Российская Федерация
Email: dmansurov@mail.ru

Хабибулин Рустам Рашидович, заместитель начальника Корпоративного научно-технического центра коррозионного мониторинга и защиты от коррозии, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Московская область, Российская Федерация
Email: R_Khabibulin@vniigaz.gazprom.ru

Information about the authors

Rustem R. Usmanov, General Director, «Gazprom Transgaz Kazan» LLC, Candidate of Technical Sciences, Kazan, Russian Federation
Email: rr-usmanov@tattg.gazprom.ru

Mikhail V. Chuchkalov, Chief Engineer — First Deputy General Director, «Gazprom Transgaz Kazan» LLC, Doctor of Technical Sciences, Kazan, Russian Federation
Email: mv-chuchkalov@tattg.gazprom.ru

Dmitry N. Zapevalov, Head of the Corporate Scientific and Technical Center for Corrosion Monitoring and Corrosion Protection, «Gazprom VNIIGAZ» LLC, Candidate of Technical Sciences, Moscow Region, Russian Federation

Email: d_zapevalov@vniigaz.gazprom.ru
Dmitry E. Mansurov, Leading Researcher at the Corporate Scientific and Technical Center for Corrosion Monitoring and Corrosion Protection, «Gazprom VNIIGAZ» LLC, Candidate of Technical Sciences, Innopolis, Russian Federation
Email: dmansurov@mail.ru
Rustam R. Khabibulin, Deputy Head of the Corporate Scientific and Technical Center for Corrosion Monitoring and Corrosion Protection, «Gazprom VNIIGAZ» LLC, Moscow Region, Russian Federation
Email: R_Khabibulin@vniigaz.gazprom.ru

УДК: 697.133, 692.22
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_96
EDN: JSPCJU

К вопросу определения теплопотерь через стену в грунте

Д.В. Крайнов[1], И.А. Масленников[1],
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи*. Главным отличием теплопередачи через ограждающие конструкции в грунте от теплопередачи через другие ограждающие конструкции является влияние толщи окружающего грунта, размеры которого несоизмеримо больше других элементов подземных конструкций. Вопрос теплопотерь через элементы ограждающих конструкций, расположенных выше уровня земли, широко рассмотрен в литературе, однако теплопотери подземной части здания остаются не в полной мере изученными. Цель работы заключается в исследовании нестационарного режима теплопередачи стены в грунте и определении факторов, в значительной степени влияющих на теплопотери подземной части здания.
Задачами исследования являются: определение теплопотерь стены в грунте разной высоты в зависимости от времени года и теплофизических характеристик грунта, а также влияние стыка стены в грунте и пола по грунту на теплопотери.
Актуальность. В данный момент ведутся работы по пересмотру методик инженерного расчета сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций в грунте, для выполнения которых необходимы значения удельных потерь теплоты для различных узлов подземной части здания.
Результаты. В статье представлены результаты исследования тепловых потоков через стену в грунте в зависимости от координаты конструкции и времени года, дана оценка влияния температуропроводности грунта на полученные зависимости, показано наличие влияния стыка стены в грунте с полом по грунту на теплопотери.
Выводы. Значимость полученных результатов состоит в том, что их использование для нахождения удельных потерь теплоты теплотехнических неоднородностей подземной части здания позволит повысить точность и облегчить проектирование ограждающих конструкций в грунте.
Ключевые слова: тепловой поток, теплопотери, температура, стена в грунте.

Для цитирования: Крайнов Д.В., Масленников И.А. К вопросу определения теплопотерь через стену в грунте // Известия КГАСУ 2022 №4(62), с.96-107, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_96, EDN: JSPCJU

The issue of determining heat loss through a wall in the ground

D.V. Kraynov[1], I.A. Maslennikov[1],
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation

Abstract. *Statement of the problem.* The main difference between heat transfer through enclosing structures in the ground and heat transfer through other enclosing structures is the influence of the thickness of the surrounding soil, the dimensions of which are disproportionately larger than other elements of underground structures. The issue of heat loss through the elements of enclosing structures, located above ground level, is widely considered in the literature, however, the heat loss of the underground part of the building remains not fully understood. The purpose of the work is to study the non-stationary mode of heat transfer of the wall in the ground and to determine the factors that largely affect the heat loss of the underground part of the building.
The objectives of the study are: to determine the heat loss of the wall in the soil of different heights depending on the season and the thermophysical characteristics of the soil, as well as the effect of the junction of the wall and the floor in the soil.
Relevance. At the moment, work is underway to revise the methods of engineering calculation of resistance to heat transfer of enclosing structures in the ground, for which the values of specific heat losses for various nodes of the underground part of the building are required.
Results. The paper presents the results of a study of heat fluxes through a wall in the ground, depending on the coordinate of the structure and the season, the assessment of the influence of the thermal diffusivity of the soil on the obtained dependences, the presence of the influence of the junction of the wall in the ground with the floor in the ground on heat loss is shown.
Conclusions. The significance of the obtained results lies in the fact that their use for finding the specific heat loss of heat engineering inhomogeneities of the underground part of the building will improve the accuracy and facilitate the design of enclosing structures in the ground.

Keywords: heat flux, heat loss, temperature, wall in the ground.

For citation: Kraynov D.V., Maslennikov I.A. The issue of determining heat loss through a wall in the ground // News KSUAE 2022 №4(62), P. 96-107,
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_96, EDN: JSPCJU

1. Введение

Стремление улучшить эксплуатационные и теплотехнические характеристики конструктивных элементов здания связано с изменением требований к методам расчета и оценки их теплозащитных свойств. Определение теплопотерь стены в грунте имеет особенности [1-3]. Хотя температуру грунта на значительной глубине можно считать постоянной, верхняя часть массива грунта подвержена сезонным колебаниям температуры. Эти изменения имеют большую амплитуду, ассоциированы с местом строительства. Существующий инженерный метод расчета теплопотерь подвальной части здания не учитывает эти факторы и не обладает должной точностью для конструкций с глубиной подвальной части более 3 м [4, 5].

Обзор литературы показал, что на теплопотери в заглубленных конструкциях влияет множество факторов. Так, например, в работе [6] рассмотрено влияние грунта и водопроницаемого слоя на теплопотери здания при высокой плотности застройки. В работе [7] рассмотрено влияние влагосодержания на температуру грунта и тепловые потоки в холодный период года, возникающие от подземных инженерных коммуникаций. Натурные исследования [8] показали, что теплотехнические характеристики грунта непостоянны по глубине, грунты залегают слоями, а их влажность не постоянна в течении года. Это позволяет говорить о необходимости учета теплофизических

характеристик грунта при расчете теплопотерь заглубленных конструкций. Подходы к выбору климатических данных рассматривались в работах [9-11]. На основе средней за многолетний период климатической информации может быть разработан «типовой год» и специализирован под конкретную задачу. В рамках данной работы подходы к выбору климатических данных не рассматривались, но планируются к изучению в дальнейшем.

В работах [12, 13] рассмотрен опыт исследования температурной волны в стеновых конструкциях. Колебания теплового потока на глубине вследствие колебания температуры наружного воздуха можно описать гармоническим законом Демежко, математическая модель которого рассматривалась в работе [14].

Подходы к решению нестационарных задач и современные методы утепления подземной части изучались в работе [15]. Отечественными учеными сформулированы конкретные требования к точности получаемых данных в результате исследования тепловых потоков [16-18]. Для задачи расчета приведенного сопротивления теплопередачи разумно стремится к точности 1%. Так, в работе [16] представлена оценка влияния узлов компьютерной модели на итоговую точность расчета.

Существующая инженерная методика расчета максимальных теплопотерь через ограждения в грунте для определения нагрузки на систему отопления использует температуру наружного воздуха для наиболее холодной пятидневки. Однако для определения затрат энергии на отопление здания за отопительный период, а также при расчете теплотехнических характеристик здания, таких как, приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов теплозащитной оболочки, применяется температура наружного воздуха средняя за отопительный период. Кроме того, при рассмотрении ограждений, заглубленных и контактирующих с грунтом, нужно учитывать тепловую инерционность массива грунта и годовое колебание температуры наружного воздуха, что должно привести к непостоянным теплопотерям в течение года через данные конструкции. Таким образом, мы приходим к необходимости решения нестационарной задачи, результаты решения которой могут стать основой для определения удельных потерь теплоты через теплотехнические неоднородности ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом, что подтверждает актуальность рассматриваемого вопроса.

Цель данной работы заключается в исследовании нестационарного режима теплопередачи стены в грунте и определении факторов, в значительной степени влияющих на теплопотери подземной части здания. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- получение величин тепловых потоков через стену в грунте на различной глубине при изменении температуры наружного воздуха в течение года;
- определение влияния теплотехнических характеристик грунта на тепловые потоки через стену в грунте;
- определение влияния неоднородности в виде сопряжения стены в грунте с полом по грунту на тепловой поток через стену в грунте.

2. Материалы и методы

Поставленные задачи решаются с использованием численных методов решения двумерного нестационарного уравнения теплопроводности.

В качестве расчетной модели выбран подземный фрагмент здания, окруженный массивом грунта (рис. 1). Конкретные материалы слоев стены и пола не были включены в расчетную модель для исключения искажений, вносимых строительными конструкциями. Для определения влияния пола на теплопотери через стену высота стены в грунте ($h_з$) принималась равной 6, 10 и 15 м. Высота массива грунта ниже уровня пола во всех рассмотренных задачах принята равной $h_г$ = 20 м.

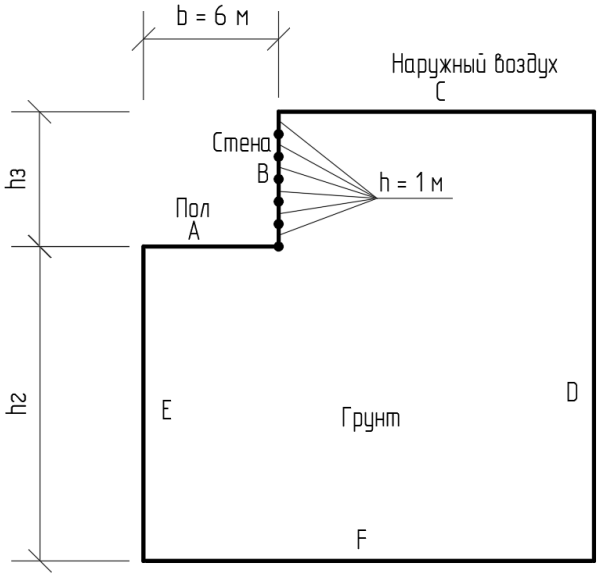


Рис. 1. Расчетная модель (иллюстрация авторов).
Fig.1. Design model (illustration by the authors)

В данной постановке задачи массив грунта рассматривается в виде единого материала с постоянными по глубине теплотехническими характеристиками: теплопроводность, плотность и теплоемкость. Для определения степени влияния выбранных свойств грунта на теплопотери через стену величины характеристик модельного грунта выбирались из диапазона свойств наиболее распространенных грунтов (табл. 1). Результирующим показателем был выбран коэффициент температуропроводности грунта.

Таблица 1

Теплотехнические характеристики грунтов использованные в расчетах.

	Теплопроводность Вт/м·°С	Плотность кг/м³	Теплоемкость Дж/(кг·°С)	Температуро-проводность м²/с
Грунт 1	1	1840	840	$0,647 \cdot 10^{-6}$
Грунт 2	1,6	1840	840	$1,035 \cdot 10^{-6}$
Грунт 3	2	1840	840	$1,294 \cdot 10^{-6}$
Грунт 4	1	1000	350	$2,857 \cdot 10^{-6}$
Грунт 5	1,6	1000	350	$4,571 \cdot 10^{-6}$
Грунт 6	2	1000	350	$5,714 \cdot 10^{-6}$

В качестве климатических данных использовались среднемесячные температуры наружного воздуха для г. Дмитрова (Московская область). Распределение температуры в течение года показано на рис. 2.

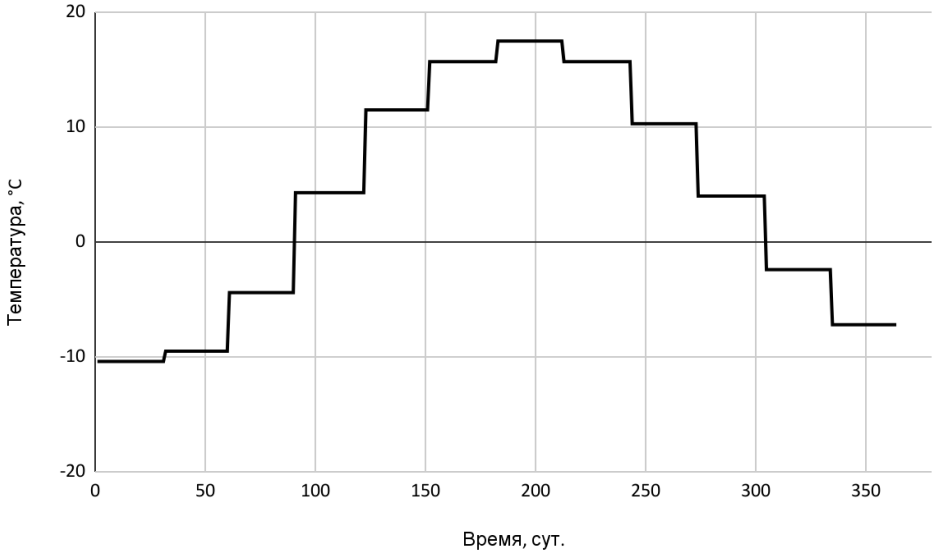


Рис. 2. Температура наружного воздуха (иллюстрация авторов)
Fig.2. Outdoor air temperature (illustration by the authors)

Температура на нижней границе расчетной модели (граница F на рис. 1) принята постоянной и равной средней за год. Такое допущение принято по причине того, что после нескольких лет эксплуатации в толще грунта вдали от здания наиболее вероятно установление именно этой температуры. Температура воздуха в помещении подземной части здания принята постоянной в течение года и равной +12 °С. На границах D, E (рис. 1) приняты адиабатные условия (q=0 Вт/м2).

Для исключения влияния выбранных начальных условий нестационарный процесс теплопередачи моделировался для периода 8 лет, в результате которого в контрольных точках устанавливались постоянные (для данного временного интервала) величины температуры и теплового потока. Значения теплового потока получены для последнего дня каждого месяца для исключения влияния скачкообразного изменения граничных условий. Шаг по времени выбран одни сутки.

Известно, что искажения температурного поля в большей степени будут наблюдаться у наружной границы расчетной модели [15]. Поэтому для минимизации ошибки определения теплового потока шаг расчетной сетки вблизи стыка стены и пола по грунту, а также в месте контакта грунта с наружным воздухом (граница С на рис. 1) значительно уменьшен по сравнению с остальной расчетной областью. Вертикальная стена в грунте разбивалась на расчетные зоны шириной 1 м, начиная с верхней границы (рис. 1). Для каждого такого участка определялся нормальный тепловой поток.

3. Результаты

На рис. 3 представлены значения тепловых потоков для участков высотой 1 м на различной глубине в течение года.

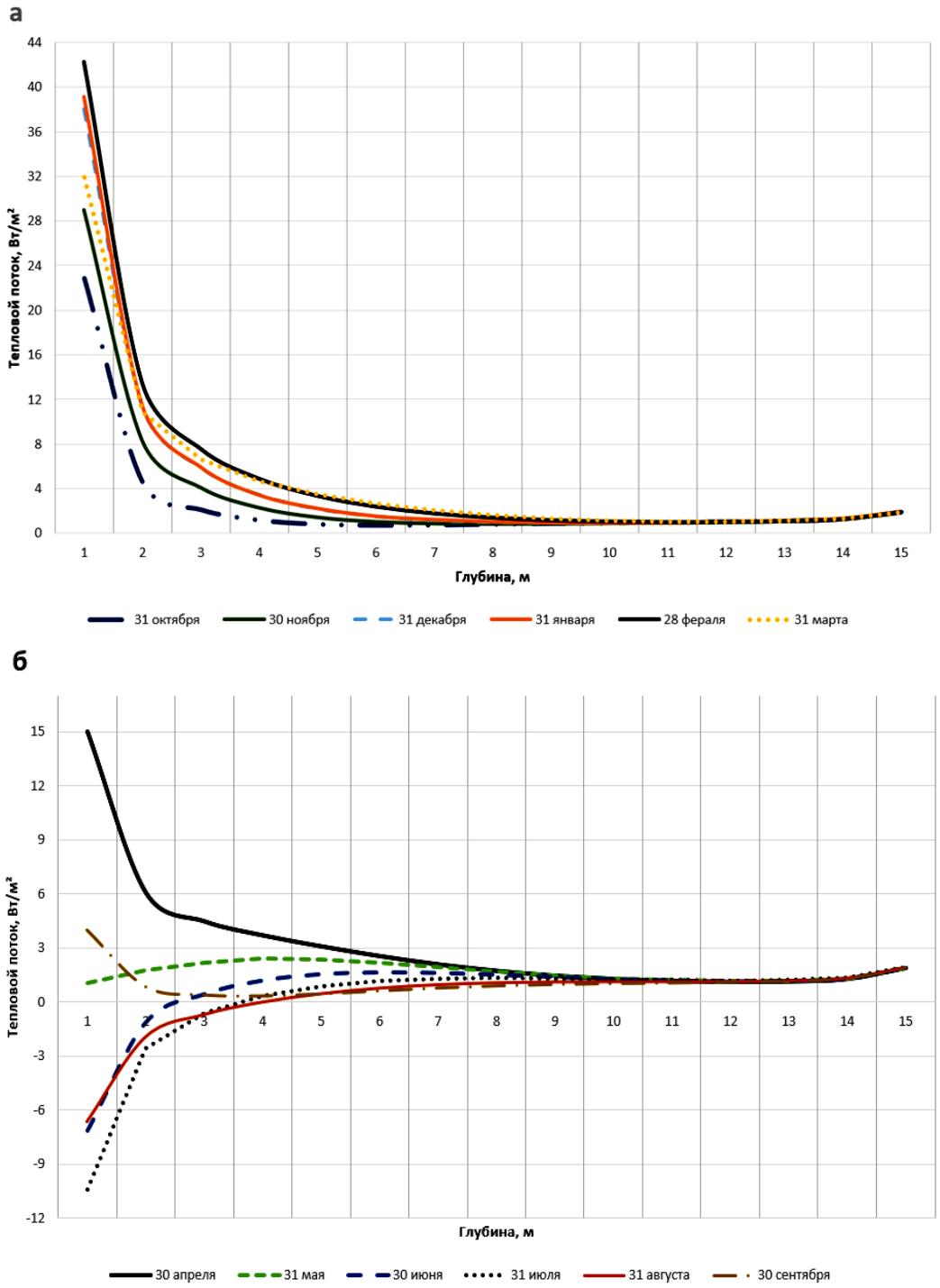
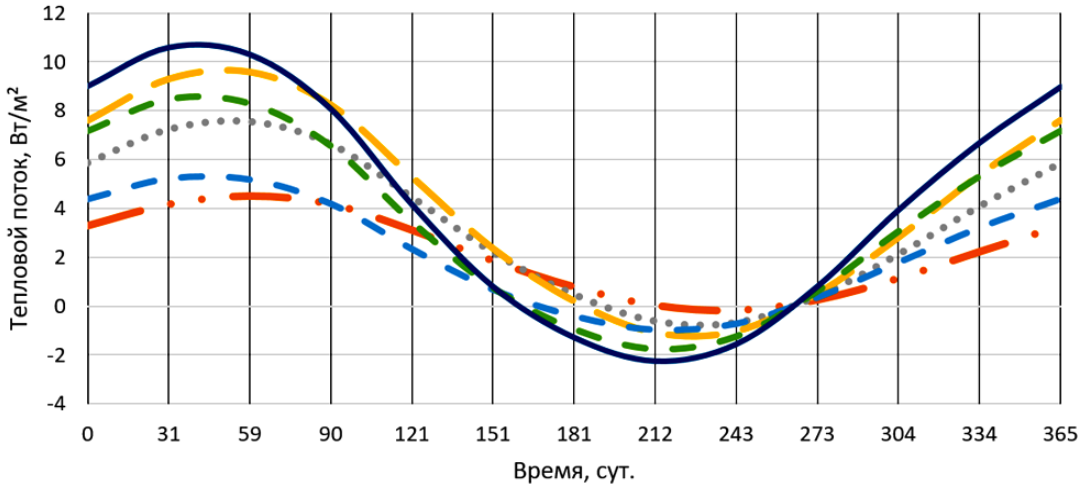


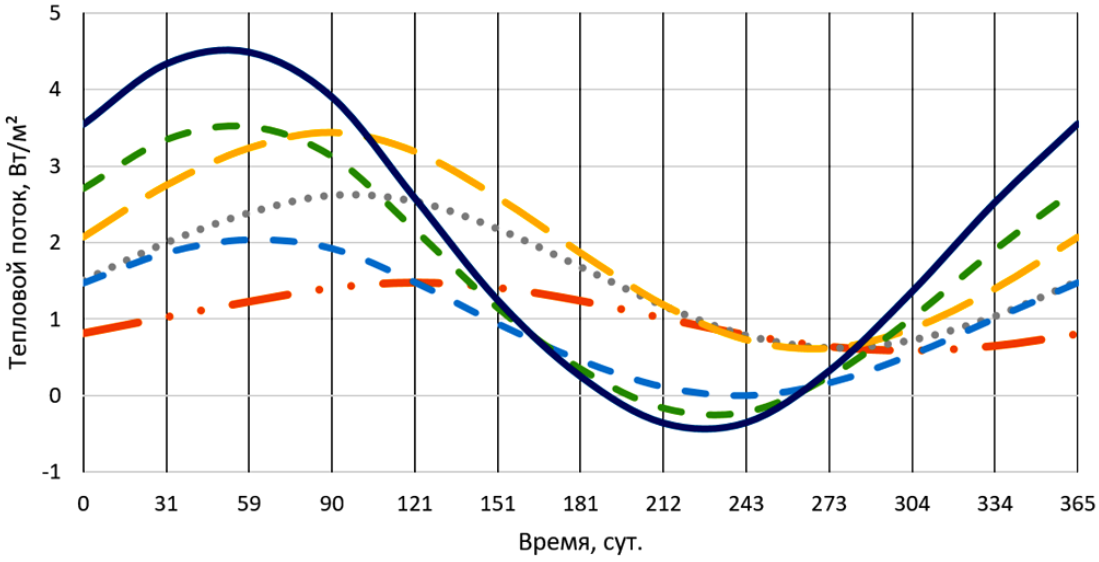
Рис. 3. Тепловые потоки на различной глубине через стену высотой 15 м в грунте 2 для периодов: а) октябрь - март, б) апрель – сентябрь (иллюстрация авторов).
Fic. 3. Heat fluxes at different depths through a wall in the ground with a height 15 m for the periods: a) october - march, b) april – september (illustration by the authors)

Из рис. 3 видно, что на участке глубиной до 2 м происходит изменение как теплопотерь, так и теплопритоков через стену в грунте. На глубине от 2 до 4 м происходит дальнейшее уменьшение тепловых потоков. Ниже 4 м через стену в грунте наблюдаются исключительно теплопотери, значения которых становятся близки для любого месяца года. Май является месяцем с примерно постоянными в течение года теплопотерями, не зависящими от глубины.

а


12
10
8
6
4
2
0
-2
-4
Тепловой поток, Вт/м²
0
31
59
90
121
151
181
212
243
273
304
334
365
Время, сут.

б


5
4
3
2
1
0
-1
Тепловой поток, Вт/м²
0
31
59
90
121
151
181
212
243
273
304
334
365
Время, сут.

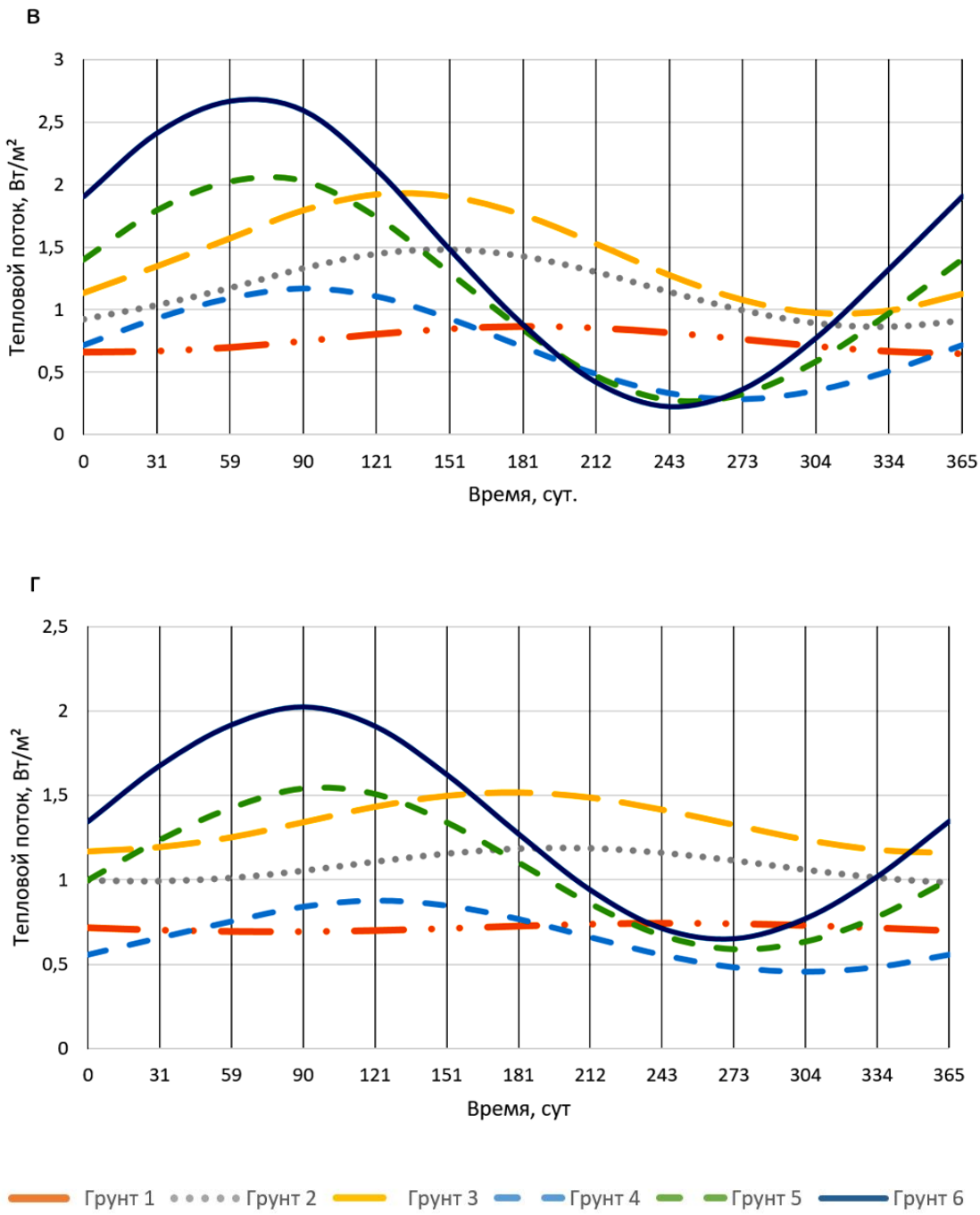


Рис. 4. Тепловые потоки через стену, расположенную в различных грунтах, на глубинах:
а) 3 м, б) 6 м, в) 9 м, г) 12 м
(иллюстрация авторов).
Fic. 4. Heat fluxes through a wall located in various soils at depths:
a) 3 m, b) 6 m, c) 9 m, d) 12 m
(illustration by the authors)

Из рис. 4 видно, что в зависимости от характеристик грунта появляется смещение фазы колебания тепловых потоков, проходящих через стену в грунте. С увеличением глубины залегания стены амплитуда теплового потока становится меньше, происходит затухание колебаний.

На рис. 5 представлены тепловые потоки на различной глубине для стены в грунте высотой 6, 10 и 15 м. На глубине от 1 до 3 м наблюдается участок одинаковых теплопотерь, что позволяет использовать сопротивление теплопередаче для данного

участка. Влияние пола на теплопотери через стену в грунте характеризуется увеличенными теплопотерями на расстоянии до 1 м от неоднородности. Также подобное влияние заметно и на рис. 3.

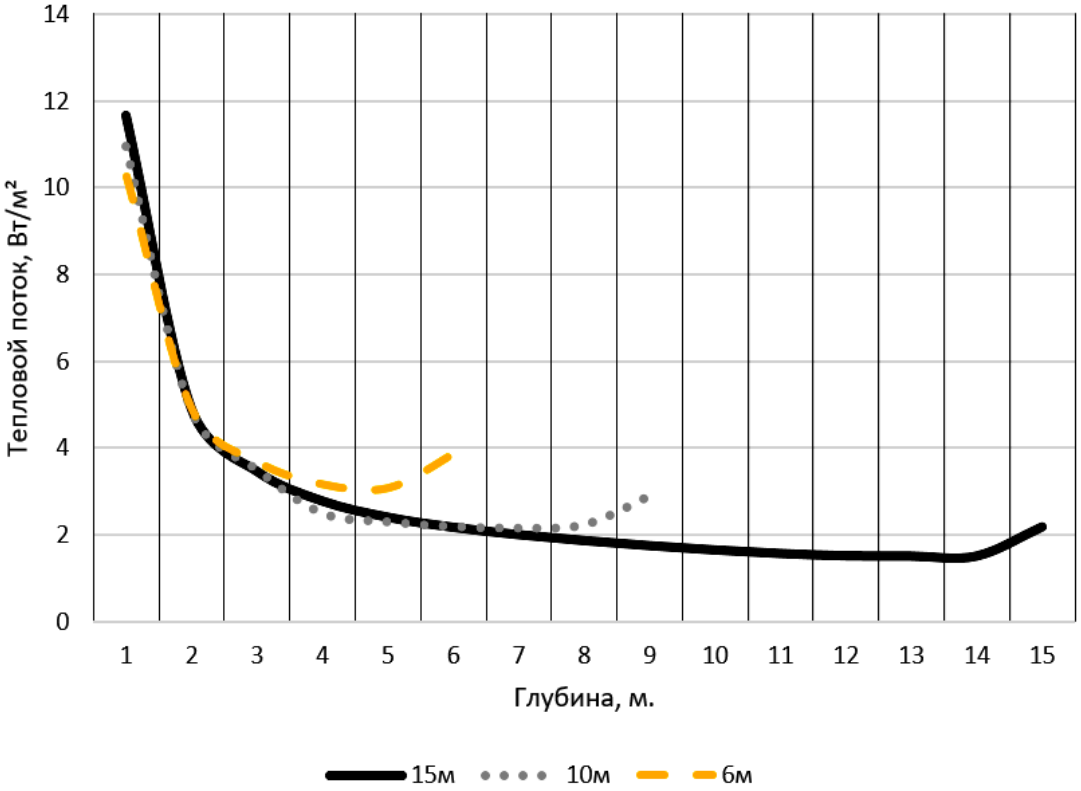


Рис. 5. Тепловые потоки 30 апреля через стену в грунте высотой 3, 6 и 15 м (иллюстрация авторов).
Fig.5. Heat fluxes on April 30 through a wall in the ground with a height 6, 10 and 15 m. (illustration by the authors)

4. Обсуждение

Колебания температуры наружного воздуха близки к гармоническим [18]. Вместе с колебанием наружного воздуха изменяется тепловой поток стены в грунте (рис. 3). Причем амплитуда колебаний теплового потока, проходящего через стену, уменьшается с увеличением глубины. Вместе с тем наблюдается смещение фазы колебаний теплового потока.

На рис. 4 показаны значения тепловых потоков в течение года на глубине 3, 6, 9 и 12 м для стены глубиной 15 м. Минимальный тепловой поток на глубине 3 м наблюдается в июне - 212 день, в то время как на глубине 9 м минимальные значения были достигнуты лишь на 334 день для грунтов 4, 5 и 6, а для грунтов 1, 2 и 3 на 365 день. Отметим, что на глубине более 5 м теплопотери наблюдаются на протяжении всего года.

Для определения влияния теплотехнических свойств на величину тепловых потоков были рассмотрены шесть различных грунтов. На рис. 5 видно, что вследствие различия характеристик грунта затухание тепловой волны имеет различный характер, и на тепловой поток на глубине в большей степени влияет фаза колебания, чем теплотехнические характеристики. Теплотехнические характеристики грунта в рассмотренных пределах температуропроводности влияют на характер затухания колебаний теплового потока, а также их амплитуду. С увеличением глубины грунта разница амплитуд колебаний теплового потока начинает возрастать, и на глубине 13 м амплитуда колебаний теплового потока в грунте 1 оказалась в 40 раз больше, чем в грунте 6. На одной и той же глубине экстремумы теплового потока для разных грунтов наблюдаются в разный период, т.е. происходит смещение фазы колебания. У поверхности грунт оказывает значительное влияние на величину теплопотерь, с увеличением глубины разница в абсолютных величинах становится не столь

существенной и на глубине 14 м находится в диапазоне 0,3-0,7 Вт/м². Влияние свойств грунта на итоговую величину теплопотерь следует рассмотреть подробнее.

При сравнении потоков при различной глубине подземной части наблюдается заметное влияние узла сопряжения пола и стены в грунте (рис. 5). Это влияние начинает быть существенным на высоте 1 м от поверхности пола, а его значимость возрастает с увеличением глубины. Отметим, что для правильного учета теплопотерь стены необходимо отделить тепловой поток, вызванный влиянием стыка с полом.

Полученные данные тепловых потоков могут быть использованы при определении удельных потерь теплоты таких теплотехнических неоднородностей, как: вертикальные наружный и внутренний углы (стыки стен в грунте), сопряжение стены в грунте с полом по грунту. Выполненные исследования и результаты анализа теплопотерь через стену в грунте помогут улучшить качество теплотехнических расчетов и облегчить проектирование ограждающих конструкций в грунте.

5. Заключение

В результате проведенных исследований получены величины тепловых потоков на различной глубине для нестационарного режима теплопередачи через стену в грунте высотой 6, 10 и 15 м. Наблюдается область резких колебаний тепловых потоков глубиной 4 м от поверхности грунта, ниже которой в течение всего года происходят теплопотери. Полученные данные планируется использовать для нахождения удельных потерь теплоты узлов подземной части здания.

Проведено сравнение влияния грунтов с коэффициентом температуропроводности в диапазоне от 0,65·10-6 до 5,7·10-6 м2/с на теплопотери через стену в грунте, а также характер затухания колебаний теплопотерь. Определено, что разница в амплитуде таких колебаний для рассмотренных грунтов становится существенной с ростом глубины залегания стены.

Установлено наличие области влияния неоднородности в виде сопряжения стены в грунте и пола в грунте, ширина которой составляет порядка 1 м от поверхности пола.
Результаты проведенного исследования окажутся полезными для выполнения работы по пересмотру методик инженерного расчета сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций в грунте. Дальнейшие исследования будут направлены на получение удельных потерь теплоты для различных узлов подземной части здания, а также анализа влияния параметров расположенных в грунте конструкций и формы здания на тепловые потери.

Список литературы / References

1. Дробжева Д.А., Швецова А.С., Сапарёв М.Е. Расчет теплопотерь через заглубленные в грунт ограждающие конструкции с применением двумерных температурных полей // Новая наука: проблемы и перспективы. 2016. № 10-2. С. 120-123. EDN WXCYIZ[Calculation of heat losses through enclosing structures buried in the ground using two-dimensional temperature fields // New Science: Problems and Prospects. 2016. № 10-2. P. 120-123]
2. Андрейцева К.С. Особенности расчета температурных полей при проектировании ограждающих конструкций // Жилищное строительство. 2018. № 6. С. 19-23 [Andreytseva K.S. Features of calculation of temperature fields when designing enclosing structures // Housing construction. 2018. № 6. P. 19-23]
3. Малявина Е.Г., Гнездилова Е.А., Левина Ю.Н., Расчет теплопотерь через полы по грунту в зданиях с современной теплозащитой // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2019. (18). С. 60-62. EDN: KRHMXI [Malyavina E.G., Gnezdilova E.A., Levina Yu.N. Calculation of heat loss through slab-on-ground floors for buildings with modern methods of thermal protection // BST: Byulleten' stroitel'noj tehniki. 2019. (18). P. 60-62]
4. Малявина Е.Г.,Иванов Д.С. Определение теплопотерь подземной части здания расчетом трехмерного температурного поля грунта // Вестник МГСУ. 2011. № 7. С. 209-215 [Malyavina E., Ivanov D. Definition of heat loss for underground part of building by calculation of three-dimensional soil temperature pattern // Vestnik MGSU. 2011. № 7. P. 209-215].

5. Малявина Е.Г., Иванов Д.С., Михеева Е.А. Сравнение результатов расчета теплопотерь заглубленных в грунт частей зданий по существующим инженерным методикам // Естественные и технические науки. 2015. № 6(84). С. 549-552 EDN: UDDZWL [Malyavina E.G., Ivanov D.S., Miheeva E.A. Comparison of the calculating results the heat loss of parts building buried in the ground according to existing engineering methods // Natural and technical sciences. 2015. № 6(84). P. 549-552].
6. Kenichi S., Terrington R. L., Influence of geology and hydrogeology on heat rejection from residential basements in urban areas // Tunnelling and Underground Space Technology. 2019. (92). P. 554-564. DOI:10.1016/j.tust.2019.103068.
7. Liu H., Maghoul P., Shalaby A. Optimum insulation design for buried utilities subject to frost action in cold regions using the Nelder-Mead algorithm // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2019. (130). С. 613–639. DOI:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.10.107
8. Демежко Д.Ю., Горностаева А.А., Антипин А.Н. Оценка фазовых соотношений между тепловыми потоками и температурой земной поверхности в суточном цикле по результатам мониторинга на ОГМС “Верхнее Дуброво” // Литосфера. 2022 Вып. 2. С. 239-250. DOI: 10.24930/1681-9004-2022-22-2-239-250 [Demezhko D.Yu., Gornostaeva A.A., Antipin A.N. An assessment of phase relationships between heat fluxes and ground surface temperatures in a diurnal cycle based on monitoring studies at the Verkhnee Dubrovo meteorological station. Lithosphere (Russia). 2022. 22(2). P. 239-250].
9. В. Г. Гагарин, Иванов Д.С., Малявина Е.Г. Разработка климатологической информации в форме специализированного “типового года” // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 31-1(50). С. 343-349. EDN RDPCBV [Gagarin V.G., Ivanov D.S., Malyavina E.G. Development of climatic information in a specific “reference year” form // Vestnik VolgGASU. Series “Construction and Architecture” 2013. № 31-1(50). P. 343-349].
10. Лугин И. В., Алферова Е.Л. Влияние годовой цикличности изменения теплового потока в грунт на расчетный тепловой баланс двухпутного тоннеля метрополитена // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. № 3. С. 191-196 [Lugin I.V., Alferova E.L. Effect of annual cyclicity of heat flow variation in soil on estimated temperature balance in double-track underground railway tunnel // Interexpo GEO-Siberia. 2016. № 3. P. 191-196].
11. Hoffmann C., Geissler A. The prebound-effect in detail: Real indoor temperatures in basements and measured versus calculated U-values // Energy Procedia. 2017. (122). С. 32–37. DOI:10.1016/j.egypro.2017.07.301
12. Тарасова Д.С., Петриченко М.Р. Квазистационарные температурные режимы ограждающих конструкций // Magazine of Civil Engineering. 2017. № 4. С. 28-35. doi: 10.18720/MCE.72.4 [Tarasova D.S., Petritchenko M.R. Buildings quasi-stationary thermal behavior // Magazine of Civil Engineering. 2017. № 4 (72). P. 28-35].
13. Asphaug S. K., Time B., Kvande T. Hygrothermal simulations of thermally insulated basement envelopes - Importance of boundary conditions below grade // Building and Environment. 2021. № April (199). С. 107920.
14. Афанасьева Т.А., Пермяков П.П., Варламов С.П., Скрябин П.Н. Идентификация теплового потока на поверхности грунтов по замерам температуры: сб. ст. Theory and methods of polar science. international youth scientific conference on the polar geodesy, glaciology, hydrology and geophysics / Санкт-Петербург. 2018. С. 27-34 [Afanaseva T.A., Permyakov P.P., Varlamov S.P., Skryabin P.N. Identification of heat flow on the soil surface by temperature measurements // Theory and Methods of Polar Science: Proceedings of International youth scientific conference on the polar geodesy, glaciology, hydrology and geophysics, St. Petersburg. 2018. P. 27-34].
15. Видин Ю.В., Злобин В.С., Федяев А.А. Аналитический метод расчета нестационарного температурного поля при переменном коэффициенте теплопроводности // Системы. Методы. Технологии. 2019. № 1(41). С. 57-60. DOI 10.18324/2077-5415-2019-1-57-60. – EDN OOVSOB [Vidin Yu.V., Zlobin V.S., Fedyaev A.A. Analytical method for calculating a non-stationary temperature field with a variable thermal conductivity coefficient // Systems. Methods. Technologies. 2019. № 1(41). P. 57-60].

16. Козлов, В. В. Вопросы точности расчета приведенного сопротивления теплопередаче и температурных полей // Строительство и реконструкция. 2018. № 3(77). С. 62-74. EDN UTKMBM [Kozlov V.V. Accuracy of calculation of the reduced resistance of heat transfer and temperature fields // Building and reconstruction. 2018. № 3(77). P. 62-74].
17. Федоров С.В., Терехова И.А. Оценка корректности теплотехнических расчетов ограждающих конструкций методом конечных элементов // Прикладная математика и фундаментальная информатика. 2017. № 1. С. 31-42 [Fedorov S.V., Terehova I.A. Estimation of the correctness of heat engineering calculations of enclosing structures by the finite element method // Applied Mathematics and Fundamental Informatics. 2017. № 1. P. 31-42].
18. ПетровА.С., Куприянов В.Н. О влиянии компьютерной модели узлов конструкций с теплотехнической неоднородностью на точность теплотехнических расчетов // Приволжский научный журнал. 2019. № 1(49). С. 32-38. EDN YAPSCU [Petrov A.S., Kupriyanov V.N. On the influence of a computer model of structures with thermotechnical heterogeneity on the accuracy of thermotechnical calculations // Privolzhsky scientific journal. 2019. № 1(49). P. 32-38].

Информация об авторах

Крайнов Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.
Email: dmitriy.kraynov@gmail.com
Масленников Илья Александрович, аспирант, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.
Email: maslennikov.ilya.a@gmail.com

Information about the authors

Dmitriy V. Kraynov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: dmitriy.kraynov@gmail.com
Ilya A. Maslennikov, post-graduate student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: maslennikov.ilya.a@gmail.com

УДК: 624.014.2:624.046.3
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_108
EDN: JLMWXF

Расчет устойчивости сжатых тонкостенных стержней С-образного сечения

Д.Ф. Кинзябулатова[1], И.А. Порываев[1], И.В. Недосеко[1]
[1]Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* Легкие стальные тонкостенные конструкции активно используются при строительстве быстровозводимых зданий и сооружений различного назначения. Применение таких конструкций требует подробного анализа напряженно-деформированного состояния, особенно при расчетах на устойчивость. Цель исследования: сравнение методик расчетов сжатых тонкостенных стержней С-профиля по методике нормативной документации и по проведенным численным экспериментам в программно -вычислительном комплексе Siemens FEMAP 11.4.2 с NX Nastran. Численный эксперимент проводится с учетом геометрической и физической нелинейностей. Объект исследования – стержни одного сечения с шестью различными длинами. Основными задачами являются определение и сравнение коэффициентов устойчивости, которые определяются основной методикой по СП 260.1325800.2016 и в результате численного моделирования.
Результаты. Сравнение результатов проводится по коэффициентам устойчивости и по формам потери местной устойчивости. При малых значениях гибкости отклонения в результатах не превышает 2%, при значительных значениях гибкости разница в результатах достигает 9,7%.
Выводы. Полученные результаты наглядно показывают, что методика СП 260.1325800.2016 при значительных гибкостях недооценивает несущую способность сжатых стержней. Определение точного значения несущей способности элемента позволит сократить металлоемкость, повысить точность расчетов и приблизить их к реальной работе стержней под нагрузкой.

Ключевые слова: ЛСТК, тонкостенный стержень, устойчивость, метод конечных элементов, геометрическая нелинейность, местная устойчивость.

Для цитирования: Кинзябулатова Д.Ф., Порываев И.А., Недосеко И.В. Расчет устойчивости сжатых тонкостенных стержней С-образного сечения // Известия КГАСУ 2022 №4(62), с.108-117, DOI:10.52409/20731523_2022_4_108, EDN: JLMWXF

Buckling analysis of C-shaped cold-formed profiles

D.F. Kinzyabulatova[1], I.A. Porivaev[1], I.V. Nedoseko[1]
[1] Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

Abstract: Light steel thin-walled structures are actively used in the construction of quickly erected buildings and structures for various purposes. The use of such structures requires a detailed analysis of the stress-strain state, especially in stability calculations.
The purpose of the study is to compare two methods of computations of compressed thin-walled C-profile rods by the method of normative-legal documentation and by the performed numerical experiments in the Siemens FEMAP 11.4.2 program-computer complex with NX Nastran. The numerical experiment is carried out taking into account geometrical and physical nonlinearities. The objects of the research are rods of the same cross section with six different lengths.
The results are compared by stability coefficients and by forms of local stability loss. For small values of flexibility the deviation in the results does not exceed 2%, for significant values of flexibility the difference in the results reaches 9.7%.

This paper provides evidence that for certain values of flexibility a good convergence of calculation results by analytical method on the basis of methods approved in the standards and the results of numerical experiment in the calculation software based on the method of finite elements is achieved.

Keywords: cold-formed profile, thin-walled members, buckling, finite-element method, geometrical nonlinearity, local buckling.

For citation: D. F. Kinzyabulatova, I. A. Porivaev, I. V. Nedoseko Buckling analysis of C-shaped cold-formed profiles // News KSUAE 2022 №4(62), c.108-117, DOI:10.52409/20731523_2022_4_108, EDN: JLMWXF

1. Введение

Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК) применяются в качестве несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений различного назначения. Их основное отличительное свойство – малая металлоемкость в сравнении с конструкциями из черного металла. Это достигается за счет рациональной формы поперечного сечения и использовании высокопрочных марок сталей[1,2]. Тонкостенные стержни имеют толщину не более 4 мм и относятся к 4-ой группе конструктивных элементов. Основные преимущества и недостатки ЛСТК описаны в работах [1-3].

Основная проблема в работе холодногнутых стальных элементов, работающих на центральное и внецентренное сжатие-возможность потери местной устойчивости и устойчивости формы сечения до достижения критической нагрузки (предельного состояния)[4,5]. Это значительно осложняет проведение аналитических расчетов, описанных в работах [6-9]. Поэтому часто исследователи используют метод конечных элементов или натурные испытания [4,5,9,10].

Численные эксперименты проводят в программных комплексах: “SCADOffice”[11,12], “Nastran” с пре-, пост- процессором FeMAP [4], ABAQUES [5], ANSYS[13], ЛИРА [12]и т.д. В них предусмотрена возможность проведения нелинейного расчета на устойчивость тонкостенных стержней практически любой конфигурации. Используют как оболочечные конечные элементы [11- 13], так и стержневые с 7- ю степенями свободы. За последние несколько лет активно используются технологии машинного обучения, описанного в работах [14, 15]. В них приводится расчет на устойчивость при использовании нейронных сетей.

В статье [4] на основе проведенных натурных и численных испытаний ЛСТК профилей установлено, что форма потери устойчивости значительно зависит от перфорации поперечного сечения профиля. Также определены формы потери устойчивости для двух основных групп сечений: с перфораций и без нее.

В работах [7,8] рассмотрены симметричные в 2-х плоскостях профили на центральное и внецентренное сжатие. Описаны методики определения фактического редуцирования обратным методом и приведены результаты аналитического, численного расчетов через коэффициент устойчивости. В данных статьях рассматриваются составные стержни и дважды симметричные стержни, но не рассматриваются одиночные С-профили.

В [16] авторами была определена несущая способность С-профилей с отгибами. По итогам исследования были определены зависимости между значениями критической силы и толщиной металла, высотой стенки, шириной фланцев, длиной стержня. В данной работе есть сравнения с расчетами по Eurocode, СП 260.13258000.2016 и СП 16.13330.2017.

Согласно выше сказанному, можно сформулировать цель исследования – оценить несущую способность центрально-сжатого тонкостенного стержня открытого профиля с одной осью симметрии с помощью аналитического расчета по действующим нормам и с использованием численного эксперимента на ЭВМ.

Задачи исследования:

1. Изучить и выполнить аналитический расчет стержней одного сечения с различными гибкостями на основе методик СП 260.1325800.2016 и СП 16.13330.2017.
2. Провести расчет нелинейной устойчивость стержней в программно-вычислительном комплексе Siemens FEMAP 11.4.2 с NX Nastran.
3. Сравнить полученные результаты по коэффициентам устойчивости.
4. Оценить различные формы потери местной устойчивости и потери устойчивости формы сечений.

2. Материалы и методы

Предлагается рассмотреть методику проверки центрально-сжатого С-профиля по СП 260.1325800.2016, выполнить численный эксперимент в программно-вычислительном комплексе Siemens FEMAP 11.4.2 с NX Nastran.

Для исследования примем стержни 6-ти различных длин:

$$l = \{2800; 3000; 3200; 3400; 3600; 3800\}$$

Толщина профиля $t = 2\ мм$.

В качестве материала используется марка оцинкованного проката 390 с расчетным сопротивлением $R_y = 370 \frac{Н}{мм^2}$.Для нелинейного расчета используется обобщенная расчетная диаграмма работы строительной стали по Прандтлю. Так как при формовке ЛСТК в местах перегиба возникают остаточные напряжения, эти напряжения компенсируются образованными зонами упрочнения.

При проведении численного эксперимента авторами были проведены расчеты оболочечных моделей в Siemens FEMAP 11.4.2 с NX Nastran. Вычисления проводились в упругой постановке с использованием режима расчета «Buckling» и в нелинейной постановке с использованием режима «Nonliner Static». Исследования проводились с помощью автоматического шагового нагружения и итерационного процесса Ньютона-Рафсмона. Конечно-элементная модель стойки выполнялась с использование четырехугольных конечных элементов типа plate. Толщина, свойства материала и закрепление стержней соответствуют описанным выше данным.

Геометрические характеристики поперечного полного и редуцированного сеченийдля аналитического расчета определены с использованием программы-сателлиты ВК “SCAD Office” Тонус (приведены на рис. 1 и в табл.1).

В таблице Д.3 СП 16.13330.2017 приведены коэффициенты устойчивости $\varphi_в$ в зависимости от типов сечений и гибкостей стержней. Вычислены данные значения с учетом начальных несовершенств, приведенных в СП 294.1325800.2017. Для центрально сжатых элементов начальные несовершенства определяются по формуле:

$$e_b = \frac{i}{20} + \frac{l}{750} \tag{1}$$

где i – радиус инерции сечения для для соответствующей плоскости;

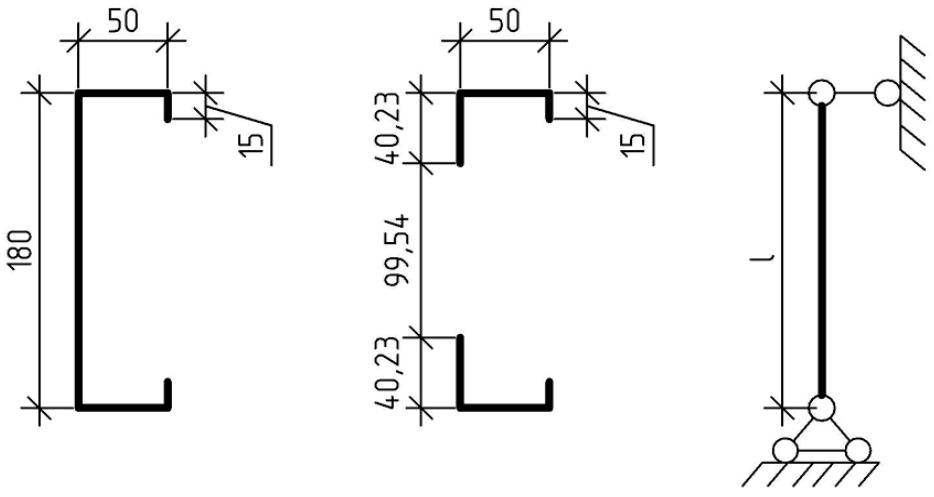
l – геометрическая длина элемента.

При проектировании стержневых элементов наиболее важной является первая форма потери устойчивости и соответствующая ей критическая сила. Её значения для холоднодеформированных С-профилей определялись с использованием нелинейного расчета с учетом начальных несовершенств и больших перемещений. Это связано с тем, что ЛСТК могут терять местную устойчивость до общей потери устойчивости. В рамках данного исследования примем начальные несовершенства в плоскости малой жесткости профиля, расчеты на ЭВМ будут проводиться по деформированной схеме.

Таблица 1

Геометрические характеристики полного сечения

	Параметр	**Значение**	**Единица измерения**
A	Площадь поперечного сечения	6,2	см^2
I_x	Момент инерции относительно центральной оси x	300,157	см^4
I_y	Момент инерции относительно центральной оси y	21,358	см^4
I_ω	Секториальный момент инерции	1389,468	см^6
I_t	Момент инерции при свободном кручении	0,083	см^4
i_x	Радиус инерции относительно оси x	6,958	см
i_y	Радиус инерции относительно оси y	1,856	см
x_0	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси x	-3,442	см
y_0	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси y	0	см
x_m	Координата центра масс по оси x	1,29	см
y_m	Координата центра масс по оси y	9	см
Редуцированное сечение. Геометрические характеристики.			
	Параметр	**Значение**	**Единица измерения**
A	Площадь поперечного сечения	4,209	см^2
I_x	Момент инерции относительно центральной оси x	283,719	см^4
I_y	Момент инерции относительно центральной оси y	16,469	см^4
i_x	Радиус инерции относительно оси x	8,21	см
i_y	Радиус инерции относительно оси y	1,978	см
x_m	Координата центра масс по оси x	1,901	см
y_m	Координата центра масс по оси y	9	см



а) б) в)

Рис.1. Стержень: а) размеры полного сечения; б) размеры редуцированного (эффективного) сечения; в) расчетная схема стойки (иллюстрация авторов)
Fig.1Profile: a) dimensions of the full cross-section; b) dimensions of the reduced (effective) cross-section; c) design diagram of the rack (illustration by the authors)

Условная гибкость для открытого сечения с одной осью симметрии при плоской форме потери устойчивости определяются по формулам 2,3:

$$\overline{\lambda}_x = \frac{l_{ef,x}}{\pi i_x}\sqrt{\frac{R_y \cdot A_{ef}}{E \cdot A_g}} \quad (2)$$

$$\overline{\lambda}_y = \frac{l_{ef,y}}{\pi i_y}\sqrt{\frac{R_y \cdot A_{ef}}{E \cdot A_g}} \quad (3)$$

гдеE − модуль упругости;

R_y −расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию и изгибу;

i_y − радиус инерции полного сечения относительно оси y-y;

i_x − радиус инерции полного сечения относительно оси x-x;

l_{ef} − расчетная длина стержня, для шарнирного закрепления принимается равной длине стержня;

A_{ef} −эффективная площадь поперечного сечения;

A_g −площадь полного поперечного сечения.

При расчете на устойчивость гнутых оцинкованных стержней открытого сечения с одной осью симметрии при центральном сжатии следует дополнительно проверять по изгибно-крутильной форме.

Крутильная форма потери устойчивости вычисляется по формуле:

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2}\left(G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_\omega}{l_T^2}\right) \quad (4)$$

где $i_0^2 = i_x^2 + i_y^2 + x_0^2 + y_0^2$;

G − модуль сдвига;

I_t − момент инерции при свободном кручении полного сечения;

I_ω − секториальный момент инерции полного сечения;

l_T − расчетная длина элемента, теряющего устойчивость по крутильной форме(примем коэффициент расчетной длины равный 1);

x_0, y_0 −координаты центра сдвига относительно центра тяжести полного поперечного сечения.

Для изгибно-крутильной формы потери устойчивости в упругой стадии работы используется формула:

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,x}}{2\beta}\left[1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,x}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,x}}\right)^2 + 4\left(\frac{x_0}{i_0}\right)^2 \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,x}}}\right] \quad (5)$$

где$N_{cr,T}$– крутильная форма потери устойчивости в упругой стадии(см. формулу 4).

$$\beta = 1 - \left(\frac{x_0}{i_0}\right)^2$$

$\zeta_{cr,x}$ –критическая сила плоской формы потери устойчивости (продольного изгиба) для полного сечения относительно оси x-x по Эйлеру, определяемая по формуле:

$$N_{cr,x} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{g,x}}{l_{ef}^2} \quad (6)$$

где$I_{g,x}$ – момент инерции полного сечения брутто относительно оси x-x;

l_{ef} – расчетная длина стержня, для шарнирного закрепления принимается равной длине стержня.

Условная гибкость при изгибно-крутильной форме потери устойчивости определяется по формуле:

$$\overline{\lambda}_{TF} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot R_y}{\tau_{cr,TF}}} \quad (7)$$

Затем для каждого исследуемого образца определяется предельная гибкость, которая будет использоваться для вычисления коэффициента устойчивости$\varphi_{сп}$. В последующем это значение будет сравниваться с полученными в вычислительно-программном комплексе значениями.

$$\overline{\lambda}_{СП} = \pi \cdot MAX\{\overline{\lambda}_x; \overline{\lambda}_y; \overline{\lambda}_{TF}\} \quad (8)$$

По методике, описанной в своде правил, $\varphi_{сп}$ определяетсяв зависимости от $\overline{\lambda}_{СП}$, определенной в (7), по таблице Д.3 СП 16.13330.2017.

Для сравнения с результатами, полученными в результате численного эксперимента, введем значение коэффициента устойчивости$\varphi_{ЭВМ}$. Его вычислим из формулы (9) проверки на устойчивость центрально сжатых стержней.

$$\frac{N}{\varphi A_{ef} R_y \gamma_c} \leq 1 \quad (9)$$

гдеγ_c – коэффициент условия работы(примем равным 1).

Отсюда формула (9) преобразуется:

$$\varphi_{ЭВМ} = \frac{N}{A_{ef} R_y \gamma_c} = \frac{N_{ЭВМ}}{A_{ef} R_y} \quad (10)$$

3. Результаты и обсуждение

Результаты расчета по инженерной методике на основе действующих норм и по итогам проведенного численного эксперимента на ЭВМ приведены в табл. 2 и на рис. 2,3.

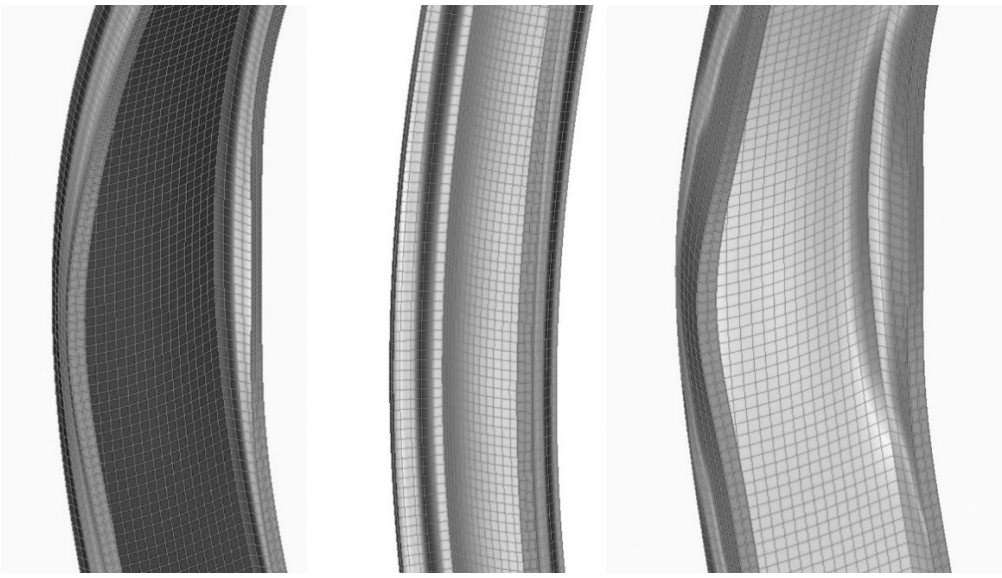
Таблица 2

Результаты расчетов

l,мм	e_b,мм	$N_{cr,x}$, кН	$N_{cr,T}$, кН	$N_{cr,TF}$, кН	$\overline{\lambda}_{СП}$	$\varphi_{сп}$	$N_{ЭВМ}$, кН	$\varphi_{ЭВМ}$	Δ,%
2800	4,661	778,394	66,854	65,727	4,943	0,294	45,809	0,294	0,00
3000	4,928	678,068	59,564	58,535	5,296	0,263	40,162	0,258	-1,94
3200	5,195	595,956	53,597	52,649	5,649	0,237	37,031	0,238	0,42
3400	5,461	527,907	48,652	47,769	6,002	0,211	33,346	0,214	1,40
3600	5,728	470,880	44,509	43,678	6,355	0,189	29,779	0,191	1,05
3800	5,995	422,618	41,002	40,215	6,708	0,169	23,939	0,154	-9,7

В табл. 2 разница вычислена по формуле (11).

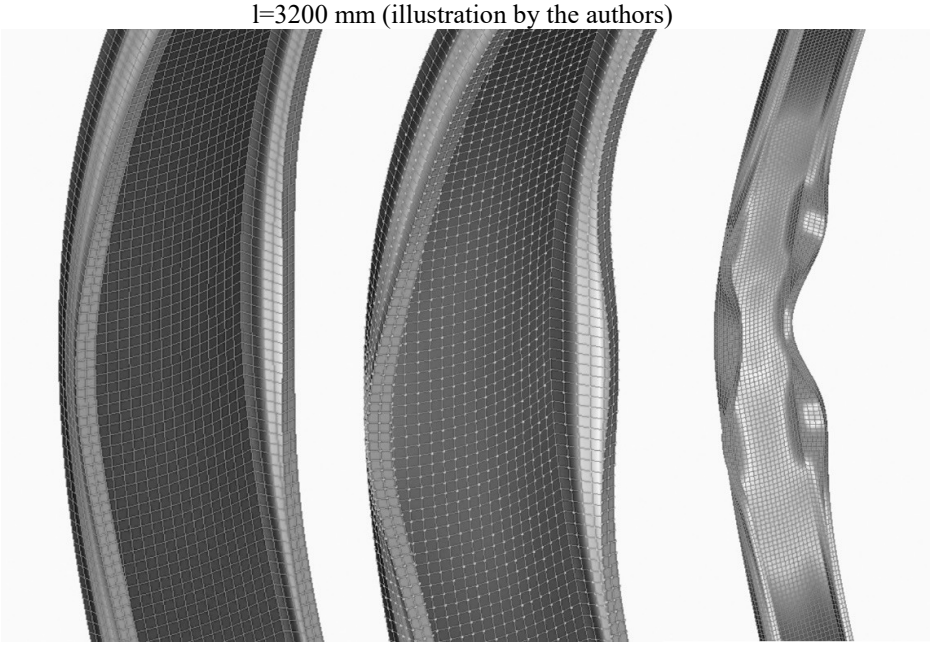
$$\Delta = \left(1 - \frac{\varphi_{сп}}{\varphi_{ЭВМ}}\right) * 100\% \quad (11)$$



а) б) в)

Рис.2. Деформирование контура сечения профилей с длиной: а) l=2800 мм; б) l=3000 мм; в) l=3200 мм (иллюстрация авторов)

Fig.2. Deformation of the contour section of profiles with length: a) l=2800 mm; b) l=3000 mm; c) l=3200 mm (illustration by the authors)



а) б) в)

Рис.3. Деформирование контура сечения профилей с длиной: а) l=3400 мм; б) l=3600 мм; в) l=3800 мм (иллюстрация авторов)

Fig.3.Deformation of the contour of the section sections with length: a) l=3400 mm; b) l=3600 mm; c) l=3800 mm (illustration by the authors)

По результатам табл. 2 построим график зависимости коэффициентов снижения допускаемого напряжения, найденных по описанным выше методикам, от значений гибкостей. График приведен на рис.4.

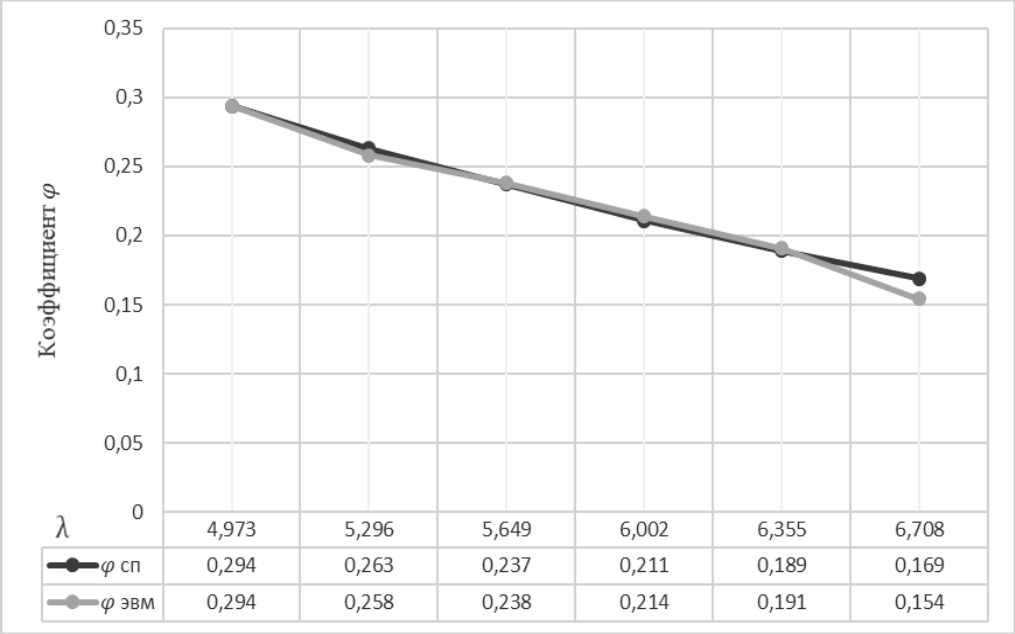


Рис.4.График $\varphi_{сп}(\overline{\lambda}_{СП})$ и $\varphi_{ЭВМ}(\overline{\lambda}_{СП})$ (иллюстрация авторов)
Fig.4 Graph $\varphi_{сп}(\overline{\lambda}_{СП})$ and $\varphi_{ЭВМ}(\overline{\lambda}_{СП})$ (illustration by the authors)

На основании проведенных расчетов и исследований устойчивости тонкостенного С-профиля получены значения критических сил и коэффициентов устойчивости.

Установлено, что при определенных значениях гибкостей достигается хорошая сходимость результатов расчетов аналитическим методом на основе утвержденных в нормах методик и результатов проведенного численного эксперимента в расчетном программном комплексе на основе метода конечных элементов.

Основные результаты исследования заключаются в следующем:

1. При малых значениях гибкостей погрешность вычислений по аналитическому и численному методам меньше 2%.Значит, при расчете несущей способности сжатых стержней при незначительных гибкостях достаточно использовать методику, описанную в актуальных сводах правил. Нет необходимости проводить трудоемкие вычисления на ЭВМ.
2. При значительном значении гибкости при l=3800 мм погрешность вычислений резко возрастает, но не превышает 10%. Это можно объяснить тем, что при увеличении значений гибкости коэффициент устойчивости в нормативно-технической документации был вычислен по методу Эйлера с коэффициентом надежности 1,3. Данный прием был использован для того, чтобы ограничить прогибы сжатых стержней при значительных длинах и учесть упругопластическую работу стержней.
3. По рис. 2 можно сделать вывод, что потеря местной устойчивости и потеря устойчивости формы характерна для центрального сечения шарнирно-закрепленного стержня.
4. Общая форма потери устойчивости при данных параметрах стержня происходит по плоской форме. Для С-профиля возможны 3 основные общие формы потери устойчивости: по плоской форме, по крутильной и по изгибно-крутильной. Для каждой их этих форм определяются гибкости. При аналитическом расчете плоская форма потери общей устойчивости доказывается тем, что при определении расчетной гибкости выбиралась наибольшая из трех.
5. Концентрация напряжений в опасном сечении наблюдается в отгибах и полках. Также следует отметить, что в явном виде не наблюдается корреляции редуцированного сечения, рассчитанного по сводам правил, с результатами расчетов в программно-вычислительном комплексе методом конечных элементов. Это происходит из-за того,

что при аналитическом расчете принимают эффективные участки сечения, исключая те, что испытывают местную потерю устойчивости в зависимости от вида нагружения и соотношений напряжений в сечении.

4. Заключение

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Выполнен расчет холоднодеформированного профиля стойки по методике, описанной в актуальной нормативно-правовой документации. Вычислены значения критических сил в упругой стадии ЛСТК-профиля С-образного сечения по плоской, крутильной и изгибно-крутильной формам потери устойчивости для 6-ти разных значений гибкостей.
2. Проведен численный эксперимент в программно-вычислительном комплексе Siemens FEMAP 11.4.2 с NX Nastran. Моделировались оболочками стержни различных гибкостей. Расчет проводился с учетом геометрической нелинейности, начальные несовершенства были заданы в плоскости с меньшей жесткостью.
3. Анализ полученных данных по коэффициентам устойчивости показал, что при значительных гибкостях сходимость решений по 2-ум методикам не достигается. Отклонение достигает значения 9,7 %. При меньших длинах профиля отклонения в результатах расчетов минимальны и не превышают 2 %.
4. Результаты оценки различных форм потери устойчивости подтверждают, что использование современных расчетных комплексов, основанных на методе конечных элементов, позволяет эффективно решать задачи оценки надежности конструкций из ЛСТК профилей. В дальнейшем, возможно, выполнить оценку влияния различных факторов, не учитываемых в аналитических методиках, на величину критической нагрузки ЛСТК профилей. Например, оценить влияние ребер жесткости в сечении на величину критической силы.

Список литературы/ References

1. Советников Д.О., Азаров А.А., Иванов С.С., Рыбаков В.А. Методы расчета тонкостенных стержней: статика, динамика, устойчивость // Alfabuild. 2018. № 2(4). С. 7-33.DOI: 10.34910/ALF.4.1[Sovetnikov D., Azarov A., Ivanov S., Rybakov V. Methods of calculation of thin-walled bars: statics, dynamics and stability // Alfabuild. 2018. № 2(4). p. 7-33.DOI: 10.34910/ALF.4.1]
2. Советников Д. О., Виденков Н. В., Трубина Д. А. Легкие стальные тонкостенные конструкции в многоэтажном строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3. С. 152–165.DOI: 10.18720/CUBS.30.11[Sovetnikov D.O., Videnkov N.V., Trubina D.A. Light gauge steel framing in construction of multi-storey buildings // Construction of Unique Buildings and Structures. 2015. № 3(30), p. 152-165. DOI: 10.18720/CUBS.30.11]
3. Булатов Б.Г., Шигапов Р.И., Ивлев М.А., Недосеко И.В. Каркасно-монолитная технология строительства малоэтажных зданий из пеногипса и стальных тонкостенных конструкций // Строительные материалы. 2018. № 8. С. 36–39. DOI: 10.31659/0585- 430X-2018-762-8-36-39 [Bulatov B.G., Shigapov R.I, Ivlev M.A, Nedoseko I.V. Frame-monolithic technology of construction of low -rise buildings made of foam gypsum and steel thin-walled structures// Construction Materials. 2018. № 8., p. 36–39. DOI: 10.31659/0585- 430X-2018-762-8-36-39]
4. Назмеева Т.В. Несущая способность сжатых стальных тонкостенных элементов сплошного и перфорированного сечения из холодногнутого С-профиля // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 5(40). С. 44-51. DOI: 10.5862/MCE.40.5 [Nazmeeva T.V. Bearing capacity of compressed continuous and perforated thin-walled steel members of C-shaped cold-formed profiles. // Magazine of Civil Engineering. 2013. № 5(40). p. 44-51. DOI: 10.5862/MCE.40.5]
5. Dar M. A. et al. Structural performance of cold-formed steel composite beams //Steel Compos. Struct. 2018. T. 27. №. 5. C. 545-554.DOI: 10.1016/j.tws.2018.09.012
6. M. Casafont, J. Bonada, M.M. Pastor, F. Roure, A. Susín, Linear buckling analysis of perforated cold-formed steel storage rack columns by means of the Generalised Beam

Theory, Int. J. Struct. Stabil. Dynam. 2018. № 18(1). 1850004. DOI: 10.1142 / S0219455418500049

7. Белый, Г. И. «Обратный» метод расчета усиливаемых под нагрузкой стержневых элементов стальных конструкций путем увеличения сечений // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 6. С. 46-55.DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-6-46-55[Bely, G. I. Reverse calculation method for load reinforced bar elements of steel structures by increasing cross sections. // Bulletin of Civil Engineers. 2020. № 6 (83). p. 46–55. p]
8. Смирнов, М. О. Совершенствование обратного численно-аналитического метода расчета ЛСТК на устойчивость при внецентренном сжатии / М. О. Смирнов // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 1 (84). С. 46-52.DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-1-46-52 [Smirnov, M.O. Improvement of the inverse numerical-analytical method for calculating the light steel thin-walled structures for stability under eccentric compression // Bulletin of Civil Engineers. 2021. № 1 (84). С. 46-52. DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-1-46-52]
9. Семенов А. А., Порываев И.А. и др. Алгоритм поиска оптимальных параметров центрально сжатых стоек трубчатого сечения переменной жесткости //Строительство и реконструкция. 2018. №. 2. С. 51-60 [Semenov A. A., Porivaev I.A., Shamilova E.R., Semenov S.A. Algorithm of searching the optimum parameters of centrally compressed streams of tubular cross section of variable rigidity // Building and reconstruction. 2018. №. 2. p. 51-60.]
10. Нефедов Г. В. Строительство домов средней этажности на каркасах из легких стальных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 7. С. 10-15. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.07.10-15 [Nefedov G.V. Construction of medium-storey residential buildings on frames of light steel thin-walled structures. // Industrial and Civil Engineering. 2020.№ 7. p. 10-15. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.07.10-15]
11. Синельников А.С. Прочность просечно-растяжного профиля // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 5. С. 74-85. DOI: 10.5862/MCE.57.7 [Sinelnikov A.S. Reticular-Stretched Thermoprofile: a numerical and analytical study // Magazine of Civil Engineering.2015. № 5. p. 74-85. DOI: 10.5862/MCE.57.7]
12. Савченко А.В., Иоскевич А.В., Хазиева Л.Ф., Нестеров А.А., Иоскевич В.В. Продольно-поперечный изгиб балки. Решение в различных программных комплексах // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 11 (38). С. 89-105[Sinelnikov A.S. Reticular-Stretched Thermoprofile: a numerical and analytical study // Magazine of Civil Engineering.2015. № 5. p. 74-85. DOI: 10.5862/MCE.57.7]
13. Degtyarev V.V., Finite element modeling of cold-formed steel deck in bending. Magazine of Civil Engineering. 2020. 94(2). P. 129–144. DOI: 10.18720/MCE.94.11
14. Degtyarev V.V. et al. Buckling and ultimate load prediction models for perforated steel beams using machine learning algorithms // J. Build. Eng.2022. DOI: 10.1016/j.jobe.2022.104316
15. H.-T. Thai Machine learning for structural engineering: a state-of-the-art review // Structures.2022. DOI: 10.1016/j.jobe.2022.104316
16. Кашеварова Г. Г., Косых П. А. Определение несущей способности легких стальных тонкостенных конструкций на основе компьютерного моделировании // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. 2014. Т. 10. № 2. С.85-92 [Kashevarova G.G, Kosykh P.A Defining buckling resistance of cold formed light gauge steel members utilizing computer modeling // International journal for computational civil and structural engineering. 2014. V. 10. № 2. p. 85-92.]
17. Каюмов Р.А., Тезисы (сборник научных трудов (международные конференции)), Закритическое поведение сжатых стержней с нелинейно упругими опорами., издательство: Аэтерна, Уфа, Россия, номер: 2, 2021, 201-202 с.,[Kayumov R.A., Abstracts (collection of scientific papers (international conferences)), Supercritical behavior of compressed rods with nonlinearly elastic supports., Publisher: Aeterna, Ufa, Russia, number: 2, 2021, pp. 201-202,]

Информация об авторах

Кинзябулатова Диана Фидратовна, лаборант, Уфимский государственный нефтянойтехнический университет, г. Уфа, Российская Федерация.
Email: kinzyabulatovaddddd@yandex.ru

Порываев Илья Аркадьевич, кандидат технических наук, доцент, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация.
Email: iporivaev@gmail.com

Недосеко Игорь Вадимович, доктор технических наук, профессор, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация.
Email: nedoseko1964@mail.ru

Information about the authors

Diana F. Kinzyabulatova, laboratory assistant, Ufa State Petroleum Technological University (USPTU), Ufa, Russian Federation.
Email: kinzyabulatovaddddd@yandex.ru

Ilya A. Porivaev, candidate of technical sciences, Ufa State Petroleum Technological University (USPTU), Ufa, Russian Federation.
Email:iporivaev@gmail.com

Igor V. Nedoseko, doctor of technical sciences, professor, Ufa State Petroleum Technological University (USPTU), Ufa, Russian Federation.
Email: nedoseko1964@mail.ru

УДК: 624.04
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_119
EDN: FDJBZY

Упрощенное уравнение многослойной плиты для описания работы асфальтобетонных покрытий металлических мостов

И.В. Гришин[1], **Р.А. Каюмов** [1]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи*. Одной из основных проблем асфальтобетонных покрытий металлических мостов с ортотропной плитой является появление трещин в покрытии над главными балками пролетных строений. Однако в настоящий момент не существует разработанной методики подбора геометрических и физико-механических параметров такой конструкции. В частности не существует всеми признанной и всесторонне изученной расчетной модели, позволяющей определять напряженно-деформированное состояние в асфальтобетонных покрытиях мостов. Учитывая, что мостовое полотно является, по сути, многослойной плитой, а методы расчета однослойных плит с использованием гипотезы Кирхгофа-Лява хорошо разработаны для различных условий нагружения и закрепления только для однородных пластин, целью данного исследования является сведение задачи расчета многослойной плиты к решению уравнения, подобного уравнению Софи-Жермен. Задачей исследования является анализ возможности использования дополнительной гипотезы о равенстве коэффициентов Пуассона всех слоев осредненному значению для вывода результирующего уравнения и возможность применения данного уравнения для описания работа ортотропных плит металлических мостов.
Результат. Получено уравнение, подобное уравнению Софи-Жермен, позволяющее описывать работу многослойных плит. При этом предварительные расчеты показали, что при отличии коэффициентов Пуассона от среднего значения не более чем на 10%, результаты, полученные по предлагаемой методике и полученные в сертифицированных программных продуктах, отличаются не более чем на 5 %.
Выводы. Введение гипотезы о равенстве коэффициентов Пуассона позволяет ввести понятие нейтральной поверхности для многослойной плиты и определить место ее расположения. При этом задача расчета многослойной плиты сводится к решению уравнения, подобного уравнению Софи-Жермен, с введением понятия приведенной цилиндрической жесткости. Возможность применения данного вида уравнений к анализу мостовых конструкций подтверждается ранее проведенными исследованиями и позволит в дальнейшем прогнозировать величину безремонтного срока службы асфальтобетонных покрытий мостов, тем самым уменьшая их величину.

Ключевые слова: мостовое полотно, асфальтобетонные покрытия мостов, уравнение Софи-Жермен, гипотеза Кирхгофа-Лява, многослойные плиты

Для цитирования: И.В. Гришин, Р.А. Каюмов Упрощенное уравнение многослойной плиты для описания работы асфальтобетонных покрытий металлических мостов // Известия КГАСУ 2022 №4(62), с.119-128, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_119, EDN: FDJBZY

Simplified multilayered slab equation describing asphalt concrete pavements of metal bridges.

I.V. Grishin[1], R.A. Kayumov [1]
[1] Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation

Abstract. *Problem statement.* One of the main problems in asphalt concrete pavements of metal bridges with an orthotropic slab is crack appearance in asphalt pavement above the main beams of superstructures. However, at the moment there is no developed method for selecting the geometric and physical-mechanical parameters of such structures. In particular, there is no universally recognized and comprehensively studied calculation model that allows determining the stress-strain state in asphalt concrete pavements of bridges. Taking into account that the bridge deck is, in fact, a multilayer slab, and the methods for calculating single-layer slabs using the Kirchhoff-Love hypothesis are well developed for various loading and boundary conditions only for homogeneous plates, the purpose of this study is to reduce the problem of calculating a multilayer slab to solving the equation, similar to the Sophie-Germain equation.
Result. The equation similar to the Sophie-Germain equation was obtained, which made it possible to describe the operation of multilayer slabs. At the same time, preliminary calculations showed that if Poisson's ratios differ from the average value by no more than 10%, the results obtained by the proposed method and those obtained in certified software products differ by no more than 5%.
Conclusions. Assuming a hypothesis about equality of Poisson's ratios allows us to introduce the concept of a neutral surface for a multilayer slab and determine its location. In this case, the problem of calculating a multilayer slab is reduced to solving an equation similar to the Sophie-Germain equation, with the introduction of the concept of reduced cylindrical stiffness. The possibility of applying this type of equations to the analysis of bridge structures is confirmed by previous studies.

Keywords: bridge deck, asphaltic pavements of bridges, Sophie-Germain equation, Kirchhoff-Love hypothesis, multilayered slabs

For citation: Grishin I.V., Kayumov R.A. Simplified multilayered slab equation describing asphalt concrete pavements of metal bridges // News KSUAE 2022 №4 (62), p.119-128,
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_119, EDN: FDJBZY

1. Введение.

Многослойная плита, является расчетной моделью для широкого класса конструкций. В частности, нами в качестве многослойной плиты рассматривается мостовое полотно металлических пролетных строений мостов. Необходимость рассмотрения данных элементов конструкций вызвана следующим требованием нормативного документа СП 35.13330.2011 «Свод правил. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*»: «Конструкции дорожной одежды и ортотропной плиты должны исключать появление трещин в покрытии над главными балками стальных пролетных строений». При этом не дается четких указаний по применению тех или иных методов проектирования асфальтобетонных покрытий мостов.

Применительно к нежестким асфальтобетонным покрытиям автомобильных дорог, в настоящий момент установлено и отражено в нормативных документах, таких как ПНСТ 265-2018 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд», что назначение параметров покрытия может быть сведено к трем основным видам расчета: расчет по упругому прогибу при умеренной весенней температуре 10˚С; расчет по условию сдвигоустойчивости грунтового основания при дальнейшем повышении температуры в конце весеннего периода; расчет монолитных слоев покрытий по усталостному разрушению. Сведение всего разнообразия возможных сочетаний нагрузок и физико-механических параметров конструктивных слоев к трем основным вариантам стало возможным благодаря представлению деформированного

состояния асфальтобетонного покрытия под нагрузкой в виде чаши прогиба, получаемой как решение задачи теории упругости о напряженно-деформированном состоянии слоистого полупространства. Решением этой задачи занимались такие ученые, как Коган Б.И., Корсунский М.Б., Никишин В.С., Раппопорт Р.М., Шапиро Г.С., Туроверов К.К. и др. Этот подход оправдал себя и лежит в основе проектирования всех нежестких асфальтобетонных покрытий. В настоящий момент работы отечественных исследователей в этой области направлены на уточнение расчетных параметров данной модели многослойного полупространства. Например, в [1,2] производится сравнение теоретических и экспериментальных напряжений, возникающих в подстилающем слое грунта, а также уточнение параметров расчета по условию сдвигоустойчивости грунта. В [3] анализируется динамическое нагружение дорожной одежды. Исследования, не направленные непосредственно на анализ расчетных моделей, такие как [4], где анализируется износ асфальтобетонных покрытий, и [5], где анализируется возможность применения активированных наполнителей для модификации цементогрунтов в дорожных одеждах, так или иначе, предполагают вышеописанную схему нагружения дорожной одежды. Работы зарубежных авторов, такие как [6,7], направленные на анализ расчетных моделей асфальтобетонных покрытий дорог, также предполагают образование чаши прогиба от воздействия колеса.

Однако применение методов, созданных для проектирования дорог, является неприменимым к конструкциям мостов, что видно по работам отечественных и зарубежных авторов.

Например, применительно к железобетонным пролетным строениям мостов данный вопрос наиболее детально разрабатывался Щербаковым А.Г. и Овчинниковым И.Г. [8], где мостовое полотно рассматривалось в предположении верности гипотезы Кирхгофа-Лява и выводилось для многослойной конструкции с учетом нелинейного разномодульного модуля упругости асфальтобетона при учете воздействия факторов транспортной нагрузки, изменения температуры окружающей среды и воздействия хлоридосодержащей среды на асфальтобетон. Полученные уравнения решались методом конечных разностей.

Применительно к металлическим мостам данная задача решалась рядом исследователей, в частности, Судомоиным А.С. в 80-х годах 20 в. [9,10] для полимербетонного покрытия, уложенного по ортотропной плите проезжей части. Однако, автором работы не рассматривался аспект, обусловленный требованием СП 35.13330.2011 требующий исключать появление трещин в покрытии над главными балками стальных пролетных строений.

Кратко данная проблема упоминается в докторской диссертации Платонова А.С. «Стальные конструкции мостов из ортотропных плитных элементов» 2004 года, где указано, что минимальную толщину листа настила ортотропной плиты нужно назначать из условия трещиностойкости асфальтобетонного покрытия при прогибе листа относительно продольных ребер от воздействия транспортной нагрузки. Однако, основной целью работы являлось исследование работы самих ортотропных плит, а не обеспечение трещиностойкости их покрытий.

С 2010 по 2015 год вопрос изучался Телегиным М.А. в работах [11,12], а также в диссертации «Особенности расчета цельнометаллических пролетных строений автодорожных мостов с учетом совместной работы ортотропной плиты с главными балками и одеждой ездового полотна». В исследовании рассмотрена работа цельнометаллических пролетных строений автодорожных мостов с учетом совместной работы ортотропной плиты с главными балками и одеждой ездового полотна. Работа асфальтобетона также изучена, но в основном в рамках учета его влияния на НДС самого пролетного строения и ортотропной плиты. При этом применяется программа Midas Civil, реализующая метод конечных элементов (МКЭ).

В исследованиях [13,14] и диссертации Полякова С.Ю. «Совершенствование метода расчета долговечности асфальтобетонного покрытия на ортотропной плите мостов по критерию усталостного разрушения» основным предметом исследования являлось образование трещин в асфальтобетонных покрытиях металлических мостов при транспортных нагрузках, и рассматривалась область мостового полотна над прикреплением ортотропной плиты к главным балкам (упомянутая в СП 35.13330.2011).

При этом для построения модели долговечности асфальтобетона были использованы материалы диссертации Дровалевой О.В. «Усталостная долговечность асфальтобетона при воздействии интенсивных транспортных нагрузок». На основе проведенных исследований сделаны, в частности, выводы о том, что циклическое приложение транспортной нагрузки действительно может привести к образованию трещин в означенной области мостового полотна. При этом также использовалась программа Midas Civil, реализующая метод конечных элементов (МКЭ).

Таким образом, можно сделать вывод, что, несмотря на актуальность данной проблемы вопрос о разработке расчетной модели асфальтобетонных покрытий металлических мостов, как правило, не рассматривается и исследователи используют готовые расчетные комплексы, что видно также и по работам зарубежных исследователей [15-17]. В связи с этим целью данной работы является разработка упрощенных расчетных моделей, позволяющих аналитически оценивать НДС металлических мостов по методике, альтернативной численным, и позволяющей проектировать асфальтобетонное покрытие, прогнозировать его работу. Для достижения поставленной цели предполагается:

1. Ввести дополнительно к гипотезе Кирхгофа-Лява предположение о равенстве коэффициентов Пуассона всех слоев осредненному значению.
2. Используя уравнения равновесия вывести результирующее уравнение.
3. Проанализировать возможность получения решения результирующего уравнения известными методами и его применимость к моделированию работы ребристых плит.

2. Материалы и методы.

Основным методом при разработке модели является введение упрощающих гипотез, а именно, принятие следующих предположений.

1. Гипотеза Кирхгофа-Лява.
2. Расчетная схема соответствует рис. 1. Принимаем, что имеется *n-1* слоев, а границ слоев соответственно *n*.
3. Вводится гипотеза, предполагающая, что в многослойной конструкции, состоящей из *n-1* слоев, коэффициент Пуассона каждого слоя одинаков и равен среднему значению μ_{cp} изначально заданных коэффициентов Пуассона μ_i:

$$\mu_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \mu_i}{n-1} \tag{1}$$

4. Используются соотношения теории упругости. Это выражается в том, что составляемые уравнения должны удовлетворять следующим уравнениям равновесия:
   a. Условие самоуравновешенности нормальных напряжений, действующих в направлении оси *Ox*:

$$N_x = \sum_{i=1}^{n-1} \int_{h_i}^{h_{i+1}} \sigma_{xi}(z-h)\, d(z-h) = 0 \tag{2}$$

где N_x - равнодействующая нормальных напряжений в направлении оси *Ox*;

h_i – координата нижней грани *i*-го слоя;

h - координата положения нейтральной поверхности.

   b. Условие приведения нормальных напряжений к изгибающим моментам:

$$M_x = \sum_{i=1}^{n-1} \int_{h_i}^{h_{i+1}} -\frac{E_i \cdot (z-h)^2}{1-\mu_{cp}{}^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu_{cp} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) d(z-h) \tag{3}$$

$$M_y = \sum_{i=1}^{n-1} \int_{h_i}^{h_{i+1}} -\frac{E_i \cdot (z-h)^2}{1-\mu_{cp}{}^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu_{cp} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) d(z-h) \tag{4}$$

где E_i - модуль упругости *i*-го слоя, Н/м^2;

μ_i - коэффициент Пуассона *i*-го слоя;

w - функция перемещений нейтральной поверхности многослойной плиты, зависящая от координат *x* и *y*;

z - ось координат в соответствии с рис. 1.

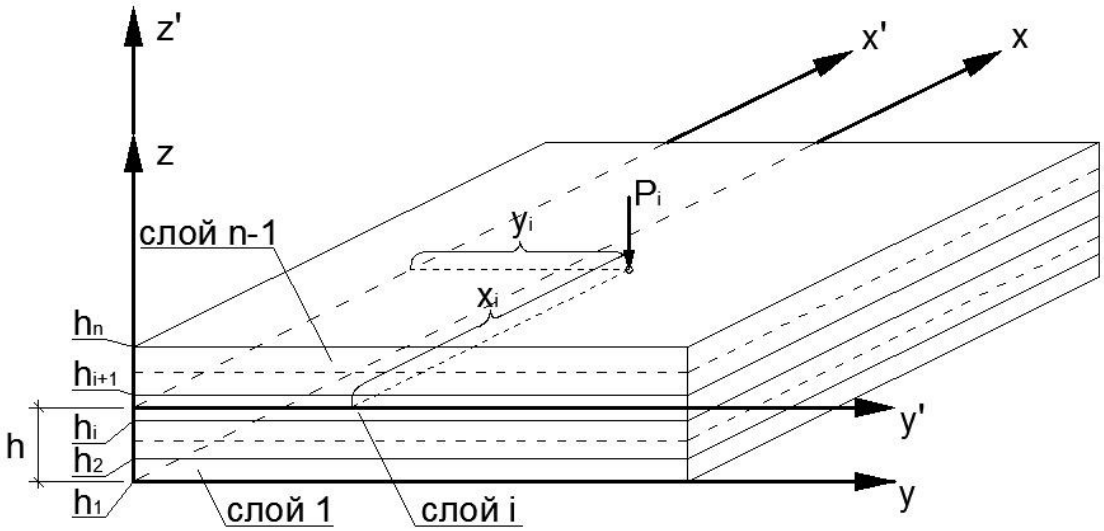


Рис. 1. Расчетная схема многослойной плиты (иллюстрация авторов).
Fig.1. Calculation scheme of a multilayer plate (illustration by the authors).

В уравнениях (2-4) введена координата $z-h$, для возможности найти величину h в явном виде после интегрирования. Математически это осуществляется введением первоначальных координат *xyz* как показано на Рис. 1, т.е. так, чтобы $h_1 = 0$. Затем вводится новая система координат *x´y´z´*, также показанная на Рис. 1, в которой плоскость *x´y´* сдвинута вдоль оси *z* на искомую величину *h*.

3. Результаты и обсуждение.

В соответствии с гипотезой Кирхгофа-Лява, напряжения в плите выражаются следующим образом:

$$\sigma_{xi}(z-h) = -\frac{E_i \cdot (z-h)}{1-{\mu_i}^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu_i \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right) \tag{5}$$

$$\sigma_{yi}(z-h) = -\frac{E_i \cdot (z-h)}{1-{\mu_i}^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu_i \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right) \tag{6}$$

$$\tau_{xyi}(z-h) = -\frac{E_i \cdot (z-h)}{1+\mu_i}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \tag{7}$$

Тогда, подставляя в (2) уравнение (5), с учетом гипотезы, выраженной соотношением (1), получим следующие три уравнения:

$$\sum_{i=1}^{n-1}\int_{h_i}^{h_{i+1}} -\frac{E_i \cdot (z-h)}{1-{\mu_{\text{ср}}}^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu_{\text{ср}} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right) d(z-h) = 0 \tag{8а}$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} -\frac{E_i}{1-{\mu_{\text{ср}}}^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu_{\text{ср}} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)\int_{h_i}^{h_{i+1}} (z-h)\, d(z-h) = 0 \tag{8б}$$

$$-\frac{1}{1-{\mu_{\text{ср}}}^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu_{\text{ср}} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)\sum_{i=1}^{n-1} E_i \int_{h_i}^{h_{i+1}} (z-h)\, d(z-h) = 0 \tag{8в}$$

где (8б) следует из (8а), а (8в) следует из (8б).

В последней строке (8в) уравнение можно сократить на множитель $-\frac{1}{1-\mu_{\text{ср}}{}^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\mu_{\text{ср}}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)$. Таким образом, можно сделать вывод, что гипотеза (1) приводит к расчетной схеме, где положение точки, в которой напряжения (причем, все напряжения) равны нулю, не зависит от координат x и y. Значит можно ввести понятие нейтральной поверхности. Тогда получим следующее уравнение для определения его положения:

$$\sum_{i=1}^{n-1} E_i[(h_{i+1}-h)^2-(h_i-h)^2]=0 \tag{9}$$

Из (9) необходимо найти величину h. Используя формулу разложения разности квадратов, получим:

$$\sum_{i=1}^{n-1} E_i(h_{i+1}-h_i)(h_{i+1}+h_i-2h)=0 \tag{10}$$

Имея в виду, что $(h_{i+1}-h_i)$ – толщина i-го слоя, и обозначая его как $H_i=(h_{i+1}-h_i)$, получим:

$$\sum_{i=1}^{n-1} E_i H_i(h_{i+1}+h_i-2h)=0 \tag{11}$$

Из уравнения (11) следует, что величина h может быть найдена по соотношению:

$$h=\frac{\sum_{i=1}^{n-1} E_i H_i(h_{i+1}+h_i)}{\sum_{i=1}^{n-1} E_i H_i}\cdot\frac{1}{2} \tag{12}$$

Для верификации (12) можно рассмотреть двухслойную плиту общей толщиной H, с одинаковыми слоями. Тогда должно получиться $h=H/2$. Проверим решение, приняв: $E_1=E_2=E; H_1=H_2=\frac{H}{2}; h_1=0; h_2=\frac{H}{2};\ h_3=H$. Подставив данные значения в (12), действительно получаем $h=H/2$.

Аналогично, рассматривая трехслойную плиту общей толщиной H, с одинаковым слоями, примем: $E_1=E_2=E_3=E; H_1=H_2=H_3=\frac{H}{3}; h_1=0; h_2=\frac{H}{3};\ h_3=\frac{2H}{3}; h_4=H$

В результате подстановки в (12) получаем ответ $h=H/2$. А принимая, например, $E_1=E_3=3E$ и $E_3=E$, и оставляя неизменными остальные параметры, получим также ответ $h=H/2$. Из этого делаем вывод, что уравнения (12) были выведены правильно.

Теперь, имея возможность вычислить положение нейтральной поверхности, найдем аналог цилиндрической жесткости, применяемой в уравнениях, описывающих однослойную плиту. Для этого рассмотрим уравнение (3):

$$\begin{aligned}
M_x &= \sum_{i=1}^{n-1}\int_{h_i}^{h_{i+1}} -\frac{E_i\cdot(z-h)^2}{1-\mu_{\text{ср}}{}^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\mu_{\text{ср}}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)d(z-h)=\\
&=\sum_{i=1}^{n-1}-\frac{E_i}{1-\mu_{\text{ср}}{}^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\mu_{\text{ср}}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)\int_{h_i}^{h_{i+1}}(z-h)^2\,d(z-h)=\\
&=-\frac{1}{1-\mu_{\text{ср}}{}^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\mu_{\text{ср}}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)\sum_{i=1}^{n-1}E_i\int_{h_i}^{h_{i+1}}(z-h)^2\,d(z-h)=\\
&=-\frac{1}{3(1-\mu_{\text{ср}}{}^2)}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\mu_{\text{ср}}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right).
\end{aligned} \tag{13}$$

$$\cdot \sum_{i=1}^{n-1} E_i H_i((h_{i+1}-h)^2 + (h_{i+1}-h)(h_i-h) + (h_i-h)^2) =$$

$$= -\frac{1}{3(1-\mu_{\text{ср}}{}^2)}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu_{\text{ср}}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)\cdot$$

$$\cdot \sum_{i=1}^{n-1} E_i H_i\left[\left(h_{i+1}{}^2 + h_{i+1}h_i + h_i{}^2\right) - (h_{i+1}+h_i)\cdot 3h + 3h^2\right]$$

Вывод уравнений для изгибающего момента M_y и крутящего момента M_{xy} осуществляется аналогичным образом, в результате чего получим:

$$M_y = -\frac{1}{3(1-\mu_{\text{ср}}{}^2)}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu_{\text{ср}}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)\cdot$$
$$\cdot \sum_{i=1}^{n-1} E_i H_i\left[\left(h_{i+1}{}^2 + h_{i+1}h_i + h_i{}^2\right) - (h_{i+1}+h_i)\cdot 3h + 3h^2\right] \quad (14)$$

$$M_{xy} = -\frac{1}{3(1+\mu_{\text{ср}})}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu_{\text{ср}}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)\cdot$$
$$\cdot \sum_{i=1}^{n-1} E_i H_i\left[\left(h_{i+1}{}^2 + h_{i+1}h_i + h_i{}^2\right) - (h_{i+1}+h_i)\cdot 3h + 3h^2\right] \quad (15)$$

Если для проверки принять двухслойную плиту общей толщиной H, с одинаковыми слоями, то выражение под знаком суммы должно принять значение, равное цилиндрической жесткости после умножения на $\frac{1}{3(1-\mu_{\text{ср}}{}^2)}$. Проверим решение, приняв: $E_1 = E_2 = E; H_1 = H_2 = \frac{H}{2}; h_1 = 0; h_2 = \frac{H}{2};\ h_3 = H$. В результате после подстановки получаем значение $\frac{EH^3}{4}$, которое после умножения на $\frac{1}{3(1-\mu_{\text{ср}}{}^2)}$ как раз дает значение цилиндрической жесткости $\frac{EH^3}{12(1-\mu_{\text{ср}}{}^2)}$.

Введем величину $D_{\text{сл}}$, которую назовем обобщенной цилиндрической жесткостью многослойной плиты:

$$D_{\text{сл}} = -\frac{1}{3(1-\mu_{\text{ср}}{}^2)}\cdot\cdot \sum_{i=1}^{n-1} E_i H_i\left[\left(h_{i+1}{}^2 + h_{i+1}h_i + h_i{}^2\right) - (h_{i+1}+h_i)\cdot 3h + 3h^2\right], \quad (16)$$

где h величина, вычисляемая по соотношению (12).

С учетом (12) и (16) окончательные уравнения для изгибающих моментов M_x, M_y и крутящего момента M_{xy} выразятся следующим образом:

$$M_x = -D_{\text{сл}}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu_{\text{ср}}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right) \quad (17)$$

$$M_y = -D_{\text{сл}}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu_{\text{ср}}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right) \quad (18)$$

$$M_{xy} = -D_{\text{сл}}(1-\mu_{\text{ср}})\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \quad (19)$$

Уравнения (17)-(19) совершенно аналогичны уравнениям, получаемым с использованием гипотезы Кирхгофа-Лява для однослойных плит. Вследствие этого можно также записать уравнение, подобное уравнению Софи Жермен для однослойной плиты, а именно:

$$D_{\text{сл}}\left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right) = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot \delta(x_i, y_i), \quad (20)$$

где $D_{\text{сл}}$ – определяется по уравнению (16);

P_i – i -я сила, направленная в соответствии с рис. 1 и приложенная в точке с координатами $x = x_i, y = y_i$, z = H;

$\delta(x_i, y_i)$ – дельта функция Дирака, равная нулю везде кроме точки с координатами (x_i, y_i), где интеграл от нее равен единице;

n – количество прикладываемых сил, задаваемое расчетчиком.

Решая уравнение (20), например, методом Бубнова-Галеркина, можно описать НДС многослойной плиты. Однако соответствие полученного решения реальному НДС многослойной плиты требует исследования, которая и будет являться темой дальнейших работ. Были проведены предварительные расчеты для реальных материалов, применяемых в асфальтобетонных покрытиях. Они показали, что при отличии коэффициентов Пуассона от среднего значения не более, чем на 10%, результаты, полученные по предлагаемой методике и полученные в сертифицированных программных продуктах (а именно, в ANSYS), отличаются не более чем на 5 %. Такое отличие коэффициентов Пуассона имеет место именно для материалов, применяемых при изготовлении металлических мостов с асфальтобетонными покрытиями.

Из анализа полученных результатов следует, что введение дополнительной гипотезы, выраженной уравнением (1), позволяет вынести выражение $-\frac{1}{1-\mu_{cp}{}^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\mu_{cp}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)$ за пределы интеграла при подстановке (2) в (5). Такая возможность появляется именно благодаря предположению о том, что коэффициент Пуассона всех слоев одинаков, в противном случае множитель $\frac{1}{1-\mu_{cp}{}^2}$ невозможно было бы вынести за пределы интеграла.

Дальнейшие преобразования показывают, что можно вести понятие нейтральной поверхности, которое определяется величиной h, которую удается выразить в явном виде соотношением (12).

Используя выражения изгибающих моментов через нормальные напряжения можно прийти к тому, что искомая функция перемещений $w(x,y)$ может быть найдена из уравнения (20), подобного уравнению Софи-Жермен. При этом вводится новая величина $D_{сл}$, названная нами обобщенной цилиндрической жесткостью многослойной пластины и описываемая соотношением (16). Из анализа $D_{сл}$ становится видно, что построенная нами теория является более общей, чем использованная для вывода уравнения Софи-Жермен. В частности, если принять, что материалы всех слоев одинаковы, то обобщенная цилиндрическая жесткость $D_{сл}$ сведется к хорошо известной цилиндрической жесткости D, используемой для расчета однослойных плит.

Методы решения уравнения (20) хорошо известны для различных условий закрепления и нагружения. Для условий подкрепления плиты системой перекрестных ребер жесткости методика расчета представлена нами в [18].

Однако представленный выше подход требует проверки в двух аспектах. Во-первых, необходимо провести расчет методом конечных элементов при различных коэффициентах Пуассона слоев и сравнить получаемые напряжения с предлагаемой нами моделью. Это необходимо для оценки разницы в результатах, возникающей при определении напряжений численными методами и предложенной методикой, которая вызвана гипотезой о равенстве коэффициентов Пуассона. Во-вторых, необходимо сделать более детальный расчет методом конечных элементов асфальтобетонного покрытия металлического моста с ортотропной плитой для определения возможности применения к данному виду конструкций гипотезы Кирхгофа-Лява. Это вызвано тем, что при положительных температурах модуль упругости битума защитно-сцепляющего слоя может на несколько порядков отличаться от модуля упругости асфальтобетона и тем более стали. Это в свою очередь может привести к зигзагообразной форме нормальных деформаций по толщине мостового полотна.

4. Заключение.

Введение гипотезы о равенстве коэффициентов Пуассона позволяет ввести понятие нейтральной поверхности для многослойной плиты и определить место ее расположения.

Преобразования уравнений, полученных с используемыми гипотезами, позволяют свести задачу к уравнению типа Софи-Жермен. При этом вводится новый параметр $D_{сл}$ – обобщенная цилиндрическая жесткость.

Основываясь на проведенных ранее исследованиях, полученное уравнение может быть использовано для описания работы ребристых плит, в частности, ортотропных плит металлических мостов.

В дальнейшем необходимо оценить границы ошибки, возникающей при определении напряжений в многослойной плите, вызванной гипотезы о равенстве коэффициентов Пуассона их среднему значению и гипотез Кирхгофа-Лява.

Список литературы / References

1. Aleksandrov A. S., Smirnov A. V., Semenova T. V. Stress Investigation in Pavement Layers and a New Nalculation Model // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. pp. 813–820. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.813.
2. Александров А.С., Калинин А.Л., Семенова Т.В. Определение первой критической нагрузки для дорожных конструкций // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. № 1(86). С. 116-131. [Aleksandrov A.S., Kalinin A.L., Semenova T.V. Determination of the first critical load for road structures // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2022. № 1(86). P. 116-131.]
3. Смирнов А.В., Баженова А.Ю., Демин А.С. О критериях динамической прочности проезжей части автомобильных дорог: Материалы международной научно-практической конференции ИННОВАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА / Сибирский государственный университет путей сообщения. Новосибирск, 2018. С. 110-114. [Smirnov A.V., Bazhenova A.Yu., Demin A.S. On the criteria for the dynamic strength of the roadway: Proceedings of the international scientific and practical conference INNOVATIVE FACTORS OF DEVELOPMENT TRANSPORT. THEORY AND PRACTICE / Sibirskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya. Novosibirsk, 2018. P. 110-114.]
4. Gayfutdinov R., Bajmukhametov G., Hafizov E. Pavement wear process and abrasive wear resistance of asphalt concrete // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 274. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127402008
5. Vdovin E., Stroganov V., Konovalov N. Modification of Road Soil Cement with Activated Fillers // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Vol. 150. pp. 335-345. DOI: 10.1007/978-3-030-72404-7_33
6. Lijun Sun The structural behavior of overlaid asphalt pavements // Structural Behavior of Asphalt Pavements. 2016. pp. 501-547. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849908-5.00007-9.
7. Yu Liu, Peifeng Su, Miaomiao Li, Zhanping You, Mohan Zhao Review on evolution and evaluation of asphalt pavement structures and materials // Journal of Traffic and Transportation Engineering. 2020. Vol. 7. pp. 573-579. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.05.003.
8. Щербаков А.Г., Наумова Г.А., Овчинников И.Г., Бочкарев А.В. Прикладная механика дорожных одежд на мостовых сооружениях. Волгоград: Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2006. 220 с. [Sherbakov A.G., Naumova G.A., Ovchinnikov I.G., Bochkarev A.V. Applied mechanics of pavements on bridge structures. Volgogradskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet, 2006. 220 p.]
9. Судомоин А. С. Некоторые аспекты совместной работы стальной ортотропной плиты и покрытия на разводных пролетах мостов // Вопросы надежности мостовых конструкций: Межвузовский тематический сборник трудов. 1984. С. 45-55. [Sudomoin A. S. Some aspects of joint operation of steel orthotropic plate and pavement on drawbridge spans // Voprosy nadezhnosti mostovyh konstrukcij: Mezhvuzovskij tematicheskij sbornik trudov. 1984. P. 45-55.]
10. Судомоин А. С. О напряженно-деформированном состоянии слоя полимербетонного покрытия, уложенного по ортотропной плите проезжей части // Совершенствование конструкций и методов расчета автодорожных мостов: Межвузовский тематический сборник трудов. 1986. С. 52-60. [Sudomoin A. S. On the stress-strain state of a layer of polymer concrete pavement laid on an orthotropic slab of a roadway // Sovershenstvovanie

konstrukcij i metodov rascheta avtodorozhnyh mostov: Mezhvuzovskij tematicheskij sbornik trudov. 1986. P. 52-60.]
11. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Телегин М.А. Оценка применимости различных материалов для устройства дорожных одежд на мостах с металлической ортотропной плитой проезжей части: Материалы международной научно-практической конференции ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ СИБИРИ / Сибирский федеральный университет. Красноярск, 2016. С. 151-156. [Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Telegin M.A. Evaluation of the applicability of various materials for the construction of pavements on bridges with a metal orthotropic roadway deck: Proceedings of the international scientific and practical conference TRANSPORT SYSTEMS OF SIBERIA / Sibirskij federal'nyj universitet. Krasnoyarsk, 2016. P. 151-156.]
12. Телегин М.А., Овчинников И.Г. Исследование совместной работы стальной ортотропной плиты с дорожной одеждой на ней при их различных параметрах // Транспортные сооружения. 2015. Т. 2. № 2(6). [Telegin M.A., Ovchinnikov I.G. Study of joint operation of a steel orthotropic slab with pavement on it with their different parameters // Transportnye sooruzheniya. 2015. T. 2. № 2(6).]
13. Yashnov A.N, Polyakov S. Yu. Experimental determination of stress-strain state of asphalt pavement on metal bridges // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2018. № 3(39). pp. 93-106.
14. Поляков С.Ю. Совершенствование конструкции проезжей части металлических мостов с учетом особенностей характера работы одежды ездового полотна // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 174-184. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-174-184. [Polyakov S.Yu. Improving the design of the roadway of metal bridges, taking into account the peculiarities of the nature of the work of the clothing of the roadway // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2020. V. 22. № 2. P. 174-184. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-174-184.]
15. Kokkalis A., Panetsos P. Asphalt bridge deck pavement behavior, the Egnatia experience // Bituminous Mixtures and Pavements. 2015. Vol. 6. pp. 789-793. DOI: 10.1201/b18538-112.
16. Leilei Chen, Zhendong Qian, Daoxie Chen, Ya Wei Feasibility Evaluation of a Long-Life Asphalt Pavement for Steel Bridge Deck // Advances in Civil Engineering 2020. 2020. DOI: 10.1155/2020/5890945.
17. Xunqian Xu, Yu Li, Wei Huang, Dakai Chen Fatigue Design of Steel Bridge Deck Asphalt Pavement Based on Nonlinear Damage Accumulation Theory // Applied Sciences. 2020. № 11(12). DOI: 10.3390/app11125668.
18. Grishin I., Kayumov R., Ivanov G., Petropavlovckikh O. Computational Model of Rib-Reinforced Plate // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 890. DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/890/1/012036.

Информация об авторах

Илья Валерьевич Гришин, ассистент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.
Email: il6357grishin@yandex.ru
Рашит Абдулхакович Каюмов, доктор физико-математических наук, профессор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация.
Email: kayumov@rambler.ru

Information about the authors

Ilya V. Grishin, assistant, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: il6357grishin@yandex.ru
Rashit A. Kayumov, doctor of physical-mathematical sciences, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: kayumov@rambler.ru

УДК: 712.25
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_129
EDN: ZAMYEC

Реорганизация городских общественных пространств с учетом сохранения идентичности

М.Р. Саляхова[1], А.В. Степанчук[1], В.М. Саляхова[2]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Российская Федерация
[2]ООО «КБ МОРЕ»
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи*. В условиях глобализации вопросы выявления и трансляции идентичности территории при реорганизации парков, скверов, набережных являются особенно актуальными. Цель исследования – показать специфику применяемых современных методов обследования городских общественных пространств, обеспечивающих сохранение территориальной идентичности с использованием временных архитектурных сооружений, как способа передачи нематериальных аспектов истории территории, а также дополнения или изменения сценарного использования городской среды. Основными задачами являются исследование различных видов понятия «локальная идентичность»; выявление современных тенденций и подходов к реорганизации городских общественных пространств как части городской среды; выработка рекомендаций по применению методологического арсенала при формировании общественных пространств с учетом сохранения ценностных смыслов проектируемой территории.
Результаты. На примере парков во Владивостоке и в Казани продемонстрирован процесс выявления и учета локальной идентичности при реновации парков и при их дальнейшем функционировании.
Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры и градостроительства заключается в том, что предложенная комплексная методология исследования территории позволяет выявить проблемы и определиться с подходами по сохранению «духа места». Такой комплексный методологический аппарат исследования территории имеет практическое и теоретическое значение в градостроительной деятельности при проектировании общественных пространств в современных условиях. Представленный опыт показывает эффективность выработанных методов, включая партисипативные подходы, и поможет в дальнейшем на практике оптимизировать алгоритм намеченной стратегии по выявлению и сохранению «духа места» и архитектурного своеобразия среды.

Ключевые слова: локальная идентичность, событийность, дух места, общественные пространства.

Для цитирования: Саляхова М.Р., Степанчук А.В., Саляхова В.М. Реорганизация городских общественных пространств с учетом сохранения идентичности // Известия КГАСУ. 2022. № 4 (62). С.129-141, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_129, EDN: ZAMYEC

Reorganization of urban public spaces taking into account the preservation of identity

M.R. Salakhova [1], A.V. Stepanchuk [1], V.M. Salakhova [2]
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation
[2]Design Office MORE
Moscow, Russian Federation

Abstract: *Problem statement.* In the context of globalization, the issues of revealing and translating the identity of the territory in the reorganization of parks, squares, embankments are especially relevant. The aim of the study is to show the specifics of modern methods used to survey urban public spaces, ensuring the preservation of territorial identity with the use of temporary architectural structures as a way to transfer the intangible aspects of the history of the territory, as well as complementing or changing the scenario use of the urban environment. The main objectives are to study various types of the concept of "local identity"; to identify current trends and approaches to the reorganization of urban public spaces as part of the urban environment; to develop recommendations on the use of methodological arsenal in the formation of public spaces, taking into account the preservation of the value meanings of the projected territory.
Results. Using the example of parks in Vladivostok and Kazan, the process of identifying and taking into account local identity during the renovation of parks and their further functioning is demonstrated.
Conclusions. The results obtained are significant for the architecture and urban planning because the offered complex methodology of territory research allows revealing the problems and determining the approaches for the preservation of the "spirit of place". This complex methodological apparatus of territory research has practical and theoretical value in urban planning activities in the design of public spaces in modern conditions. The presented experience shows the effectiveness of the developed methods, including participative approaches, and will help in the future in practice to optimize the algorithm of the planned strategy to identify and preserve the "image" and architectural uniqueness of the environment.

Key words: local identity, eventfulness, image, public spaces.

For citation: Salyakhova M.R., Stepanchuk A.V., Salyakhova V.M. Reconstruction of urban public spaces taking into account the preservation of identity // News KSUAE. 2022. № 4 (62). P. 129-141, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_129, EDN: ZAMYEC

1. Введение

В последние десятилетия в мировой проектной практике развивается тенденция формирования и реорганизации общественных пространств с учетом сохранения нематериальных аспектов историко-культурного наследия. Это позволяет зафиксировать память места, сохранить его своеобразие в условиях глобализации, сформировать у жителей чувство преемственности. Так, при реконструкции порта города Ольборг (Дания), отрезка набережной пролива Ист-Ривер в Нью-Йорке с формированием Бруклин-Бридж-парка в благоустройстве использованы как приспособленные аутентичные элементы портового оборудования, так и новые объекты, созданные из подобных строительных и отделочных материалов. В Постиндустриальной долине «Парко Дор» в Турине (Италия) сохранены и включены в проект благоустройства элементы промышленного наследия предприятий этой территории. В проекте благоустройства набережной «Албанский ковер» в рыбацкой деревне Широка (Албания) создано живое общественное пространство с домашним характером за счет использования в рисунке мощения узоров традиционных ковров, которые ткали женщины этой деревни.

На сегодняшний день в российских городах происходят значительные изменения в подходах к проектированию общественных пространств. Это, прежде всего, связано с изменением градостроительной политики нашей страны, где пространство рассматривается как место встречи и диалога всех участников. Переосмысление городских пространств происходит благодаря государственным, региональным и городским программам. Соучаствующее проектирование – важный тренд в принятии решений по формированию изменений общественных пространств с сохранением «духа места». Предпроектный анализ исторической городской среды включает выявление материальных и нематериальных аспектов историко-культурного наследия [1].

В российской практике множество ярких примеров реализации проектов благоустройства общественных пространств. Программа развития общественных пространств Республики Татарстан, которая реализуется с 2015 года, удостоилась Международной архитектурной Премии Ага Хана (Aga Khan Award for Architecture) в 2019 году наряду с еще пятью проектами-победителями из разных стран.

Восприятие цельного образа города и его локальных ландшафтных объектов формируется на основе значимости и идентичности места [2]. Успешный опыт проектирования общественных пространств в Татарстане свидетельствует о востребованности и значимости территорий, которые связаны с историческими событиями и являются носителями символической ценности.

Социологи, географы, философы, культурологи и архитекторы занимаются изучением феномена городской идентичности, который был введен в российскую научную литературу Э. Эриксоном [3]. В последние десятилетия исследования проводились на стыке нескольких наук. Это городская социология (Urban sociology), которая изучает образ города, его восприятие жителями и туристами, символическую нагрузку городской среды [4]; психология восприятия, которая исследует субъективное состояние человека в архитектурной среде, а также его способность запоминать события, связанные с территорией, выстраивать ассоциативные связи, интерпретировать значения форм и формировать «чувство места» [5, 6].

Дягилева Н. в исследовании социологических аспектов идентичности отмечает иное понимание этого феномена: «городская идентичность» – «восприятие жителей города о себе как жителях этого (своего) города», «городская идентичность» – представления о городе, которые описывают «его сущность, специфику, особенности, сходства и различия с другими городами» и «идентичность с городом» – восприятие города человеком «как контекста индивидуальной биографии» [7]. В рамках данной статьи авторы остановятся на первом варианте понимания феномена городской идентичности, учитывающем единство социокультурного пространства города.

Город имеет физические границы, зафиксированные в пространстве, и символические границы, сформированные горожанами с учетом восприятия города как своего собственного, на основе знания истории своего города, удовлетворенности социальным кругом общения.

Символические границы города основаны на образе города. В то же время параллельно существуют два типа образов одного и того же города: «свой город» каждого жителя, связанный с местами личной значимости, с субъективными переживаниями и воспоминаниями, и «наш город» — это собирательный образ города, формируемый городским сообществом [4, 7]. Яковлева М. В. отмечает, что «горожане являются одной из наиболее общих групп, к которым индивид может принадлежать; и именно символ города должен стать механизмом, с помощью которого формируется городская идентичность, связь с городским сообществом» [4].

Выявление ключевых точек коллективного образа города, созданного наложением множества индивидуальных образов [8], позволяет формировать общественные пространства, усиливающие у жителей чувство городской идентичности [9].

Сложный процесс восприятия городской среды формируется, в том числе, под воздействием звуков. Понятие «звуковой ландшафт» (soundscape) было предложено еще в 1960-х годах основателем акустической экологии Р. М. Шефером (R. Murray Schafer). Это определение было впервые сформулировано во время первых полевых исследований проекта World Soundscape (WSP), организованного Шефером вместе с коллегами по

университету. «Звуковой ландшафт» определяется им как «полифония, единство множества слышимых элементов» [10] или как звуковая информация, воспринимаемая конкретным человеком в определенном месте. Введенная им терминология помогает объяснить идею о том, что звук определенного места может выражать индивидуальность сообщества, его идентичность в пространстве, которую можно распознать по звуковому ландшафту наряду с местной архитектурой, устоявшимися обычаями и традициями. По словам К. Майоровой, «звуковая среда города принуждает нас к определенным моделям поведения, и ее комфортность определяется, прежде всего, содержанием звука. Поэтому его производство должно осуществляться с учетом интересов окружающих» [11]. Наполнение пространства может быть разным: это звуки людей при движении (пешком, на велосипедах, скутерах и т.д.), выступления уличных музыкантов, естественные звуки природы (пение птиц, журчание воды, шум листвы) и др. Исследуя территорию с точки зрения этого аспекта, можно зафиксировать поведенческие реакции человека на определенный звук и смоделировать в дальнейшем траекторию движения людей [12, 13].

По мнению А.Л. Гельфонд, «публичное пространство – это пространство для общения и социальной активности, организованное в соответствии с доминирующей функцией» [14]. В современном контексте стратегии развития города общественное пространство рассматривается не просто как дополнительный элемент города, а как компонент, меняющий его облик, как «городская гостиная» [15]. Парки, скверы и другие типологии, грамотно интегрированные в городскую структуру, создают единый общественно-рекреационный каркас, формируя образ города, преобразуя прилегающие территории и оказывая положительное влияние на его экономику [16, 17]. Такая трактовка городской среды направлена в первую очередь на улучшение экологии и снижение негативного воздействия мегаполиса. При этом «жизнеспособность городской экосистемы, так же, как и природной, обеспечивается совокупностью разнообразных компонентов» [18].

Каждое пространство важно наделить индивидуальным архитектурно-образным решением, чтобы закрепить его в визуальном восприятии человека в городской структуре в целом. Пренебрежительное отношение к процессу идентификации, формирования и поддержания символической идентичности города может иметь следующие последствия: «безликость» районов, акты вандализма, повышение уровня тревожности среди жителей района, неудовлетворенность городской средой и раздражительность, появление «забытых», «потерянных» районов в городе. Возникает семантический диссонанс как следствие несоответствия между формальным и действительным содержанием территории. Таким образом, крайне важно в процессе проектирования общественных пространств учитывать особенности формирования символической идентичности города, выявлять и сохранять характерные черты уникальности города [19, 20].

Цель исследования – показать специфику современных методов обследования городских общественных пространств, обеспечивающих выявление и сохранение материальных и нематериальных компонентов «духа места».

В качестве основных задач были обозначены следующие: исследование междисциплинарных аспектов формирования понятия «локальная идентичность»; выявление современных тенденций и подходов к реорганизации городских общественных пространств; выработка рекомендаций по применению методик формирования общественных пространств с учетом сохранения локальной идентичности территории.

2. Материалы и методы

Наряду с общенаучными методами, такими как анализ, синтез, индукция, дедукция, аналогия, в исследовании были использованы специфические методы, которые позволили репродуцировать, представить и проанализировать исторические аспекты территории в хронологической последовательности. Комплекс представленных методов представляет собой совокупность следующих подходов: натурные наблюдения, ментальные карты, онлайн-анкетирование, глубинные интервью, соучаствующее проектирование или партисипативные практики (публичные слушания, встречи со стейкхолдерами), теоретический сравнительный анализ информации.

В качестве первого объекта исследования был выбран парк около ДК имени Саид - Галиева в городе Казани.

Комплексное исследование исторической территории парка при ДК имени Сахибгарея Саид - Галиева в городе Казани проводилось в контексте сохранения локальной идентичности, «духа места». Для оценки текущего состояния территории парковой зоны были использованы метод натурных исследований и фотофиксация. Метод междисциплинарного синтеза, включающий проведение социологического опроса местных жителей, экспертов в области городского развития, выявление особенностей территории, определение всех городских субъектов и заинтересованных сторон (стейкхолдеров), моделей их поведения позволил вовлечь в процесс проектирования все заинтересованные стороны и получить эмпирические данные о приоритетных направлениях развития территории. Ретроспективный анализ, направленный на выявление ключевых этапов развития территории парка, заключался в сборе, систематизации и обобщении исторических данных. Градостроительный анализ позволил определить функциональные зоны городской среды, состояние транспортной и инженерной инфраструктур.

Второй объект исследования - парк культуры и отдыха им. С.Лазо.

Территория парка расположена на берегу Амурского Залива в 20 километрах от центра города Владивосток. Перед проектировщиками КБ МОРЕ (руководитель Саляхова В.М.) также стояли задачи по воссозданию культурного кода и идентичности места, что отразилось не только в планировочном решении парка, но и функциональном наполнении. Территория является частью набережных зон города в целом. Поэтому важно было бережно сохранить, воссоздать ключевые элементы, символизирующие «дух места», а также привнести что-то новое для подрастающего поколения.

Парк культуры и отдыха им. Сергея Лазо входит в Стратегию пространственного развития прибрежных территорий г. Владивостока и острова Русский «Морская столица». Цель проекта — комплексное видение развития прибрежных территорий в рамках стратегии «Владивосток 2050», охватывающее все аспекты, от экологии и туризма до транспорта и регулирования застройки. Предпроектное исследование территории проводилось с применением методов междисциплинарного синтеза и включало в себя социологический опрос горожан по функциональному насыщению территории и комплексный градостроительный анализ, который объединил:

- документальный анализ (историческая справка за все периоды, сбор интересных фактов);
- ретроспективный анализ (данные спутниковых съемок 1965, 2021 годов и процесса трансформации береговой линии);
- анализ территории в структуре общественно-рекреационного каркаса набережных;
- анализ существующего функционального зонирования;
- анализ существующей транспортной, пешеходной и велосипедной доступности;
- анализ существующего озеленения;
- ландшафтно-визуальный анализ;
- определение стратегии пространственного развития прибрежных территорий;
- анализ Парка культуры и отдыха им. Сергея Лазо, как зоны с особыми условиями использования территории;
- фотофиксация территории;
- определение границ земельного участка под парк им. Сергея Лазо на основе кадастровой карты.

3.Результаты и обсуждение

Историческая значимость территории парка около ДК Саид - Галиева.

Территория расположена в Советском районе г. Казани в поселке Дербышки. Сахибгарей Саид-Галиев (06.03.1894 - 29.10.1938) — советский государственный и партийный деятель. Дворец культуры им. Саид - Галиева был открыт в 1959 году, сегодня он признан объектом культурного наследия местного значения. С этого времени и началось развитие парка. Авторами выделены следующие периоды развития парка:

1. Период 1917-1945 гг. – основание поселка Дербышки (1932 г); формирование территории парка на основе существующего ландшафта; появление зон отдыха (танцплощадка, летний кинотеатр) и зон спортивных площадок; зеленое оформление парка в виде линейной посадки из тополя.
2. Период 1946-1956 гг. – строительство многоцелевого стадиона «Ракета» (1947 г.); появление новой функциональной зоны - эстрады; электрификация парка; появление грунтовых дорог; зеленое оформление парка в виде групповой посадки из березы.
3. Период 1957-1970 гг. – открытие Дворца культуры им. Саид - Галиева (1959 г.). В парке: открытие мемориальной площадки (9 мая 1964г.); формирование регулярной планировки и дальнейшее благоустройство; возведение сооружений и малых архитектурных форм (входная группа, информационные стенды, Доска почета (1963-1972 гг.), монумент героям, павшим в Великой Отечественной Войне (ВОВ) и Вечный огонь); перенос главной площади и аллеи; асфальтирование основных дорог; зеленое оформление парка по периметру в виде линейной посадки из хвойных деревьев.
4. Период 1972-1974 гг. – реконструкция Мемориала воинам, погибшим в годы Великой Отечественной Войны 1941-1945 г.г.; строительство фонтана «Слезы матерей».
5. Период 1975-1991 гг. – дальнейшее благоустройство территории; возведение металлической ограды; текущий уход за насаждениями.
6. Современный период – в непосредственной близости находятся Дворец культуры им. Саид - Галиева с реконструированной площадью и фонтаном, спортивный комплекс со стадионом и бассейном, школа, детский сад, жилые дома. Жители данного района – это активные пользователи парка, территория которого востребована как пространство для тихого отдыха, занятий спортом и проведения разнообразных культурных-досуговых мероприятий (праздники, концерты, игровые программы, танцевальные мероприятия).

Исследования показали, что парк в настоящее время, несмотря на утраченный первоначальный вид, продолжает круглогодично использоваться местным населением. Богата своей историей территория парка. Горожане продолжают бережно хранить память о жителях блокадного Ленинграда, которые были эвакуированы в пос. Дербышки. Именно по их инициативе в 1964 в парке были установлены символы памяти: монумент жителям блокадного Ленинграда, Вечный огонь героям-защитникам, павшим в годы Великой Отечественной войны, и мемориальная доска. Результаты соучаствующего проектирования выявили основную направленность концепции реорганизации парка в ретро-стиле. Архитекторы постарались воссоздать дух середины прошлого века, когда разносились звуки оркестра, люди вальсировали на танцплощадках, участвовали в спортивных мероприятиях, демонстрациях и праздниках.

Проблемы территории и ресурсы развития территории парка около ДК им. Саид Галиева.

При подготовке статьи были использованы проектные материалы коллектива авторов - творческой группы при Мэрии Казани (руководитель Д.Толовенкова, главный архитектор проекта В.Саляхова). Проект реализован в 2020 году в рамках государственной программы «Формирование современной городской среды на территории Республики Татарстан» на 2018–2022 годы (постановление КМ РТ от 30.10.2017 № 823). В результате комплексного обследования территории обозначился ряд проблем, которые позволили сформировать концептуальное решение по реорганизации паркового пространства и определить стратегию его развития с учетом уникальности места.

Основные выявленные проблемы территории: отсутствие целостной структуры пространства; не задействованы многие зоны; отсутствие привлекательности территории для современной молодежи; отсутствие элементов и объектов инфраструктуры, в том числе системы информационной навигации; неблагоустроенность территории; низкая обеспеченность безопасности парковой среды; парковые элементы физически устарели и требуется их восстановление. Символическим ресурсом культурной памяти территории являются объекты, связанные с событиями Великой Отечественной Войны. Их сохранение и восстановление являются частью концептуального решения архитектурно-ландшафтной организации парка.

Концепция развития территории парка около ДК им. Саид - Галиева.

В основу концепции парка у ДК им. Саид - Галиева легли богатая история поселка Дербышки и событийность самого парка, бывшего традиционным местом проведения различных городских мероприятий. Концепция была сформирована на идее возрождения в парке ретро-атмосферы 1960-х годов. Предложенное дизайн-решение по оформлению главного бульвара в ретро-стиле призвано сохранить связь поколений, обеспечить преемственность истории, передать следующим поколениям через атмосферу парка основные социокультурные ценности и элементы нематериального культурного наследия. В концепции заложено восстановление и воссоздание утраченных скульптур в духе времени советской эпохи. Существующие элементы благоустройства предлагалось дополнить новыми в общей стилистике: классическими чугунными скамьями вдоль аллеи с фонарями; вендинговыми автоматами с газировкой в ретро стиле, информационными стендами на входах в парк. Локальная идентичность парка нашла также отражение в дизайне кафе, павильонов и малых архитектурных форм. Было предложено использование орнаментов и паттернов, характерных для деревянной парковой архитектуры 1960-х годов (рис.1).

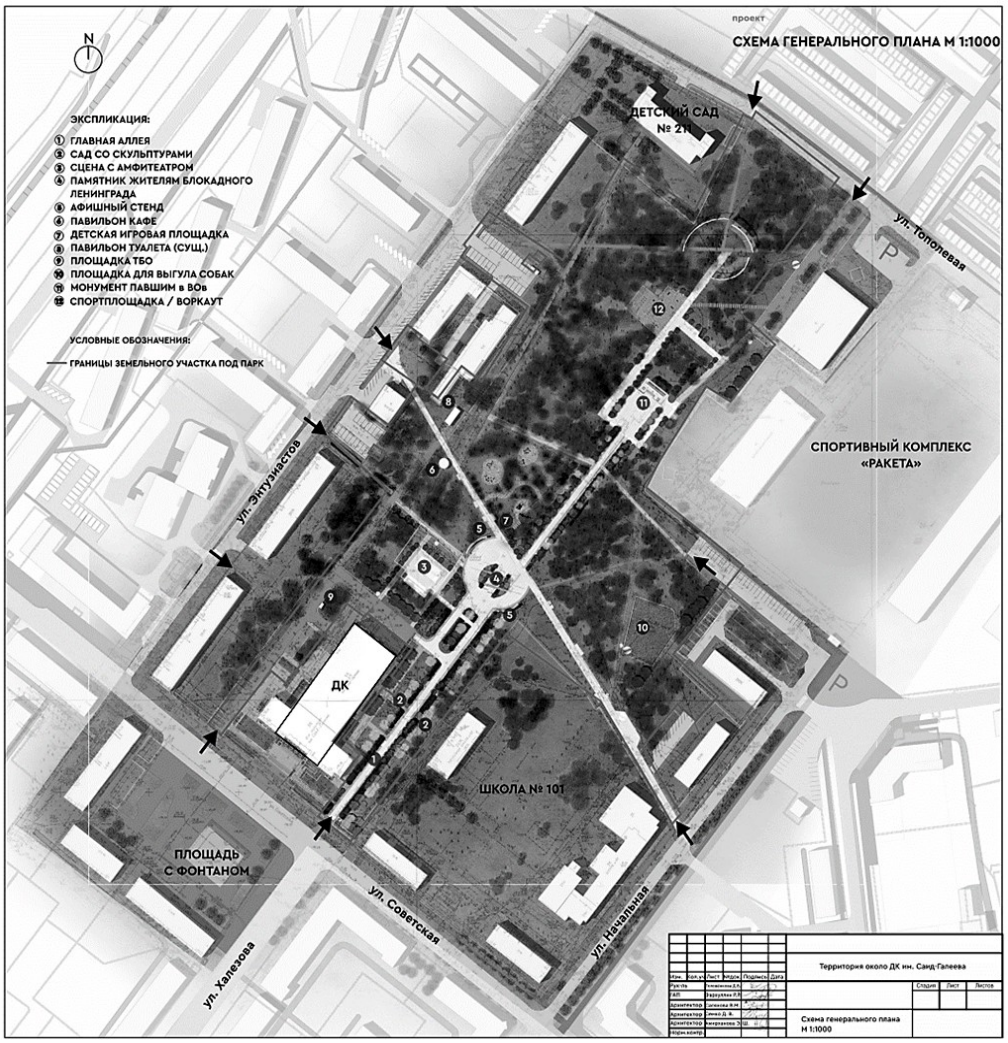


Рис.1. Схема генерального плана (иллюстрация авторов)
Fig.1.Scheme of the master plan (illustration by the authors)

По результатам соучаствующего проектирования были определены функциональные зоны парка, их расположение и наполнение. Структурно все основные зоны расположены на главной парадной аллее парка, как основной композиционной оси. Исторические события закрепили в названиях аллей парка, что позволило сформировать своеобразные ориентиры на его территории. Проектом предусмотрена обновленная сцена с амфитеатром, система навигации, площадки различного назначения и др. (рис. 2).

Планировочная структура парка сохраняет существующий ландшафт с вековыми соснами. В природной части парка предусмотрено расположение зоны тихого отдыха, площадки для занятий спортом и детской игровой зоны. Значимость главной парадной аллеи парка, как основной композиционной оси, подчеркивается ландшафтно-визуальными акцентами в виде цветущих кустарников сирени, жасмина и дикой вишни.

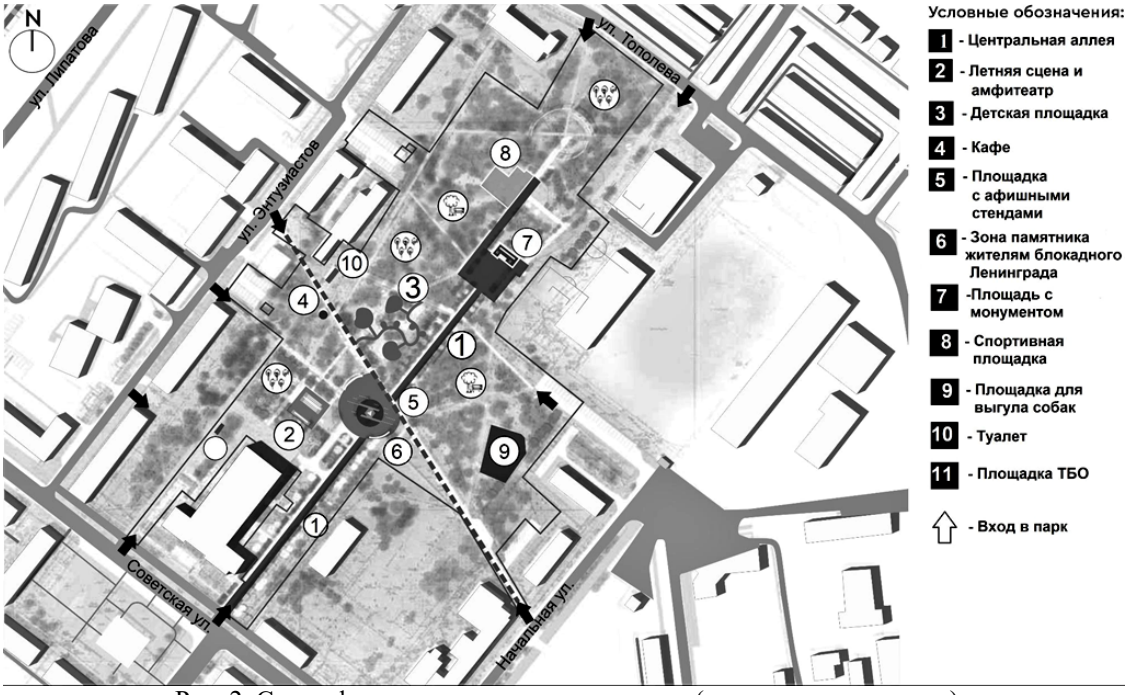


Рис. 2. Схема функционального зонирования (иллюстрация авторов)
Fig.2. Functional zoning scheme (illustration by the authors)

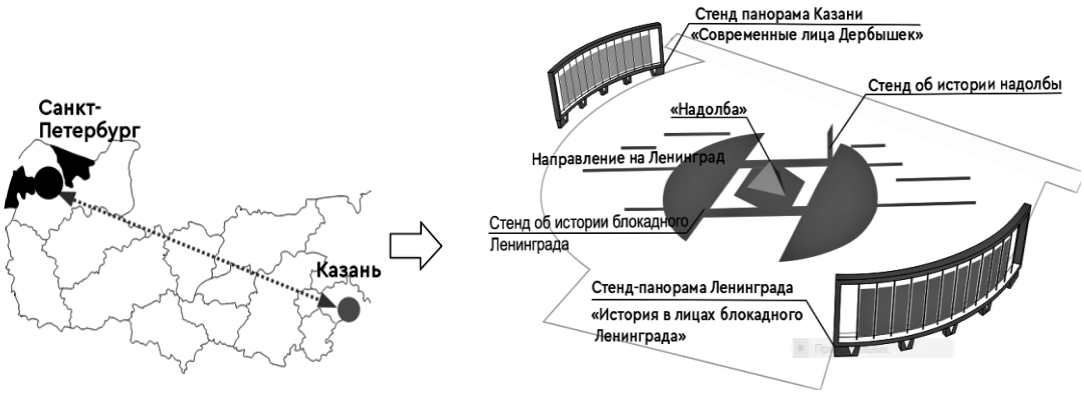


Рис. 3. Концепция интерактивных стендов (иллюстрация авторов)
Fig.3.The concept of interactive stands (illustration by the authors)

Проблема отображения темы Великой Отечественной войны (ВОВ) в концепции проекта одна из ключевых. Противотанковые надолбы устанавливали в качестве барьера для продвижения боевой техники немецких войск в годы ВОВ. Воссоздание этого символа ценно для жителей поселка Дербышки, сохранивших память о блокадном Ленинграде. Важность восстановления мемориального комплекса и знакового сооружения-надолбы, посвященных событиям Великой Отечественной войны, также учтена в проекте реорганизации парка (рис. 3).

Концепцией также предусмотрено обновление стендов, размещенных в зоне памятника жителям блокадного Ленинграда, и замена их на современные сенсорные

экраны с размещением информации, связанной как с историей поселка Дербышки, так и с именами героев ВОВ, чьи подвиги невозможно забыть (рис. 3).

Проблемы территории и ресурсы развития территории парка культуры и отдыха им. С.Лазо.

Предпроектный анализ позволил выявить ряд проблем: отсутствует единая беспрепятственная береговая линия; доступ к воде от города отрезан железнодорожными путями; недостаток парковочных мест для посетителей парка; устаревшие покрытия и недостаточная освещенность парка; хаотичное размещение коммерческих объектов; устаревшие малые архитектурные формы; неблагоустроенная пляжная зона; отсутствие среды для маломобильных групп населения при входе и на территории парка.

Историческая значимость территории парка культуры и отдыха им. С.Лазо.

Парк культуры и отдыха находится на берегу Амурского Залива в 20 километрах от центра города Владивосток и пользовался популярностью в советское время. На территории проводилось множество мероприятий, функционировали аттракционы для детей, зимой заливали каток. Жители Владивостока вспоминают с ностальгией о времени, проведенном там.

Концепция парка культуры и отдыха им. С.Лазо основывается на бережном воссоздании знаковых элементов прошедшей эпохи, вписывающихся в обновленное под нужды времени пространство. Один из ключевых принципов при разработке концепции - всесезонное использование парка. Такой подход позволяет максимально эффективно использовать потенциал рекреационной зоны, дает возможность организовать разнообразный отдых посетителей и создает условия для развития малого и среднего бизнеса (рис.4).

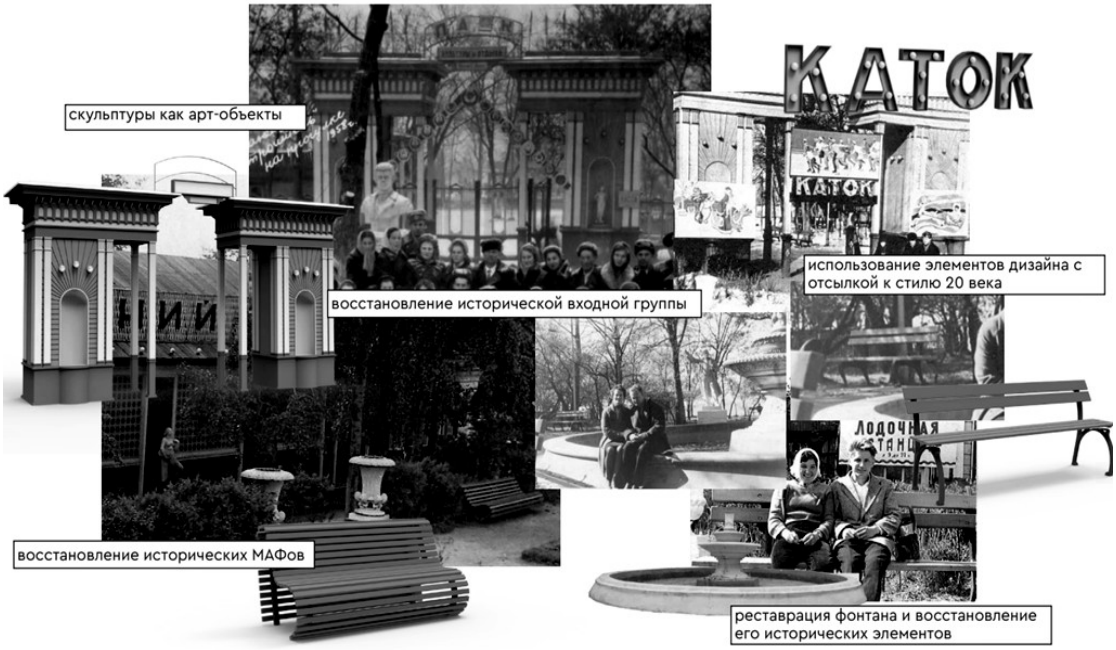


Рис.4. Принципы формирования концепции парка культуры и отдыха им. С.Лазо (иллюстрация авторов)
Fig.4. Principles of formation of the concept of the Park of culture and recreation named after S.Lazo (illustration by the authors)

Дизайн, стилистика средовых объектов парка культуры и отдыха им. С.Лазо выполнены в соответствии с общей концепцией сохранения «духа места». Поэтому, наряду с созданием новых архитектурных объектов проектом предусмотрено воссоздание утраченных элементов (реконструкция входной группы, сцены для кинопоказа и проведения мероприятий). Скульптура в советский период была одной из значимых атрибутов паркового ансамбля в целом. В связи с этим планируется размещение скульптурных композиций, выполненных в стиле этого периода. Дальнейшее наполнение территории временными сооружениями и объектами благоустройства происходит в

соответствии с визуальным дизайн-кодом территории. Это относится как к элементам утилитарного характера (скамьи, информационные стенды, пляжные кабинки, туалеты, спасательная вышка, урны, ограждения, мощение площадок и аллей, спортивные и детские площадки и т. д.), так и художественного назначения (фонтан, амфитеатр, беседки, многофункциональный павильон, шахматный клуб, здания ресторана, кафе и фудкорта). Грамотное сочетание всех элементов парка создает целостный образ пространства, способствует гармонизации архитектурной и природной среды.

Данные примеры показывают, что парки с сильной концептуальной идеей, отражающей уникальность и «дух места» с продуманным дизайном и сценарным наполнением становятся местом притяжения всей пользовательской аудитории, в том числе и инфраструктурных арендаторов.

Результаты проведенной работы демонстрируют необходимость комплексного предпроектного исследования проектируемого общественного пространства, которое включает в себя такие виды анализов, как градостроительный, исторический, анализ культурного потенциала территории, местного сообщества (общины) с определением целевых аудиторий и выявлением их потребностей. На основе результатов комплексного предпроектного анализа формируется полная картина локальной идентичности территории, раскрываются потенциалы ее развития, выявляются проблемы и определяются основные пути их решения.

Социально-демографический анализ, как часть комплексной методологии исследования, позволил выявить гендерный и возрастной состав, плотность населения в районе города, на территории которых находится парк. Градостроительный анализ позволил получить данные о текущем процентном соотношении различных функциональных зон, площади застройки территории, количестве культурных, деловых учреждений и объектов социального обслуживания, данных о транспортно-пешеходных связях как внутри территории, так и о связанности территории парка с остальными районами города. В результате комплекса проведенных исследований были выявлены ресурсы территории, ее проблемы и поставлены задачи по их решению.

Рассматриваемые территории в масштабе города (на примере Казани и Владивостока) являются элементом целостной структуры и дают импульс для ее дальнейшего развития с точки зрения социального, культурного, экономического и экологического аспектов. Концепция представленных проектов сформировалась, в первую очередь, благодаря применению методики соучаствующего проектирования, где важна консолидация всех участников в понимании ценностных свойств исследуемой территории. Воспроизведение локальной идентичности парковой территории связано с существующими артефактами и мероприятиями, связанные с ними. Использование партисипативных подходов оказывает существенное влияние на формирование общественного пространства, так как в процессе совместного взаимодействия всех заинтересованных лиц происходит выявление нематериальной составляющей «духа места».

Такой комплексный подход проектирования общественных пространств в условиях постоянно меняющихся трендов стимулирует формирование комфортной городской среды и обеспечивает устойчивое развитие парков в контексте города, следуя принципам открытости и соучастия.

4.Заключение

1. Исследование показало, что на формирование понятия «локальная идентичность» влияют следующие факторы: символы идентичности, связанные с определенным периодом времени, знаковые исторические личности, значимые события, ландшафтные особенности территории и др. Данные факторы позволяют конструировать локальную идентичность определенной территории.
2. В рамках данного исследования выделены основные тенденции в преобразовании общественных пространств, основанные на применении методов партисипативного проектирования, фестивализации городского пространства через событийное насыщение культурными мероприятиями, использовании объектов временной

архитектуры и нацеленности на формирование у человека ощущения причастности к месту через трансляцию локальной идентичности.

3. На основе комплексного анализа материальных и нематериальных аспектов территории обозначены основные принципы проектирования общественных пространств с учетом сохранения локальной идентичности: комплексность, мультиориентированность и синергичность; трансляция локальной идентичности современными средствами архитектуры и дизайна; партисипативность (выявление потенциальных пользователей и заинтересованных сторон, привлечение местного сообщества, выявление их потребностей и пожеланий) ; фестивализация и сценарность наполнения пространства; функциональное разнообразие территории с учетом интересов всех групп целевой аудитории. Применяемая методика реорганизации и проектирования общественных пространств с опорой на сохранение «духа места» обеспечивает эффективность конечного результата. Исторические территории в современном прочтении начинают работать и привлекать на свои территории жителей разных поколений.

Список литературы / References

1. Дембич А.А. Казань - территория многообразия / А.А. Дембич, И.Г. Лежава // Архитектура и строительство России. 2018. № 4 (228). С. 72-77. - EDN YVSCTJ. [Dembich A.A. Kazan - the territory of diversity / A.A. Dembich, I.G. Lezhava // Architecture and Construction of Russia. 2018. № 4 (228). P. 72-77. - EDN YVSCTJ].
2. Treija S., Bratuškins U., Barvika S., Bondars E. The liveability of historical cities: current state and prospects for habitation // WIT Transactions on the Built Environment. 2020. Vol.193. P.15-26. DOI:10.2495/gd170021.
3. Эриксон Э. Идентичность: юность и кризис: пер. с англ. / общ. ред. и предисл. А. В. Толстых. - М.: Прогресс, 1996. 344 с. [Erikson E. Identity: Youth and Crisis: Translated from English / ed. and preface by A. V. Tolstykh. - Moscow: Progress, 1996. 344 p.].
4. Яковлева М. В. Особенности социологического анализа городской символики как фактора формирования идентичности горожан / М. В. Яковлева. Текст: электронный // Вестник Удмуртского университета. Серия 3. Философия. Социология. Психология. Педагогика. 2008. №1. С. 83-90. URL: https://znanium.com/catalog/product/514971 (дата обращения: 09.07.2022). [Yakovleva M. V. Features of sociological analysis of urban symbols as a factor in the formation of identity of citizens / M. V. Yakovleva. Text: electronic // Bulletin of Udmurt University. Series 3. Philosophy. Sociology. Psychology. Pedagogic. 2008. №1. P. 83-90. URL: https://znanium.com/catalog/product/514971 (date of reference: 09.07.2022)].
5. Yoshimura Y., He S., Hack G. et al. Quantifying Memories: Mapping Urban Perception // Mobile NetwAppl. 2020. Vol. 25. Iss.4. P.1275-1286. DOI: 10.1007/s11036-020-01536-0.
6. Spence C. Senses of place: architectural design for the multi-sensory mind. Cognitive research. Principles and Implications. 2020. № 5 (46). // URL: https://doi.org/10.1186/s41235-020-00243-4 (дата обращения 12.05.2022).
7. Дягилева Н. С. Теоретические аспекты городской идентичности // Брендинг малых и средних городов России: опыт, проблемы, перспективы. Екатеринбург: УрФУ, 2013.С. 54-59. [Dyagileva N.S.Theoretical aspects of urban identity // Branding small and medium-sized cities of Russia: experience, problems, prospects. Yekaterinburg: UrFU, 2013. p. 54-59].
8. Мельникова С. В. Анализ категорий идентичность, образ, имидж, бренд применительно к городу / С. В. Мельникова // Совершенствование гуманитарных технологий в образовательном пространстве вуза: факторы, проблемы, перспективы : материалы Международного научно-методического семинара, Екатеринбург, 18 марта 2015 г. Екатеринбург : УрФУ, 2015. С. 215-222. [Melnikova S. V. Analysis of the categories of identity, image, image, brand in relation to the city / S. V. Melnikova // Improving humanities technology in the educational space of the university: factors, problems, prospects: materials of the International Scientific and Methodological Seminar, Ekaterinburg, March 18, 2015. Yekaterinburg: UrFU, 2015. P. 215-222].

9. Chatzitoulousis S., Vlasidis V., Sarris A., Efkleidou K., Kotjabopoulou E., Papadopoulos N., Argyriou N., Donati J., Manataki M., Trapero-Fernandez P. Records and Transformations of Memories in the Cultural Landscape of Idomeni (Kilkis, Northern Greece), Open Archaeology. 2019. Vol. 5 (1). P.563-585. DOI: 10.1515/opar-2019-0035.
10. Schafer R.M. The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World. Rochester (VT): Destiny Books, 1994. 320 p.
11. Майорова К. С. Urban sound Studies: новые горизонты городских исследований // Городские исследования и практики. 2017. Том.2. №4(9). С.11-19. DOI: 10.17323/usp24201711-19. [K. S. Mayorova. Urban Sound Studies: New Horizons of Urban Studies // Urban Studies and Practices. 2017. Vol.2. no.4(9). P.11-19. DOI: 10.17323/usp24201711-19].
12. Jaszczak A., Pochodyła E., Kristianova K., Małkowska N., Kazak J.K. Redefinition of Park Design Criteria as a Result of Analysis of Well-Being and Soundscape: The Case Study of the Kortowo Park (Poland) // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021. Vol.18(6). P.2972. DOI: 10.3390/ ijerph18062972.
13. Roy G. Authenticity v/s glocalization as represented in the digital platforms: A study on the food culture with special reference to Tripura // Rupkatha Journal on Interdisciplinary Studies in Humanities. 2021. Vol. 12 (5). DOI: 10.21659/rupkatha. v12n5.rioc1s17n7.
14. Гельфонд А.Л. Архитектура общественных пространств: монография. М.: ИНФРА-М, 2019. 412 с. [A.L. Gelfond. Architecture of public spaces: a monograph. MOSCOW: INFRA-M, 2019. 412 p.].
15. Grundlingh L. The great outdoor living room of the city: A survey essay on the thoughts and aims of urban park development in the late 19th and early 20th century in Europe and the United States of America // Tydskrif vir Geesteswetenskappe. 2017. Vol.57 (2). P. 542-561. DOI: 10.17159/2224-7912/2017/v57n2-2a4.
16. Stepanchuk, A. «Genius Loci» as a resource for the development of historical areas of the city / A. Stepanchuk, S. Gafurova, M. Latypova // IOP conference series: Materials Science and Engineering, Kazan, 29 апреля – 15 2020 года. – Kazan, Russia: IOP Science, 2020. – P. 012013. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012013.
17. Степанчук А. В. «Дух места» как импульс ревитализации территории Адмиралтейской слободы города Казани / А. В. Степанчук, С. В. Гафурова, М. С. Латыпова // Архитектон: известия вузов. – 2020. – № 4(72). – С. 6. – DOI 10.47055/1990-4126-2020-4(72)-6. [Stepanchuk A. V., Gafurova S. V., Latypova M. S. "Spirit of place" as an impulse for revitalization of the territory of Admiralteyskaya Sloboda of Kazan / A. V. Stepanchuk, S. V., Gafurova M. S. // Architecton: the news of universities. - 2020. - № 4(72). - P. 6. – DOI 10.47055/1990-4126-2020-4(72)-6].
18. Щенков А., Антонова Н. Архитектурное наследие и идентичность русских городов // Проект Байкал. 2020. Том.17. №65. С.27-31. DOI: https://doi.org/10.51461/projectbaikal.65.1670. [Schenkov A., Antonova N. Architectural Heritage and Identity of Russian Cities // Project Baikal. 2020. Vol.17 №65. P. 27-31. DOI: https://doi.org/10.51461/projectbaikal.65.1670].
19. Jaszczak A, Kristianova K, Pochodyła E, Kazak JK, Młynarczyk K. Revitalization of Public Spaces in Cittaslow Towns: Recent Urban Redevelopment in Central Europe // Sustainability. 2021.Vol.13(5). P.2564. DOI:org/10.3390/su13052564.
20. Иванькина Н. А. Концепция нового урбанизма: предпосылки развития и основные положения / Н. А. Иванькина, М. В. Перькова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2018. №8. С. 75-84. - DOI 10.12737/article_5b6d585f08a625.50385604. - EDN XYZDSP. [Ivankina N. A. The concept of new urbanism: the prerequisites for development and the main provisions / N. A. Ivankina, M. V. Per'kova // Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2018. C. 75-84. - DOI 10.12737/article_5b6d585f08a625.50385604. - EDN XYZDSP].

Информация об авторах

Маргарита Ракифовна Саляхова, старший преподаватель, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
E-mail: m.r.salyakhova@kgasu.ru

Алена Валентиновна Степанчук, доцент, кандидат архитектуры, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
E-mail: alena.stepanchuk@bk.ru

Виктория Михайловна Саляхова, архитектор-градостроитель, генеральный директор конструкторского бюро ООО «КБ МОРЕ», г. Москва, Российская Федерация.
E-mail: @kbmore_architects

Information about the authors

Margarita R. Salyakhova, senior lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
E-mail: m.r.salyachova@kgasu.ru

Alena V. Stepanchuk, candidate of architecture, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
E-mail: alena.stepanchuk@bk.ru

Viktoria M. Salyakhova, architect-urban planner, general director of the Limited Liability Company «Design Office MORE», Moscow, Russian Federation
E-mail: @kbmore_architects

УДК: 711.45
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_142
EDN: XVZVKS

Перспективы архитектурно-градостроительного развития городов России, объединенных территориальными зонтичными брендами

Ю.В. Горгорова[1]
[1]Академия архитектуры и искусств «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* В условиях креативной экономики необходимо пересматривать подходы к развитию городов, в том числе предусматривать их совместное развитие. В работе изучены вопросы совместного развития городов, подчиненных единой концепции территориального бренда. Целью исследования является определение существующих зонтичных территориальных брендов в России и потенциальных объединений городов, которые могли бы эффективно функционировать совместно, подчиненные общей идее, основанной на комплексном архитектурно-градостроительном решении. Задачи исследования: выявить объединения городов в России, подчиненные общей концепции территориального бренда; определить принципы формирования и группировки городов для включения их в общую идею развития территории; обозначить перспективные направления архитектурно-градостроительного развития территориальных зонтичных брендов в России.
Результаты. Выполнен обзор существующих, реализуемых и планируемых для осуществления в России наиболее перспективных концепций, объединяющих города территориальными зонтичными брендами. Разработана схема размещения территориальных зонтичных брендов в России и обозначены перспективы их развития.
Выводы. Подчинение территорий общей идее будет способствовать развитию отстающих районов, включению их в общую сеть, использованию общей инфраструктуры, единого архитектурно-градостроительного подхода к развитию. Результаты исследования необходимо учитывать при разработке концепции туризма, а также в стратегиях пространственного и экономического развития регионов, при разработке местных регламентов, в том числе дизайн-кода города. На основании полученных результатов предлагается формирование комплексного подхода и продвижение идеи территориального бренда на разных уровнях – от градостроительного до концепции проектирования городской среды.

Ключевые слова: градостроительный брендинг, образ города, бренд территории, архитектурное наследие, зонтичный бренд городов.

Для цитирования: Горгорова Ю.В., Перспективы архитектурно-градостроительного развития городов России, объединенных территориальными зонтичными брендами // Известия КГАСУ, 2022, №4(62), с.142-152, DOI:10.52409/20731523_2022_4_142, EDN: XVZVKS

Prospects for the architectural and urban development of Russian cities united by territorial umbrella brands

Ju.V. Gorgorova[1]
[1]Academy of Architecture and Arts "Southern Federal University"
Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. *Problem statement.* The article deals with the issues of joint development of cities subordinate to a single concept of a territorial brand. A review is presented; the most promising concepts for uniting cities and subordinating them to a common idea are described, implemented and planned for implementation in Russia.
Results. As a result, the regions were identified where the cities were united under a single concept, a territorial umbrella brand. The conditions for grouping cities were determined for their inclusion in the general idea of the development of the territory, based on umbrella territorial brands. The prospects for the development of territorial brands in Russia and the territory where this practice is not yet available are outlined.
Conclusions. The results of the study should be taken into account when developing the concept of tourism, as well as in the strategies for the spatial and economic development of the region, in the development of local regulations. On the basis of the results obtained, it is proposed to form an integrated approach and manifest the idea of a territorial brand at different levels from urban planning to the concept of urban environment design.

Keywords: urban branding, city image, territory brand, architectural heritage, city brand.

Forcitation: Gorgorova Ju.V. Prospects for the Architectural and Urban Development of Russian Cities United by Territorial Umbrella Brands // News KSUAE, 2022, №4(62), p.142-152, DOI:10.52409/20731523_2022_4_142, EDN: XVZVKS

1. Введение.

Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года предполагает совместное социально-экономическое развитие макрорегионов [1]. Эту идею также подчеркивает концепция пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года, в которой отмечена необходимость отражения региональной специфики в нормативных правовых актах федерального уровня, стимулирования распространения апробированных передовых практик, нацеленных на саморазвитие территорий, и совместное развитие регионов [2].

Конкуренция между городами за получение инвестиций стимулирует разные формы их взаимовыгодного сотрудничества: создание альянсов, кластеров, агломераций и объединение городов в зонтичные бренды для совместного продвижения территорий [3]. Известны примеры очень удачного и менее эффективного приграничного сотрудничества городов [4,5]. Брендинг и его роль в формировании туристской привлекательности региона и брендинговая концепция территории рассматривалась в работе Курач Е.В., Шалыгиной Н.П., Селюкова М.В. [6]. В статье Власовой Н.Ю. и Куликовой Е.С. раскрыты проблемы создания зонтичного бренда как концепции совместного продвижения территории [7]. Развитие туристического потенциала города за счет ко-брендинга описывали Иванова Р.М. и Карасева Г.Ю. [8]. Наличие в городах неповторимой архитектуры, природного контекста делает ландшафты городов уникальными, а саму территорию инвестиционно привлекательной [9]. Поэтому вопросы совместного брендирования городов необходимо рассматривать в сочетании с архитектурно – градостроительным подходом к концепции развития территории [10]. Развитие города за счет архитектурно-градостроительного брендинга территорий изучали Аристова А.В.Гнеденко Л.Д. Краснобаев И.В., Кирпичев В.А., но ими не были рассмотрены группы городов, формирующие общий бренд территории [11, 12].

В зонтичном бренде используют одно марочное наименование для нескольких товаров. Зонтичный бренд распространяет идентичность родительского бренда на новые

товарные категории и направлен на повышение их конкурентоспособности [13]. Этот подход также актуален при формировании градостроительной стратегии развития территории[14]. Он основан на выявлении потенциала территорий и ее привлекательных качеств: природных, исторических, культурных и других. Зонтичная сеть хороша тем, что является открытой системой и готова к включению новых городов в общий бренд. Такой подход способствует развитию более отсталых территорий. Поэтому важно определить в России территории, к которым уже применен подход создания зонтичных брендов, и оценить перспективы их развития применительно для архитектурной и градостроительной сферы.

Целью исследования является определение существующих зонтичных территориальных брендов в России и потенциальных объединений городов, которые могли бы эффективно функционировать совместно, подчиненные общей идее, основанной на комплексном архитектурно-градостроительном решении.

Задачи исследования:

- выявить объединения городов в России, подчиненные общей концепции территориального бренда;
- определить принципы формирования и группировки городов для включения их в общую идею развития территории;
- обозначить перспективные направления архитектурно-градостроительного развития территориальных зонтичных брендов в России.

Результаты исследования планируется применять в комплексных архитектурных и градостроительных решениях, основанных на концепции туризма и стратегии развития региона, выявлении историко-культурных и других особенностей территории.

1. Материалы и методы

Для оценки возможности объединения городов и их развития в рамках общей концепцией территориального бренда были рассмотрены существующие наиболее известные территориальные зонтичные бренды, включающие населенные пункты России: Золотое кольцо, Кавказские минеральные воды, курорты Краснодарского края, а также вошедшие в Национальный рейтинг территориальные зонтичные бренды «Янтарный край» Калининградской области, «Малое Золотое кольцо Владимирской области», озеро Байкал, «Серебряное ожерелье России» Вологодской области, «Долина гейзеров» Камчатского края, «Большое Золотое кольцо Алтая» и другие [15]. Было определено их расположение на территории России и границы их влияния, а также перспективы включения городов в создаваемые территориальные зонтичные бренды. Кроме того, существующие зонтичные бренды сравнивались с мировыми аналогами.

Для оценки объединения городов общей стратегией совместного развития можно применить модель, которая была предложена Демидовой Е.В., Колясниковым В.А. и Титовой Н.Н. Из трех предложенных этими исследователями моделей маркетинговой градостроительной стратегии – бизнес, нормативная, мультиполезная – последняя модель отвечает запросам большего количества пользователей и предусматривает определение миссии населенных мест и их систем, то есть включает возможность объединения городов общей идеей развития [16]. Эта модель может быть взята за основу и стратегии объединения городов территориальным зонтичным брендом. Модель предполагает определение значения городов; оценку их потенциала развития; согласование интересов различных целевых групп (инвесторов, горожан и туристов); сохранение баланса территории; использования в градостроительном планировании методов SWOT- и STEP-анализа, сценарного прогнозирования; определение градостроительных стратегических направлений и программ градостроительной деятельности. Данную модель можно использовать для совместного развития городов России, объединенных общей стратегией.

Объединение городов общей идей развития может быть основано на подобных характеристиках этих городов, и при этом взаимодополняющих друг друга таким образом, чтобы формировать общую концепцию зонтичного бренда и предлагать совместный уникальный продукт.

2. Результаты и обсуждение

Автором статьи разработана схема размещения территориальных зонтичных брендов в Российской Федерации, которые в настоящий момент уже существуют, начинают функционировать, разрабатываются сейчас или их развитие видится перспективным в дальнейшем, а также выявлены территории, пока не охваченные территориальными брендами (рис. 1).

Рис.1. Существующие и развивающиеся зонтичные территориальные бренды России:
1) Золотое кольцо России, 2) Кавказские Минеральные Воды, 3) Курорты Краснодарского края, 4) Транссибирская магистраль, 5) Северный полярный круг, 6) Зеленое кольцо России, 7) Жемчужное ожерелье России (малое кольцо), 8) Жемчужное ожерелье России (среднее кольцо), 9) Жемчужное ожерелье России (большое кольцо), 10) Река Волга, 11) «Янтарный край» Калининградская область,12) Серебряное ожерелье России, 13) Уральские горы (в том числе граница Европа-Азия) (иллюстрация автора)

Fig. 1. Existing and developing umbrella territorial brands of Russia:
1) Golden Ring of Russia, 2) Caucasian Mineral Waters, 3) Resorts of the Krasnodar Territory, 4) Trans-Siberian Railway, 5) Arctic Circle, 6) Green Ring of Russia, 7) Pearl Necklace of Russia (small ring), 8) Pearl Necklace of Russia (middle ring), 9) Pearl Necklace of Russia (large ring), 10) Volga River, 11) "Amber Territory" Kaliningrad Region, 12) Silver Necklace of Russia, 13) Ural Mountains (the Europe-Asia border) (illustration by the author)

«Золотое кольцо России»–территориальный бренд, задуманный в 1967 году, продолжает развиваться и успешно работать. Активная популяризация кольцевого историко-культурного познавательного маршрута принесла в казну инвестиции, способствовала сохранению архитектурного и культурного наследия и развитию экономики и инфраструктуры региона, определила направление и специфику развития всего региона. Важной особенностью формирования маршрута являются правильно спланированные транспортные связи и небольшие расстояния между туристскими центрами в пределах 50-100 км. Каждый город демонстрирует определенный культурный и архитектурный исторические этапы развития России. Расположение этих городов в близости от Москвы и связь друг с другом дополнительными трассами позволяет различным образом комбинировать маршрут (Рис. 2).

Рис. 2. Классический и большой маршруты «Золотого кольца России»
Fig. 2. Classical and Grand Routes of the Golden Ring of Russia (kp.ru/russia/tury-po-rossii/zolotoe-koltso-rossii)

В «Золотое кольцо» кроме основных туристских центров были присоединены города, собранные в радиальные маршруты. Дополнительные связи между городами способствовали развитию маршрута «Золотое кольцо России» и созданию различных вариантов передвижения между городами [17].

Территориальный бренд «Курорты Краснодарского края». В настоящий момент вместо упоминания Б.Сочи и отдельных городов Черноморского побережья стали применять более широкое позиционирование региона: «Курорты Краснодарского края». Развитие бренда этого региона способствует комплексному развитию городов побережья и тому, что населенные пункты менее популярные примеряют на себя положительные характеристики городов хорошо известных потребителям данного бренда.

Пик посещения туристов приходится на летние месяцы. Развивать район необходимо таким образом, чтобы привлечь туристов в период меньшей загрузки. Например, строительство круглогодичного горного курорта Роза Хутор способствовало тому, что туристы больше стали посещать курорт в холодный период года. Кроме того в этом регионе необходимо расширять инфраструктуру и привлекать туристов в холодный период года событийными мероприятиями, ориентированными на потребителей разных групп, создавать комфортные условия для отдыха.

Территориальный бренд «Кавказские минеральные воды» (КМВ) хорошо известен людям, проживавшим в бывшем СССР, но мало знаком молодым потребителям и зарубежным туристам. Поэтому для знакомства с брендом КМВ и привлечения молодежи и зарубежных туристов необходимо создание соответствующих событийных мероприятий, их архитектурно-дизайнерское оформление и системное продвижение. Однако подобное позиционирование не должно ущемлять интересы людей, ориентированных на тихий спокойный отдых, лечение и оздоровление. Учесть и совместить различные потребности туристов можно планировочными средствами и оптимальным функциональным зонированием территорий.

Долгое время символом региона являлись орлы, размещенные над символическими воротами Кавказа. Сейчас необходимо обновление визуальных символов зонтичного бренда, при этом должна быть сохранена идентичность каждого из городов-курортов. В 2018 году был проведен архитектурный конкурс «Создание внешнего облика городов-курортов КМВ»[18]. Целью конкурса было получение интересных, перспективных решений по созданию уникального облика городов КМВ, а также привлечение инвесторов для реализации этих проектов. Победителями конкурса и разработчиками стратегии развития региона было предложено позиционирование городов и соответствие образам четырех стихий создаваемых в них архитектурных объектов. Однако разные авторы этой идеи по разному интерпретируют и соотносят наименования стихий и названия городов-курортов, это говорит о недостаточной достоверности и продуманности

данной концепции [19]. Сама идея выглядит привлекательной , но она предполагает включение в этот бренд только четырех основных городов-курортов. Но зонтичный бренд - это открытая система, поэтому общая идея должна способствовать развитию всех городов, как уже входящих в него, так и тех, которые могут быть включены в зонтичный бренд в перспективе. Например, Георгиевск и Буденновск обладают высоким рекреационным потенциалом и при развитии их инфраструктуры, они могут в будущем могут войти в бренд городов КМВ. Поэтому предлагаемая разработчиками и победителями конкурса визуально-образная концепция «четырех стихий» ограничивает развитие, но может быть реализована в городах КМВ как дополнительная событийная.

Анализируя опыт наиболее известных городов-курортов, где расположены минеральные источники, мы видим, что позиционирование лидеров направлено на экологию, основано на культурно-историческом контексте, а также упоминании знаменитостей, отдыхавших на этих курортах. Это отражено и в архитектурных решениях. Поэтому при проектировании в регионе КМВ целесообразно создавать среду отдыха, максимально раскрытую в природную среду. Необходимо использовать открытые бассейны, включать в архитектурно-пространственную композицию зданий природную среду, учитывать существующий пейзаж, организовать сафари-парки, дендрарии, аквапарки. Использовать возможности региона для сочетания агротуризма и оздоровительного отдыха, а также гастрономические особенностей края, культурно-историческое наследие. Необходимо учитывать совместное развитие городов, входящих в зонтичный территориальный бренд и экологические особенности территории (рис. 3).

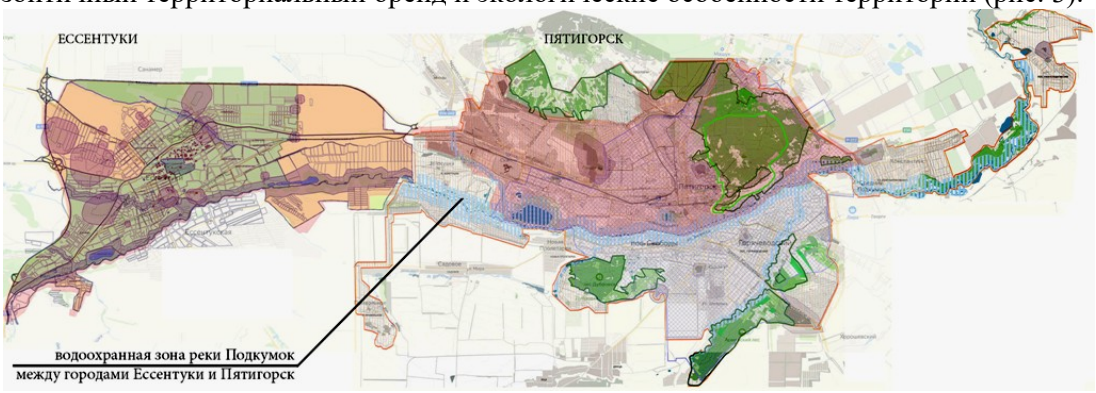


Рис. 3. Водо-охранная зона реки Подкумок на схеме зон с особыми условиями использования территории (объединенная схема составлена автором по материалам, разработанным НКП НПО «ЮРГЦ» и АО «Кавказкурортпроект» для городов Ессентуки и Пятигорск)
Fig. 3. The water protection zone of the Podkumok River (the combined scheme was compiled by the author based on materials developed by YuRGTs and Kavkazkurortproekt for the cities of Essentuki and Pyatigorsk)

Потенциалом развития зонтичного бренда региона КМВ являются: направленность вектора развития на экологию, рекреацию и оздоровление, получение статуса Всемирного материального культурного наследия ЮНЕСКО, повышение уровня медицинской инфраструктуры и обслуживания, строительство центра реабилитации и геронтологии, центра лечения сосудистых заболеваний. Рекомендуется расширение инфраструктуры, в том числе предполагающей создание мероприятий, рассчитанных на разные целевые аудитории туристов из России и зарубежья. Необходимо организовывать экологические, событийные, оздоровительные, деловые, активные, культурно-познавательные, этнографические, аграрные и другие мероприятия [20]. В бренд «Зелёное кольцо» планируется включить привлекательные с точки зрения туризма природные объекты России: Карелия, плато Путорана, Камчатка, Сахалин, Байкал и Алтай.

Правительство Вологодской области работает над проектами «Вологодская область – Душа Русского Севера» и «Сказочная Россия», построенные на фольклорном брендинге и сказочных героях [21].

Бренд «Жемчужное ожерелье России» предлагает группировку городов 18 областей центрального федерального округа по расположению и культурно-историческим

признакам [22]. Три маршрутных кольца проекта (3 главных потока – три нитки жемчуга):

– малое (Смоленск, Вязьма, Калуга, Тула, Рязань, Владимир и далее Тверь, Ржев, Вязьма);

– среднее (Смоленск, Брянск, Орел, Липецк, Тамбов, Рязань - далее на Владимир по I кольцу);

– большое (Смоленск, Брянск, Курск, Белгород, Воронеж, Тамбов, Рязань далее через Тверь по I кольцу, с выходом на Ржев, Вязьму).

Туристический бренд «Байкальское созвездие» предполагается как единое экономическое пространство в сфере туризма на Прибайкальских территориях Иркутской области и Республики Бурятия. Разрабатывается календарь совместных событийных мероприятий, общий информационный портал. Туристов планируют знакомить с объектами природного и антропогенного происхождения.

Территориальный зонтичный бренд может быть связан с наличием уникальных природно-климатических или водных ресурсов**.** Бренд, связанный с названиями рек, озер и морей часто определяют через зонтичные бренды городов: например, города долины Рейна в Германии, города Средиземноморья и другие. Объединение Дунайского региона ставило целью создание бренда мирового масштаба, решение экологических проблем, поддержку туризма, усиление связей между людьми [23]. В России также целесообразно развивать территориальные бренды, построенные на природном, ландшафтном, культурно-историческом своеобразии рек.

Зонтичные бренды городов нельзя рассматривать отдельно от бренда страны. Туристический бренд России был зарегистрирован как торговая марка в 2020 году. Утвержденная концепция «Россия это целый мир» представлена в виде карты страны, выполненной с узнаваемыми чертами супрематизма. Перспективно поддержать и продолжить эту идею формированием территориального бренда построенного на возрождении историко-культурного, архитектурного наследия авангарда, создании соответствующих событийных мероприятий, тематических арт-кластеров. Зонтичный бренд «Россия в Авангарде» может включить в себя города Москву, Санкт-Петербург, Самару, Екатеринбург, Ростов-на-Дону и другие. Это позволит продемонстрировать архитектуру и культуру периода, не вошедшего в существующие территориальные бренды «Золотое кольцо», «Жемчужное ожерелье России», «Серебряное ожерелье России» и другие. Такой подход будет способствовать сохранению наследия периода, вызывающегося интерес у туристов из многих стран мира.

Важным условием является отражение концепции зонтичного бренда региона и на других архитектурно-градостроительных уровнях: районов, улиц, зданий, малых архитектурных формах, плоскостных объектах. Тогда архитектурно-градостроительная концепция территориального бренда будет восприниматься цельно и способствовать созданию уникальной городской среды [24].В перспективе в России возможно развитие зонтичного бренда связанного с космической тематикой на базе существующего бренда «Калуга космическая», космодромов и других объектов. Зонтичный бренд может связать населенные пункты, связанные с тематикой покорения космоса и предоставляющие возможности космического туризма, посещение музеев, космических станций, тренировочных комплексов и других объектов. Возможно создание познавательных парков развлечений для детей и молодежи, при проектировании их архитектуры и среды могут быть использованы образы первых космонавтов и значимых полетов, или персонажей и стилистики книг К. Булычева, Стругацких, мультфильма «Тайна третьей планеты и других фантастических произведений.

В России на основе Академгородков, научных кластеров, технополисов или «умных городов» могут активно развиваться зонтичные территориальные бренды. Большинство наукоградов расположено в Москве и Московской области. Возможно также включение в бренд научных городов Алтайского края и Новосибирской области. Построение брендов «умных городов» может быть основано, в том числе исходя из технических возможностей: для координации и контроля объектов из одного центра. По мнению исследователей, в будущем возможно изменение существующего

административно-территориального деления Российской Федерации за счет перехода к системе регионов, отражающих территориальную структуру цифровой экономики [25].

На территории Юга России востребовано создание зонтичных гастрономических территориальных брендов [26]. Существует карта гастрономических брендов России. На Юге России уже существуют маршруты винных туров, проводят гастрономические событийные мероприятия. В перспективе на территории России могут появиться новые зонтичные бренды, объединяющие города. Такое объединение может быть основано на культурно-историческом наследии, традициях, промыслах и ремеслах, уникальности природы и экологии, науке, спорте и других.

4. Заключение

1. Активировать потенциал территории можно при помощи группировки городов и их подчинения общей идее развития, учитывая уже существующие объединения городов в России и понимая перспективные направления их совместного архитектурного и градостроительного развития. Воплощать идею территориального бренда необходимо совместно со стратегией пространственного и экономического развития региона, обозначать внедрение данной концепции в местных архитектурных и градостроительных документах, регламентирующих не только сохранение городского силуэта, определенных видовых точек, перспектив улиц, знаковых сооружений и элементов городской среды, но и характеристики создаваемых архитектурных и средовых объектов.
2. При создании зонтичного бренда территории целесообразно применять макрорегиональный подход, подчиняя города общей концепции, что может способствовать их развитию и совместному продвижению. В результате исследования выявлены регионы, где уже существует объединение городов территориальным зонтичным брендом, определены перспективы развития территориальных брендов в России, а также обозначены территории, где пока данная практика отсутствует. Определены принципы формирования и группировки городов для включения их в общую идею развития территории, основанную на идее общего территориального бренда.
3. Полученные результаты исследования необходимо учитывать в концепции туризма, а также в стратегиях пространственного и экономического развития региона, при разработке местных регламентов, в том числе дизайн-кода города. Это позволит сформировать целостный подход к развитию территории, с включением идеи территориального бренда и его проявлением на разных уровнях как градостроительных, так и непосредственно в концепции архитектурного проектирования городской среды.

Список литературы /References

1. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года //Распоряжение Правительства РФ N 207-рот 13.02.2019 г. –URL:https://www.economy.gov.ru (дата обращения 28.03.2022).[Strategy for the spatial development of the Russian Federation for the period up to 2025 // Decree of the Government of the Russian Federation N 207-r dated February 13, 2019]
2. Концепция стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 г. // Министерство экономического развития Российской Федерации – М. 2016,с.111.URL:http: // xn----7sbbhnbqial1ebd4mma.xn--p1ai / uploaded Files /files/Kontseptsiya_SPR.pdf (дата обращения 28.03.2022).[The concept of the spatial development strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 // Ministry of Economic Development of the Russian Federation - M. 2016, P. 111]
3. Анищенко А.Г., Сергунин А.А. "Города-близнецы": новая форма приграничного сотрудничества в Балтийском регионе.//Балтийский регион. – 2012. – № 1(11). – С. 27-38. [Anishchenko A.G., Sergunin A.A. "Twin cities": a new form of cross-border cooperation in the Baltic region. // Baltic region. - 2012. - No. 1(11). - P. 27-38].
4. Литвинова Л.В., Янковская Ю.С. Ивангород и Нарва. История и градостроительные проблемы межгосударственного сотрудничества приграничных парных городов //

Проблемы "зеленой" архитектуры и устойчивого развития городов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти В.А. Нефёдова, Санкт-Петербург, 17–23 мая 2018 г. – С-Петербург: С-ПбГАСУ, 2018. – С. 97-101. [Litvinova L.V., Yankovskaya Yu.S. Ivangorod and Narva. History and urban planning problems of interstate cooperation of border twin cities // Problems of "green" architecture and sustainable development of cities: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the memory of V.A. Nefedov, St. Petersburg, May 17-23, 2018 - St. Petersburg: S-PbGASU, 2018. - P. 97-101].

5. Two Countries, Two Timezones, One New Year's Party – URL:https://happynewtwice.com/ (дата обращения 28.03.2022).
6. Курач Е.В., Селюков М.В., Шалыгина Н.П. О роли брендинга в формировании туристской привлекательности региона // Фундаментальные исследования –2013. № 8-5.– С. 1165-1168 [Kurach E.V.,Selyukov M.V., Shalygina N.P. On the role of branding in shaping the tourist attractiveness of the region // Fundamental research. 2013. No. 8-5. P. 1165-1168]
7. Власова Н.Ю., Куликова Е.С. Альянсы брендов и зонтичный бренд в стратегиях продвижения территории // Управленец. 2017. №3(67). – С.40–51 [Vlasova N.Yu., Kulikova E.S. Alliances of brands and an umbrella brand in strategies for promoting the territory // Manager. 2017. No. 3 (67). – P.40–51]
8. Иванова, Р. М. Развитие туристского потенциала города с учетом культурно-географическоо образа территории и ко-брендинга / Р. М. Иванова, Г. Ю. Карасева // Наука, технологии и инновации в современном мире : Материалы Международной научно-практической конференции, Уфа, 30–31 июля 2014 года / Редколлегия: Искужин Т.С. (отв. редактор), Хасанова Г.М., Зайнуллина Г.Ш., Абакачева М.Б., Нигматуллин О.Б. (отв. секретарь). – Уфа: Автономная некоммерческая организация "Исследовательский центр информационно-правовых технологий", 2014. – С. 72-84. [Ivanova, R. M. Development of the tourist potential of the city, taking into account the cultural and geographical image of the territory and co-branding / R. M. Ivanova, G. Yu. Karaseva // Science, technology and innovation in the modern world: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference , Ufa, July 30–31, 2014 / Editorial Board: Iskuzhin T.S. (responsible editor), Khasanova G.M., Zainullina G.Sh., Abakacheva M.B., Nigmatullin O.B. (responsible secretary). - Ufa: Autonomous non-profit organization "Research Center for Information and Legal Technologies", 2014. - P. 72-84].
9. Лавров Л.П. Ландшафты исторического центра Санкт-Петербурга как объект инвестиций и как предмет потребления / Л. П. Лавров // Экономические проблемы в архитектуре, градостроительстве и инвестиционно-строительной деятельности. Современное состояние и вызовы: материалы Всероссийской научно-практической конференции членов РААСН, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых СПбГАСУ и специалистов инвестиционно-строительной сферы, Санкт-Петербург, 20 декабря 2018 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – С. 37-43. [Lavrov L.P. Landscapes of the historical center of St. Petersburg as an object of investment and as an object of consumption / L. P. Lavrov // Economic problems in architecture, urban planning and investment and construction activities. Current state and challenges: materials of the All-Russian scientific and practical conference of members of the RAASN, faculty, young scientists of SPbGASU and specialists in the investment and construction sector, St. Petersburg, December 20, 2018. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Engineering, 2019. - P. 37-43].
10. Козыренко Н.Е., Ордынская Ю.В. Механизмы развития приграничных городов Северо-Востока Китая // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2017. – № 1. – С. 653-657. [Kozyrenko N.E., Ordynskaya Yu.V. Mechanisms for the development of border cities in the Northeast of China // Far East: problems of development of the architectural and construction complex. - 2017. - No. 1. - P. 653-657].
11. Гнеденко, Л. Д. Развитие городов и их идентичности с помощью брендинга территорий на примере города Балаково / Л. Д. Гнеденко // Месмахеровские чтения -

2020: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию воссоздания Ленинградского художественно-промышленного училища, Санкт-Петербург, 19–20 марта 2020 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия имени А. Л. Штиглица, 2020. – С. 455-459. [Gnedenko, L. D. Development of cities and their identity through branding of territories on the example of the city of Balakovo / L. D. Gnedenko // Mesmacher Readings - 2020: Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the reconstruction of the Leningrad Art and Industrial School, St. Petersburg, March 19–20, 2020. - St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Art and Industry named after A. L. Stieglitz, 2020. - P. 455-459].

12. Краснобаев, И. В. Инвестиционный кадастр сельских усадеб как инструмент планирования их современного использования / И. В. Краснобаев // Academia. Архитектура и строительство. – 2011. – № 1. – С. 48-52. [Krasnobaev, I. V. Investment cadastre of rural estates as a tool for planning their modern use / I. V. Krasnobaev // Academia. Architecture and construction. - 2011. - No. 1. - S. 48-52. – EDN OOEUMZ].
13. Буш О.И. Понятие и особенности зонтичного бренда в маркетинговой теории // Вестник Омского университета. Сер. «Экономика». 2015. №1. – С.61–66 [Bush O.I. The concept and features of an umbrella brand in marketing theory // Bulletin of Omsk University. "Economy". 2015. No. 1. - P. 61–66]
14. Горгорова Ю.В. Архитектурно–градостроительные уровни территориального брендинга // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2022. – № 1(52). – С. 101-106 [Gorgorova Ju.V. Architectural and urban planning levels of territorial branding // Academic Bulletin UralNIIproekt RAASN. - 2022. - No. 1 (52). P. 101-106]
15. Национальный рейтинг туристических брендов (ТОП-100) // Национальный рейтинг – 2017 – URL:http://russia-rating.ru/info/11539.html(датаобращения 28.03.2022) [National rating of tourist brands (TOP-100) // National rating - 2017]
16. Демидова Е.В., Колясников В.А., Титова Н.Н. Бизнес-модель маркетинговой градостроительной стратегии // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2012. – № 3. – С. 6-22 [Demidova E.V., Kolyasnikov V.A., Titova N.N. Business model of marketing urbanplanning strategy // Academic Bulletin UralNIIproekt RAASN. - 2012. - No. 3. - S. 16-22]
17. Данилов А.Ю. "Золотое кольцо России": история становления и развития туристского маршрута // Вестник Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова. Серия Гуманитарные науки. – 2018. – № 4(46). – С.41-45 [DanilovA.Yu. "The Golden Ring of Russia": The History of the formation and development of the tourist route // Bulletin of the Yaroslavl State University. P. G. Demidov. Series Humanities. - 2018. - No. 4 (46). - P. 41-45]
18. Создание внешнего облика городов-курортов КМВ// Союз архитекторов России. – 2017 г. – URL:https://uar.ru/contests/sozdanie-vneshnego-oblika-gorodov-kurortov-kmv/(датаобращения 28.03.2022) [Creating the external appearance of KMV resort cities// Union of Architects of Russia. - 2017]
19. Семенова Е.А., Оранчук А.М., Харсиева Т.А. Роль государственной поддержки в развитии курортной дестинации Северного Кавказа// Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – Т. 6, № 3, 2020, с. 14-25, DOI: 10.18413/2408-9346-2020-6-3-0-2 [Semenova E.A., Oranchuk A.M., Kharsieva T.A. The role of state support in the development of the resort destination of the North Caucasus // Scientific result. Business and service technologies. – Vol. 6, No. 3, 2020, p. 14-25]
20. Стратегия социально-экономического развития Ставропольского края до 2035 года // Закон Ставропольского края №110-кз от 27 декабря 2019 г. – URL:http://stavinvest.ru/work/sub98/ (дата обращения 28.03.2022) [Strategy for the socio-economic development of the Stavropol Territory until 2035 // Law of the Stavropol Territory No. 110-kz of December 27, 2019]
21. Петров Н.В. «Фольклорный брендинг» российских территорий // Воображаемая территория: от локальной идентичности до бренда: - М.: Неолит, 2018. – с 70-87 [Petrov N.V. "Folklore branding" of Russian territories // Imaginary territory: from local identity to brand: - M .: Neolit, 2018. - p. 70-87]

22. Пояснительная записка к проекту «Жемчужное ожерелье России» //Проектное государство. Портал общественных действий по развитию страны. Проект №183– URL: http://Proektnoe gosudarstvo.ru /materials/0019/ (дата обращения 28.03.2022) [Explanatory note to the project "Pearl Necklace of Russia" // Design state. Portal of publicactions for the development of the country. Project No. 183]
23. EU Strategy for the Danube Region URL:https://ec.europa.eu/regional_policy/en/policy/cooperation/macro-regional-strategies/danube/ (дата обращения 28.03.2022).
24. Gorgorova Y.V. City brands: Identity in the urban environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Scientific Conference on Construction and Architecture: Theory and Practice for the Innovation Development 2019, CATPID 2019, Kislovodsk, 01–05 October 2019. – Kislovodsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 033030.
25. Блануца В.И. Территориальная структура цифровой экономики России: предварительная делимитация «умных» городских агломераций и регионов // Пространственная экономика. 2018. № 2. – С.17–35. DOI: 10.14530/se.2018.2.017-035 [Blanutsa V.I. Territorial structure of Russia's digital economy: preliminary delimitation of "smart" urban agglomerations and regions // Spatial Economics. 2018. No. 2. - P. 17–35]
26. Горгорова Ю.В. Формирование городской среды и бренда города на основе мнения горожан // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. No 2. С. 76–83. [Gorgorova Yu.V. Formation of Urban Environment and City Brand Based on the Opinion of Citizens // Vestnik BGTU named after V.G.Shukhov. 2022. No 2, P. 76–83]

Информация об авторах

Горгорова Юлия Владимировна, кандидат архитектуры, доцент, профессор кафедры Архитектурного и средового проектирования, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.
Email: ygorgorova@sfedu.ru

Information about the authors

Yuliya V. Gorgorova, candidate of Architecture, associate professor, professor of the Department of Architectural and Environmental Design, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation.
Email:ygorgorova@sfedu.ru

УДК: 725
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_153
EDN: XIXIKV

Интеграция транспортно-пересадочных узлов в городскую среду

Шаймарданова К.А.[1], Прокофьев Е.И.[2]
[1]ООО «Проектно-конструкторская мастерская»
[2]Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* Одна из основных задач транспортно-пересадочных узлов сегодня - это комфортная и безопасная пересадка жителей с одного вида транспортного средства на другой. Интегрированные в городскую среду транспортно-пересадочные узлы представляют собой наиболее распространённый тип размещения. Многоуровневые транспортно-пересадочные узлы совмещают в себе множество функций для жизнедеятельности населения, тем самым формируются центры притяжения для горожан, создаются новые рабочие места, организуются новые городские центры. Транспортно-пересадочные узлы сегодня это не только комфортная смена транспорта, это центры городской активности. В связи с этим актуальными становятся вопросы организации специализированных зон для безопасного и комфортного перемещения и пересадки пассажиров. Цель данного исследования – выявить ключевые особенности формирования современных транспортно-пересадочных узлов, обозначить объемно-пространственные решения, которые принимаются при их проектировании. Задачи исследования: выполнить анализ международного и отечественного опыта проектирования и строительства транспортно-пересадочных узлов, выявить особенности функционального зонирования пространства и организации объемно-пространственной структуры транспортно-пересадочных узлов.
Результаты. Рассмотрен опыт проектирования и реконструкции транспортно-пересадочных узлов в различных городах мира. Выявлены особенности интегрирования транспортных функций в городские объекты общественно-деловой деятельности.
Выводы. Обозначены ключевые особенности и тенденции в функциональном зонировании пространства и организации объемно-пространственной структуры транспортно-пересадочных узлов, отличительные черты и возможности размещения их в городской структуре.

Ключевые слова: транспортно-пересадочные узлы, городская среда, городская транспортная сеть, интермодальные узлы, центры городской активности.

Для цитирования: Шаймарданова К.А., Прокофьев Е.И. Интеграция транспортно-пересадочных узлов в городскую среду // Известия КГАСУ, 2022 №4(62), с.153-162, DOI:10.52409/20731523_2022_4_153, EDN: XIXIKV

Integration of transport hubs into the urban environment

C.A. Shaimardanova[1], E.I. Prokofiev[2]
[1]LLC «PKM», [2]Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation

Abstract. *Problem statement.* The purpose of this study is to identify the key features of the formation of modern transport interchange hubs (TPUs), to determine the factors affecting their placement and integration into the urban structure, to identify the spatial decisions that are made during design.
One of the main tasks of TPU today is a comfortable and safe transfer of residents from one type of vehicle to another. Integrated transport hubs in the urban environment represent the most common type of TPU placement. Multi-level TPUs combine many functions for the life of the population, thereby forming centers of attraction for citizens, creating new jobs, organizing new urban centers. Transport hubs today are not only a comfortable change of transport; they are centers of urban activity.
Results. The experience of designing and reconstructing TPU in various cities of the world is considered. The features of the integration of transport functions into urban objects of social and business activity are revealed.
Conclusions. Having studied and analyzed the international and domestic experience in the design and implementation of TPU, key features and trends in the functional zoning of the TPU space, the organization of the three-dimensional structure of TPU, distinctive features and the possibility of placing them in the urban structure were identified.

Keywords*:* transport hubs, urban environment, urban transport network, intermodal hubs, urban activity centers.

For citation: Shaimardanova C.A., Prokofiev E.I. Integration of transport hubs into the urban environment // News KSUAE, 2022 №4 (62), c.153-162,
DOI:10.52409/20731523_2022_4_153, EDN: XIXIKV

1. Введение

В настоящее время городская структура представляет собой активно развивающуюся пространственно-функциональную связанную среду. Городская пассажирская транспортная инфраструктура является наиболее показательным фактором роста города. Увеличение транспортных потоков влечет за собой наполнение городских пространств пешеходными связями и зонами, формирование новых пересадочных узлов. Как следствие актуальными становятся вопросы организации специализированных зон для безопасного и комфортного перемещения и пересадки пассажиров.

Современные транспортно-пересадочные узлы (ТПУ) представляют собой комплексные сооружения, которые совмещают в себе не только транспортные функции, но и административные, торговые, социальные, культурные функции. Сегодня транспортно-пересадочные узлы – это центры городского притяжения, центры городской активности. Размещение ТПУ в городской структуре зависит преимущественно от набора необходимых функций определенного места, логистических путей, дорожных развязок. Основные факторы, влияющие на формирование таких центров – градостроительные, экономические, архитектурно-планировочные, социально-функциональные [1].

Насыщение административными, торговыми и рекреационными функциями формирует транспортно-пересадочные узлы как центры притяжения для пассажиров. Формирование ТПУ в городе обеспечивает транспортную доступность и безопасность городской среды [2].

Интегрирование транспортных функций в городские объекты можно назвать одним из активно используемых приемов размещения транспортно-пересадочных узлов в городской среде. Многоуровневые транспортно-пересадочные узлы могут совмещать в себе от одного до двух и более уровней [3]. Станции метрополитена, подземный авто

паркинг занимают уровень ниже нуля, остановки городского общественного транспорта, перехватывающие парковки размещаются на уровне земли, торговые, административные, культурные зоны располагаются на отметке уровня земли или выше [4].

В мировой практике транспортно-пересадочным узлом (*Transport Transit Hub*) или интермодальным узлом принято называть межсетевой ТПУ [5]. В зарубежной планировочной практике последних лет сложились общие подходы к разработке документации по планировке территории, основанные на нескольких принципах, обеспечивающих устойчивое развитие транспортной инфраструктуры и всей системы расселения в целом. К ним относятся принцип управления доступом к Улично-дорожной сети и принцип *Transit Oriented Development* (*TOD*). На русский язык данный термин можно перевести как «застройка, ориентированная на массовые виды транспорта» [6]. Все принципы TOD подразделяются на несколько основных групп, такие как инфраструктурные, планировочные, архитектурные и социальные.

К принципам TOD относятся:

1. развитый общественный транспорт;
2. приоритет перемещений на общественном транспорте;
3. развитие и управление парковочным пространством и велосипедным движением;
4. формирование многофункциональных зон в ТПУ;
5. привлекательные первые этажи и фронт застройки;
6. комфортные и безопасные общественные пространства;
7. активная общественная жизнь на территории.

Формирование и внедрение транспортно-пересадочных узлов в городскую среду решает ряд задач, которые стоят перед городом в вопросах транспортной логистики [7]. Решение градостроительных проблем путем образования таких стратегически важных объектов, как ТПУ, может комплексно развить транспортную инфраструктуру, уменьшить использование личного транспорта, распределить пешеходные потоки, развить социальную инфраструктуру [8].

Цель данного исследования: выявить ключевые особенности формирования современных транспортно-пересадочных узлов, обозначить объемно-пространственные решения, которые принимаются при их проектировании.

Задачи исследования: выполнить анализ международного и отечественного опыта проектирования и строительства транспортно-пересадочных узлов, выявить особенности функционального зонирования пространства и организации объемно-пространственной структуры транспортно-пересадочных узлов.

2. Материалы и методы

Методология исследования основывается на изучении графических и текстовых материалов в отечественной и зарубежной литературе [9].

Материалы для рассмотрения в данной работе представлены в виде проектно-концептуальных архитектурных решений и реализованных объектов транспортно-пересадочных узлов [10]. Подборка наиболее ярких, информативных объектов и концепций мировой и отечественной практики организации транспортно-пересадочных узлов. Подобраны и проанализированы ТПУ развитых и передовых стран и городов, где наблюдается рост городов, развитие транспортного трафика и, как следствие, необходимость в формировании транспортно-пересадочных узлов.

Методы исследования - изучение объектов транспортно-пересадочных узлов международной и отечественной практики, выявление особенностей функционального зонирования пространства и организации объемно-пространственной структуры транспортно-пересадочных узлов.

3. Результаты и обсуждение

Рассматривая международный и отечественный опыт организации транспортно-пересадочных узлов, можно отследить тенденции в их проектировании и строительстве.

Общественный центр Kamppi г. Хельсинки, Финляндия

Примером совмещения транспортно-пересадочного узла и торгового центра является Общественный центр Kamppi в г. Хельсинки (рис. 1). Kamppi расположен в

исторической зоне города и является архитектурной достопримечательностью, притягивающей туристов, функциональным транспортным узлом и привлекательным местом отдыха для жителей Хельсинки. Kamppi включает в себя автовокзал, торговый центр, бизнес центр, жилые дома, бытовые и коммунальные услуги, точки общепита, парки и городские общественные пространства [11].

Комплекс состоит из 6 этажей и занимает территорию площадью 135 тыс. кв. м, из которых 37 тыс. кв. м. занимают магазины, 12,5 тыс. кв. м.─ офисы, 6 тыс. кв. м ─ жильё. На подземном уровне расположены метро и главный автобусный вокзал города Хельсинки, одновременно являющийся и самым крупным автобусным терминалом Финляндии. Ежедневное транспортное сообщение между городами и районами обслуживает нескончаемый поток людей. Также на подземном уровне расположен паркинг для автомобилей, такси, каршеринга и вход в метро. Тем самым, на нулевом уровне комплекса ТПУ пересекаются три типа транспортных пересадок. С 1-го по 5-ый этаж занимают торговые помещения, офисные пространства, коворкинг-центры, конференц-залы. 6-й этаж занимают развлекательные залы, точки общепита.

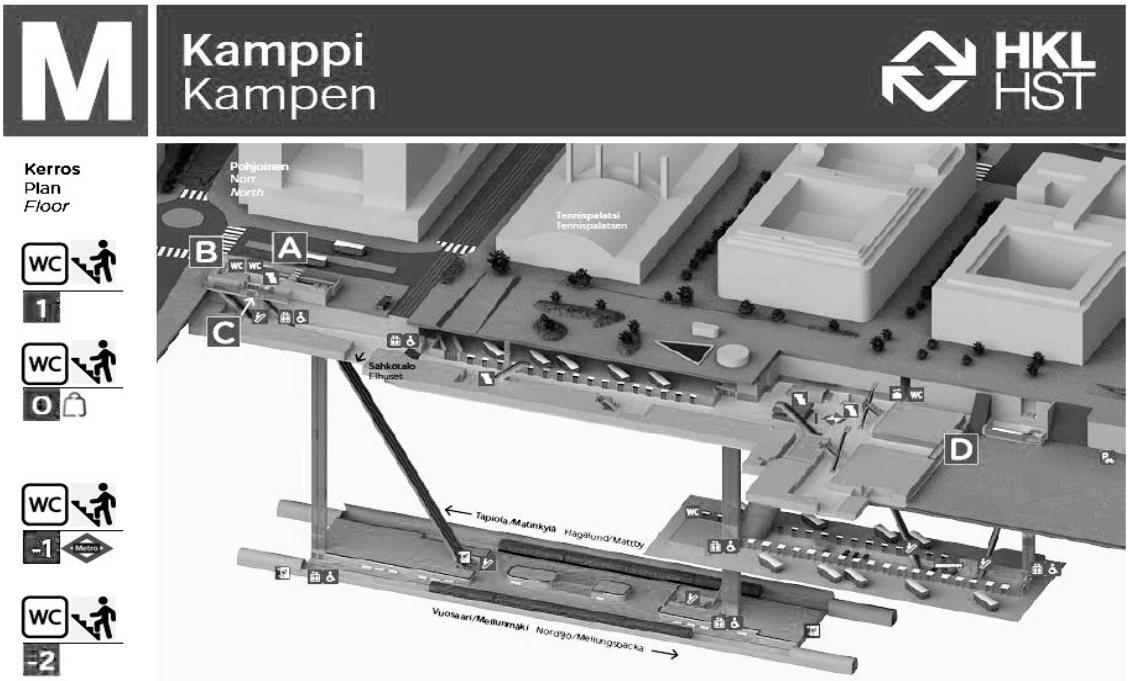


Рис. 1. Аксонометрический разрез ТПУ общественного центра Kamppi г. Хельсинки https://www.heihei.ru/Finland/travel/lux_kamppi.php
Fig. 1. Axonometric section of the TPU of the Kamppi Public Center in Helsinki

Железнодорожный вокзал King's Cross Central, Лондон, Великобритания

Другим примером интегрирования транспортно-пересадочного узла в городскую структуру является железнодорожный вокзал King's Cross Central в Лондоне (рис. 2). Реконструкция железнодорожного вокзала в конце 90-х XX века преобразовала транспортный узел в шедевр архитектуры. Расположен вокзал в северо-восточной части Лондона, в районе Кэдмен и к моменту открытия был крупнейшим транспортным узлом в стране. Ежегодный пассажиропоток вокзала составляет около 26 миллионов пассажиров [128]. Комплекс вокзала занимает около 27 га бывших железнодорожных земель к северу от железнодорожных станций Кингс-Кросс и Сент-Панкрас. Участок обозначен тремя границами:

1. существующей железной дорогой на восточном побережье, ведущей от Кингс-Кросс;
2. York Way - дорогой, обозначающей разделение между Камденом и Ислингтоном;
3. новой железнодорожной линией High Speed 1 (HS1), ранее известной как железнодорожная ветка под Ла-Маншем, которая огибает участок на север и запад.

На территории вокзала расположены зоны для отдыха и развлечения, торговые залы, зоны общепита, гостиницы. С железнодорожного вокзала King’s Cross Central можно попасть в различные города Англии, а также в Шотландию.

Проект реконструкции вокзального комплекса King’s Cross так же является ярким примером развития городского района. Ранее криминально-известный район преобразился в новый городской центр притяжения, с развитой социальной инфраструктурой, сформированными новыми жилыми комплексами, административными функциями, местами отдыха горожан.

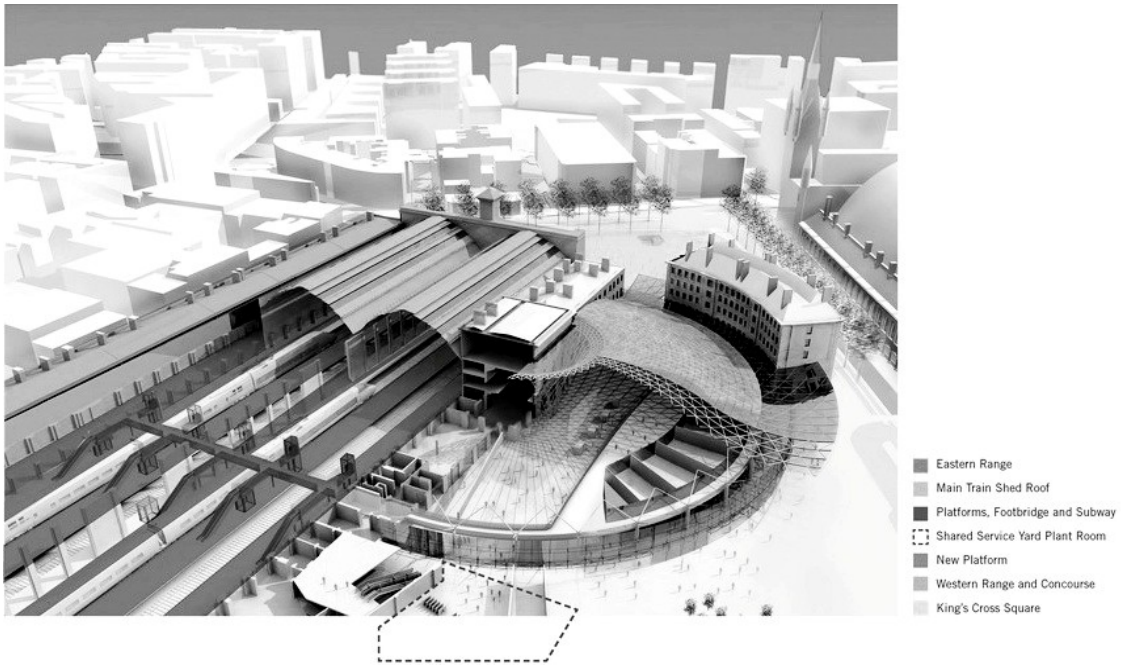


Рис. 2 Аксонометрический разрез ТПУ, Железнодорожного вокзала King’s Cross Central, Лондон
Fig.2 Axonometric section of TPU, King's Cross Central Railway Station, London

Интеграция транспортно-пересадочных узлов в железнодорожные вокзалы в городе является одним из наиболее распространённых приемов размещения транспортных узлов. Интенсивный пассажиропоток вокзалов необходимо обеспечивать безопасными, комфортными, быстрыми пересадками с одного вида транспорта на другой.

ТЦ «Кольцо», г. Казань, Россия

Еще один пример размещения транспортно-пересадочного узла в городской структуре - торговый центр «Кольцо» в г. Казань. Объект расположен в исторической части города и совмещает в себе 4 уровня. В подземной части расположены станция метрополитена, парковка для автомобилей, торговые точки, кафе. На уровне земли расположены остановки общественного городского транспорта, общественные пространства, городские площади. С первого по третий этаж расположились торговые зоны и административные помещения. Последний этаж занимают развлекательный комплекс, кинотеатр, фудкорт.

Данный транспортно-пересадочный узел формирует определенную градостроительную ситуацию в центре города. Здесь пересекаются множество транспортных потоков, пешеходные связи, городские площади и общественные пространства. Объект является сложным градостроительным узлом, где активно сливаются и распределяются пассажиропотоки в течение всего дня.

Транспортный центр Трансбэй (Transbay Transit Center), Сан-Франциско, США

Планируемый объект станет одним из крупнейших гражданских и транспортных проектов в Сан-Франциско, США. Сооружение, интермодальный пересадочный центр, предполагает строительство 326-метрового небоскреба и транспортно-пересадочного узла с двумя подземными этажами и общественным пространством на крыше.

Транспортно-пересадочный узел будет расположен в деловой части Сан-Франциско и станет основным автобусным и железнодорожным терминалом между городом и областью залива Сан-Франциско. Новый терминал будет спроектирован возле Маркет-стрит – главной торговой и транспортной артерии города. Объект состоит из нескольких уровней (рис. 3):

– первый этаж занимают входы, торговые зоны, билетные кассы;

– на втором этаже запроектированы торговые пространства, административные зоны, коворкинги, конференц залы;

– следующий уровень – автобусная станция с платформами возле главной зоны ожидания;

– на эксплуатируемой кровле сооружения расположится парк площадью 2,2 га с амфитеатром, ресторанами [13].

Одной из главных задач создания данного транспортно-пересадочного узла является решение транспортных, логистических задач, формирование безопасной городской среды, а также создание нового городского центра притяжения для жителей. Новый терминал соединит городские, пригородные транспортные сети. Здесь будут пересекаться линии автобусов, метро, железнодорожные пути.

Формирование общественных пространств, городских площадей, открытых пространств более чем на 4,5 га обеспечит мегаполису рекреационную зону, которая в свою очередь будет экологическим фильтром, поглощая автобусные выхлопные газы, собирая дождевую воду и предотвращая перегрев здания в жару.

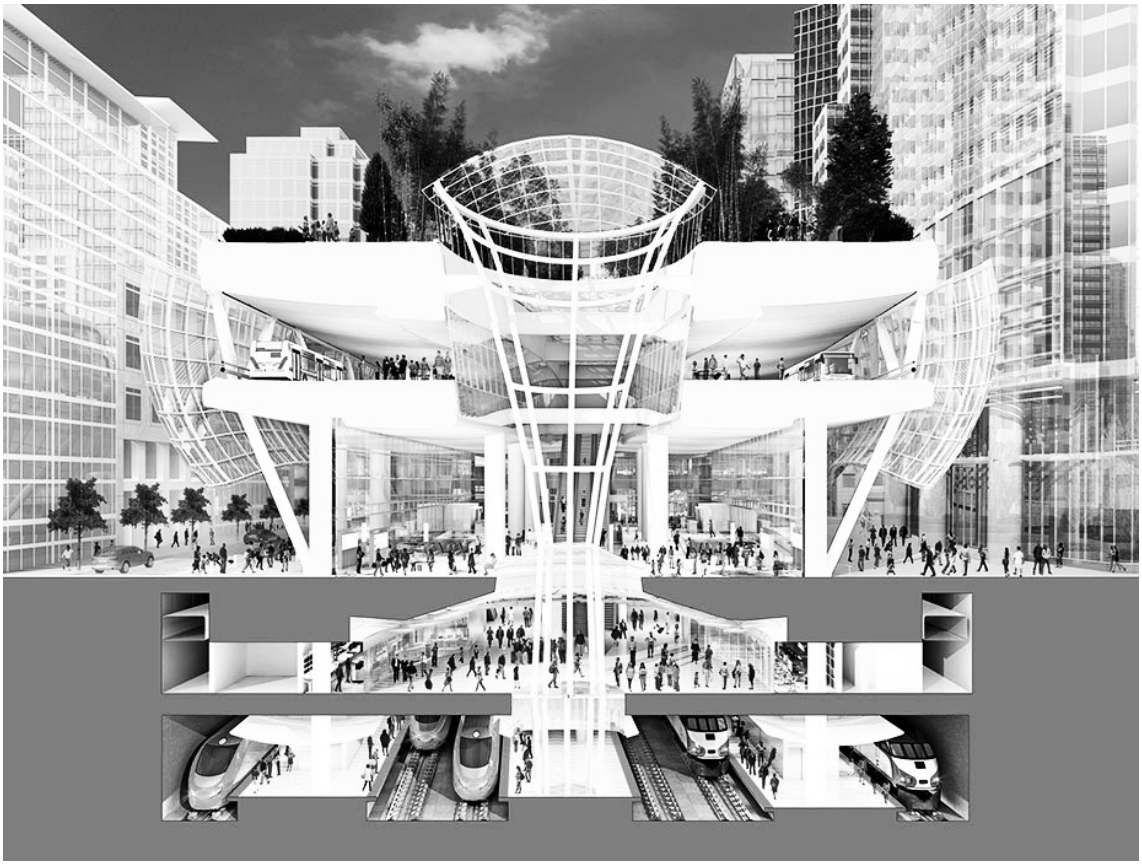


Рис. 3 Аксонометрический разрез ТПУ Транспортный центр Трансбэй, Сан-Франциско
Fig.3 Axonometric section of TPU Transport Center Transbay, San Francisco

Автовокзал «Золотой», Екатеринбург, Россия

Транспортно-пересадочный узел будет расположен недалеко от станции метро «Ботаническая» и одноимённой железнодорожной станции, где останавливаются городские электрички. Региональный торгово-транспортно-пересадочной узел разместится в границах ул. Крестинского — Академика Шварца — Белинского — Объездная дорога.

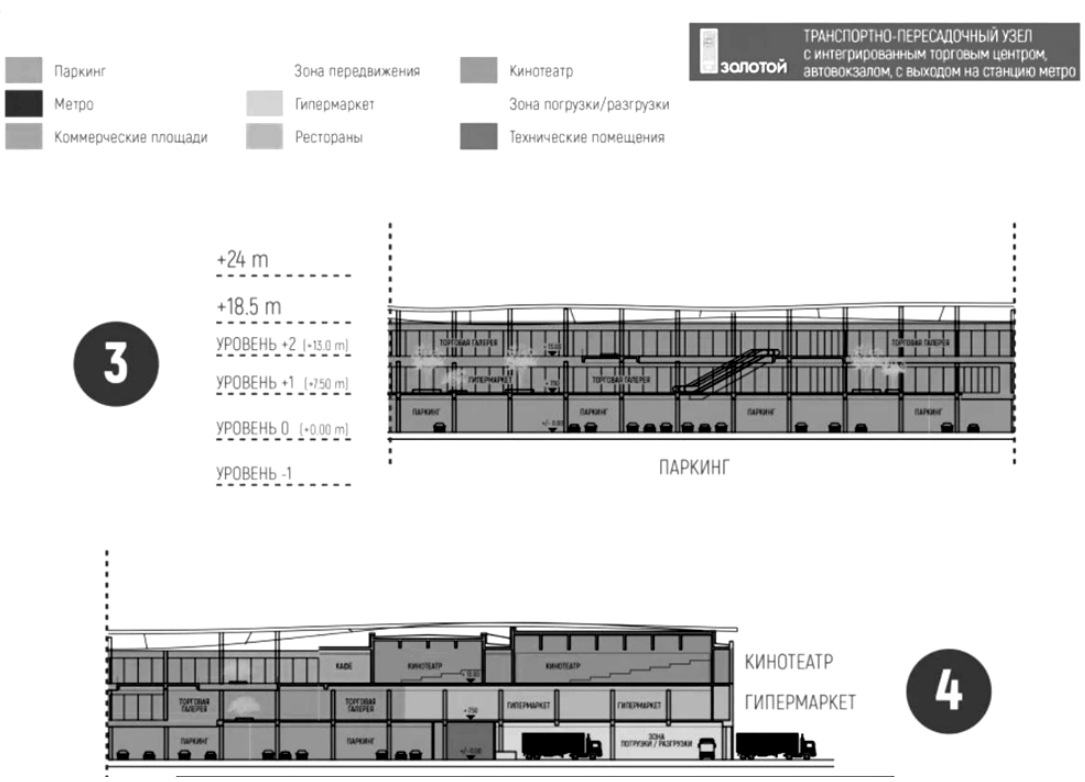


Рис. 4. Аксонометрический разрез ТПУ Золотой, Екатеринбург
Fig.4. Axonometric section of TPU Zolotoy, Yekaterinburg

Данный ТПУ объединит в себе автовокзал «Южный», торговый центр «Золотой», продуктовый гипермаркет, кинотеатр, фудкорты, перехватывающие парковки, многоуровневые парковки, проектом так же предусмотрена остановка городской электрички (рис. 4). Одна из главных задач нового ТПУ – разгрузить главные центральные дороги, так как в данный момент через них проходит большое количество междугородних автобусов [14]. Предусмотрено соединить комплекс с южными автомагистралями, вокруг вокзала провести модернизацию дорожной инфраструктуры.

ТПУ «Выхино», Москва, Россия

Транспортно-пересадочный узел «Выхино» объединяет станции Казанского направления Московской железной дороги и Таганско-Краснопресненской линии метро, а также наземный городской транспорт. ТПУ «Выхино» – один из крупнейших в городе. Он объединяет метро, наземный транспорт, пригородные электрички и экспрессы. Его ежедневный пассажиропоток составлял более 170 000 человек, что существенно превышало пропускную способность имеющейся инфраструктуры. Проект планировки предусматривает комплексную реконструкцию транспортно-пересадочного узла «Выхино» со строительством капитальных объектов общей площадью свыше 121 000 кв. м [15]. Предусмотрено размещение торговых точек, фудкортов, кафе, распределительного зала с комнатами матери и ребенка, санузлов, информационного центра, перехватывающих парковок, торгового центра. Так же предусмотрена частичная реконструкция прилегающих улиц и территорий, их благоустройство и озеленение.

Анализ международного и отечественного опыта формирования транспортно-пересадочных узлов позволил выделить факторы, способствующие созданию комфортной среды ТПУ [16]:

- вертикальное и горизонтальное функциональное зонирование, позволяющее разделить транспортную и коммерческую зоны;
- наличие торговых, административных, досуговых зон;
- безопасность пассажиров;
- наличие развитых коммуникационных зон;
- грамотное размещение элементов навигации.

Определены критерии формирования пространства транспортно-пересадочных узлов и интеграции их в городские объекты:

- Ситуационное размещение транспортно-пересадочных узлов в структуре города. Выбор места обусловлен наиболее активными узлами городской структуры, где пересекаются два и более вида транспорта. Следовательно, возникает необходимость организации пространства для комфортной, безопасной и быстрой пересадки пассажиров.
- Архитектурно планировочная структура объекта. Четкое разделение пространства и функциональное зонирование как вертикальное, так и горизонтальное позволяет разграничивать пешеходные потоки и транспортную инфраструктуру, объекты попутного обслуживания пассажиров. Такие планировочные решения формируют беспрепятственную, быструю смену транспорта, безопасность транспортно-пересадочных узлов.
- Современные ТПУ – это не только место удобной смены транспорта, но и центры городского притяжения и активности. Исходя из этого, расширяется и функциональное насыщение объектов, возрастает этажность. Помимо транспортной инфраструктуры появляются торговые объекты, информационные объекты и табло, коммерческие пространства, административные и жилые помещения. Именно подобный набор функций в сооружении характеризует его не только как транспортно-пересадочный узел, но и как многофункциональный центр.

Важным фактором организации современных ТПУ является навигация. Сложная объемно-пространственная структура многоуровневых ТПУ требует грамотного подхода к размещению элементов навигации для удобства ориентирования пассажиров. К таким элементам относятся информационное табло, стойки информации, вертикальная навигация в интерьере, паттерны напольных покрытий.

Тенденции организации современных транспортно-пересадочных узлов показывают, что сегодня можно создать уникальный городской объект, в котором будет не только транспортная инфраструктура, но и все удобства для жизнедеятельности людей. Так же, современные комплексы транспортно-пересадочных узлов становятся новыми городскими центрами активности. Они формируют архитектурно-градостроительный облик места, развивают транспортную доступность района, создают новые рабочие места.

4. Заключение

На основе выполненного анализа международного и отечественного опыта проектирования и реализации транспортно-пересадочных узлов сделаны выводы, что:

– особенности функционального зонирования ~~и~~ пространства основываются на принципе многофункционального насыщения, что позволяет горожанам разнообразить времяпровождение во время ожидания своего маршрута;

– организация объемно-пространственной структуры транспортно-пересадочных узлов позволяет комфортно пересесть с одного транспорта на другой, помогает горожанам легко ориентироваться в здании;

Транспортно-пересадочные узлы - сооружения многофункционального насыщения. ТПУ сегодня это совмещение транспортной и общественной функции. Сегодня ТПУ это место городской активности, место притяжения людей. Такие ТПУ могут стать архитектурными доминантами города.

Список литературы / References

1. Азаренкова З.В. Транспортная составляющая социальных стандартов качества жизни в градостроительстве // Жилищное строительство. 2011. Вып. 8. С. 49-53. [Azarenkova Z.V. Transport component of social standards of quality of life in urban planning // Housing construction. 2011. Issue 8. pp. 49-53].
2. Азаренкова З.В. Планировочная организация транспортно-пересадочных узлов // Academia/ Архитектура и строительство. 2011. Вып. 1. С. 76-80. [Azarenkova Z.V. Planning organization of transport hubs // Academia/ Architecture and construction. 2011. Issue 1. pp. 76-80].

3. Булгакова Е.А., Савичева А.А. Современные тенденции проектирования транспортно - пересадочных узлов в инфраструктуре мегаполиса // Евразийский союз ученых. 2015. Т. 13, № 4-9. С. 155-157. [Bulgakova E.A., Savicheva A.A. Modern trends in the design of transport interchange hubs in the infrastructure of a megalopolis // Eurasian Union of Scientists. 2015. Vol. 13, No. 4-9. pp. 155-157].
4. Тахирай Г. Тенденции формирования и развития транспортно-пересадочного узла в инфраструктуре крупных городов Албании // Architecture and Modern Information Technologies. 2022. №1(58). С. 125-135. URL:https://marhi.ru/AMIT/2022/1kvart22/PDF/07_tahiraj.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2022-1-125-135 [Tahirai G. Trends in the formation and development of a transport interchange hub in the infrastructure of large cities in Albania // Architecture and Modern Information Technologies. 2022. No.1 (58). pp. 125-135. URL:https://marhi.ru/AMIT/2022/1kvart22/PDF/07_tahiraj.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2022-1-125-135].
5. Shaimardanova. C., Prokofiev E. The emergence and development of transport hubs in Russia // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 274. Iss. 01004. P. 1-9. DOI: 10.1051/e3sconf/202127401004.
6. Kopylova T.A. Conception of level of service of public intermodal TRANSPORT JUNCTIONS // The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2017. Vol. 4. Iss. 56-57. P. 101-107. DOI: 10.26518/2071-7296-2017-4-5(56-57)-101-107.
7. Цзэн Бовэнь, Чупарин Е.Н. Восемь принципов развития транспортно-пересадочных узлов (на примере станции Иркутск-Сортировочный) // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2017. Т. 7, № 4. С. 225–234. DOI: 10.21285/2227-2917-2017-4-225-234 [Tseng Boven, Chuprin E.N. Eight principles of development of transport interchange hubs (on the example of Irkutsk-Sortirovochny station) // Izvestiya vuzov. Investment. Construction. Realty. 2017. vol. 7, No. 4. pp. 225-234. DOI: 10.21285/2227-2917-2017-4-225-234].
8. Власов Д.Н. Транспортно-пересадочные узлы. М.: Издательство МИСИ-МГСУ, 2017. 193 с. [Vlasov D.N. Transport and transfer hubs. Moscow: Publishing House of MISI-MGSU, 2017. 193 p.]
9. Nadi A., Sharma S., Snelder M., Bakri T. Short-term prediction of outbound truck traffic from the exchange of information in logistics hubs: A case study for the port of Rotterdam // Transportation Research Part C Emerging Technologies. 2021. Vol. 127. Iss. 103111. P. 1-9. DOI: 10.1016/j.trc.2021.103111.
10. Lv J., Guo J., Li J. From "Comprehensive Transportation Hub" to "City New Sitting Room"- Overall the design about Jinan East district comprehensive transportation hub // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 81. Iss. 012131. P. 1-9. DOI: 10.1088/1755-1315/81/1/012131.
11. Торговый центр Kamppi в Хельсинки // Крупнейший российский портал о туризме в Финляндии. URL: https://e-finland.ru/travel/shoping/torgovyyi-tscentr-kamppi-v-helsinki.html (дата обращения: 20.04.2022). [Kamppi Shopping Center in Helsinki // The largest Russian portal about tourism in Finland. URL: https://e-finland.ru/travel/shoping/torgovyyi-tscentr-kamppi-v-helsinki.html (accessed: 04/20/2022)].
12. Железнодорожная готика // Российский интернет-портал в сфере архитектуры. URL: https://archi.ru/world/40196/zheleznodorozhnaya-gotika (дата обращения: 20.04.2022). [Railway Gothic // Russian Internet portal in the field of architecture. URL: https://archi.ru/world/40196/zheleznodorozhnaya-gotika (accessed: 04/20/2022)].
13. Транспортный центр Трансбэй в Сан-Франциско // Информационный портал о подземном строительстве. URL: https://undergroundexpert.info/opyt-podzemnogo-stroitelstva/stroyashhiesya-obekty/transportnyj-tsentr-transbej-usa/ (дата обращения: 21.04.2022). [The transport center of the Transbay in San Francisco // Information portal about underground construction. URL: https://undergroundexpert.info/opyt-podzemnogo-stroitelstva/stroyashhiesya-obekty/transportnyj-tsentr-transbej-usa / (accessed: 04/21/2022)].
14. «Золотая кастрюля»: разглядываем проект гигантского автовокзала, который начали строить на Ботанике // Все новости Екатеринбурга и Свердловской области. URL:https://www.e1.ru/text/realty/2020/01/29/66469108/ (дата обращения: 22.04.2022).

["Golden saucepan": looking at the project of a giant bus station, which began to be built on Botany // All news from Yekaterinburg and the Sverdlovsk region. URL:https://www.e1.ru/text/realty/2020/01/29/66469108 / (accessed: 04/22/2022)].
15. Сергей Собянин рассказал о планах развития ТПУ «Выхино» // Официальный сайт Мэра Москвы. URL:https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/7603050/ (дата обращения: 22.04.2022). [Sergey Sobyanin spoke about the plans for the development of TPU "Vykhino" // Official website of the Mayor of Moscow. URL:https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/7603050 / (accessed: 04/22/2022)].
16. Dembich A., Saifutdinova A. Naberezhnye Chelny – implementation roadmap of the Master Plan-2022 // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 274. Iss. 01004. P. 1-9. DOI: 10.1051/e3sconf/202127401032

Информация об авторах

Шаймарданова Камилла Айратовна, архитектор, ООО «Проектно-конструкторская мастерская», г. Казань, Российская Федерация
shaimardanova.c@gmail.com
Прокофьев Евгений Иванович, кандидат архитектуры, профессор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

Information about the authors

Camilla A. Shaimardanova, architect, LLC «PKM», Kazan, Russian Federation
E-mail: shaimardanova.c@gmail.com
Evgenii I. Prokofiev, candidate of architecture, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

УДК:721
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_163
EDN: VTAGZC

Объект городского фермерства как новое общественное пространство в современной России

Д.А. Буторина[1] ,И.И. Ахтямов[2]
[1]ООО "Диалог/Урбан планинг",
[2]Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* В современной отечественной научной и практической среде отсутствуют архитектурные способы работы с производственными растениеводческими объектами, как с общественными пространствами в городских условиях. Задачей ставится анализ отечественной социальной поведенческой культуры выращивания растительной продукции в городе. Рассматривается опыт существующей архитектуры зарубежных городских ферм, включающих в себя общественные функции. Осуществляется задача поиска пространственных и функциональных приемов архитектуры городского фермерства с общественными пространствами. Исследование ставит своей целью разработку модели объекта городского фермерства, как общественного центра, основанного на социальных тенденциях городского сообщества в современной России.
Результаты. Выявлены архитектурные приемы совместной работы общественного и растениеводческого пространств. Выделены социальные тенденций России в области растениеводства. На их основе создана универсальная модель общественного центра как объекта городского фермерства в рамках российского контекста.
Выводы. Разработана модель центра городского фермерства, как воплощения российской социальной культуры растениеводства в архитектурном выражении. Раскрыты возможности развития рекреационной инфраструктуры, архитектуры многофункциональных общественных центров и промышленных объектов российских городов. Работа имеет актуальность и значимость для отечественной архитектуры в сфере проектирования общественных зданий, производственных растениеводческих объектов в городской черте.

Ключевые слова: городское фермерство, архитектура, растениеводство, городская среда, общественное пространство.

Для цитирования: Буторина Д.А., Ахтямов И.И. Объект городского фермерства как новое общественное пространство в современной России // Известия КГАСУ 2022. № 4(62), с.163-176, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_163, EDN: VTAGZC

Urban farming facility as a new public space in modern Russia

D.A. Butorina [1], I. I. Akhtyamov [2]
[1] LLC "Dialogue/Urban planning",
[2] Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation

Abstract. *Problem statement.* The article aims to develop a model of an urban farming facility as a public center based on the social trends of the urban community in modern Russia. The domestic behavioral culture of growing plant products in the city is analyzed. The experience of the existing architecture of foreign urban farms, including public functions, is considered. ***Results.*** Architectural techniques of joint work of public and plant-growing spaces are revealed.

Conclusions. A model of the urban farming center has been developed as an embodiment of the Russian social culture of crop production in architectural terms. The possibilities of developing recreational infrastructure, architecture of multifunctional public centers and industrial facilities of Russian cities are revealed.

Keywords: urban farming, architecture, crop production, urban environment, public space.

For citation: Butorina D.A., Akhtyamov I.I. Urban farming facility as a new public space in modern Russia // News KSUAE 2022. № 4(62), p.163-176, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_163, EDN: VTAGZC

1. Введение

Под понятием «городское фермерство» в данном исследовании подразумевается эффективное, высокотехнологичное, преимущественно климатонезависимое круглогодичное производство пищи в городах, в искусственных условиях внутри помещений с полным или частичным применением искусственного освещения, с высоким уровнем автоматизации производственных процессов [1].

Современные объекты городского фермерства в России представляют собой промышленные помещения для выращивания растениеводческих культур в закрытом контуре. В большинстве случаев это складские или бывшие заводские помещения, заполненные стеллажами и техническим оборудованием. Для роста растений используется исключительно искусственный свет, что определяет отсутствие визуальной связи помещений с городом. Работа таких предприятий сводится к производственной моно-функции.

Однако, множество проектов реновации и альтернативного использования промышленной архитектуры показывают, насколько городу важно переосмысление таких пространств в общественном ключе. Направленность в сторону гуманизации, включенности объекта в городскую жизнь, доступность и многофункциональность – современный тренд производственной архитектуры [2]. Данной теме посвящено большое количество литературных трудов [3,4].

В современной литературе по проблемам архитектуры городского фермерства представлены работы о технологиях и производственных процессов данных производств [5-7]. В научных публикациях и литературе проводится обоснование целесообразности использования данных пространств [8-10]. В последние десятилетия представлены технологическая и типологическая систематики внедрения объектов в городскую среду в публикациях архитектурного направления [1,11-13]. Однако недостаточное количество исследований посвящено изучению и систематизации методов внедрения объектов фермерства в городскую общественную среду, в том числе, с учетом российской специфики [14].

Данная работа ставит целью исследования разработку универсальной адаптируемой архитектурной модели объектов фермерства. Спецификой разрабатываемой пространственной модели является ориентированность на современную социально-экономическую модель российских городов. Актуальность цели исследования обоснована необходимостью проектирования архитектуры объектов фермерства изначально на основе социальных тенденций российского общества. Это в корне меняет существующий подход к адаптации существующих зарубежных проектов к отечественной действительности.

Задачи исследования сгруппированы в 3 этапа. Первый, «Аналитический» этап предполагает анализ социальных отечественных тенденций, связанных с растениеводством.

Задачи второго «Функционально-пространственного» этапа:

– анализ работы действующих зарубежных растениеводческих центров и их значимости в общественной сфере города;

– выделение функциональных блоков общественных пространств, имеющих потенциал симбиоза с архитектурными объектами городского фермерства;

– формирование пространственных компонентов «инструментария» работы объекта городского фермерства с общественными пространствами;

Задачи третьего этапа «Апробация»:

– создание универсальной модели центра городского фермерства как самостоятельного общественного пространства;

– апробация модели на примере проекта в г. Тольятти.

2. Материалы и методы

На первом этапе исследования в социальной сфере России были выделены исторические тенденции, связанные с растениеводством, имеющие значение для современности. Материалом исследования выступали исследования на историческую, архитектурно-градостроительную и социологическую тематики.

На втором этапе анализировались архитектурные проекты действующих зарубежных объектов городского фермерства на предмет функционального наполнения общественными пространствами. Объекты анализа были выбраны по принципам:

- функциональное назначение объекта в виде производства растениеводческих продуктов в процессе городского фермерства;
- наличие общественных функций, находящихся в непосредственной связи с производственными помещениями;
- успешная реализация и эксплуатация проекта.

Таким образом для анализа были выбраны объекты:

1. Les Fermes Lufa (Ahuntsic), Проектировщик: KUBO Full service grow concepts, Монреаль, Канада [15,16]
2. Agrotopia Research Center, Архитекторы: META architecture bureau, van Bergen Kolpa architects,Розеларе, Бельгия [17]
3. la Cité Maraîchère, Архитектор: Ilimelgo architects, Роменвиль, Франция [18,19]
4. New Farm Fabric NL, Архитектор: Space And Matter, Гаага, Нидерланды [20,21]
5. Research Center ICTA-ICP UAB,Архитекторы: Dataae, Harquitectes, Серданьола, Испания [22]
6. Taiwan Greenhouse Pavilion, Архитектор: BIAS Architects,Таоюань, Китай [23]
7. Vertical Harvest Urban farm, Архитектор: E/ye design, Джексон, США [24]

Материалом для анализа стали информация и графический материал о пространственно-функциональных моделях указанных проектов. В ходе анализа определялись значимые функциональные блоки производственного и общественного характера. Выявлялись существующие примеры видов общественных функциональных пространств, соседствующих с растениеводческими в эффективной форме взаимодействия. Методом графического анализа были составлены аксонометрические пространственные модели, позволяющие сделать выводы о применяемых функциональных наполнениях общественных пространств и их связь между собой.

Для создания универсальной модели были выявлены ключевые архитектурные приемы, применённые в изучаемых зарубежных проектах. Сущностью приемов является взаимосвязь и пространственная организация общественных и производственных (включающих растениеводческие) групп помещений проектов. Выявление архитектурных приемов проводилось посредством графического анализа пространственных взаимоотношений внутри каждого из представленных для анализа проектов. Были выявлены ключевые архитектурные приемы функционального разделения и использования, элементами которых оперировали модели проектов.

На третьем этапе выявленные приемы использовались для интерпретации результатов первого этапа исследования в новой модели объекта городского фермерства. Составленная модель была апробирована в проекте Центра Городского Фермерства в г. Тольятти.

3. Результаты и обсуждение

Исторически сложилось несколько преобладающих векторов, мотивировавших людей заниматься растениеводством в городских условиях, в теплицах или других сооружениях. Цели этой деятельности зависели от назначения процесса выращивания растительной продукции. Самой древней такой задачей являлось преодоление

ограничений сезонности урожайного цикла. В России это невозможность получать в зимнее время нужные растительные продукты (в тех регионах, где климат этому не благоприятствовал).

Благодаря инициативам Петра I, были введены практики ботанического садоводства, выращивавших овощные, плодовые культуры, цветы в черте города Санкт-Петербурга [25]. Выращивание лекарственных растений как в практических, так и исследовательских целях в ботаническом саду МГУ «Аптекарский огород» было положено в 1706 году [26]. Начиная с петровской эпохи внедрение в дворцовые и дворянские усадьбы оранжерей, выполняющих эстетические цели в дополнении к пищевым [27].

Как отмечается исследователями архитектуры, связь активного развития городского растениеводческого направления с социальными процессами в истории нашей страны проявлена в создании Вольного экономического общества и Общества любителей садоводства. Это выражалось в проведении выставок, организации торговых, садовых и огородных заведений в XIX веке [25].

В историческую тенденцию особенностей российского растениеводства вписывается материал о большом культурном пласте деревенского земледельческого образа жизни. Так, в конце XX века, по материалам исследований, большинство городских жителей имело аграрный менталитет, а также прочные связи с сельской жизнью.[28] Это было связано с характером урбанизации в СССР – многие постсоветские горожане на рубеже веков родились или имеют родственников в сельской местности. Это стало одной из причин популяризации другого социального явления – «дачизации» [29].

Феномен дачи отражает особый характер российской действительности. Имея большую историю и спектр назначения, как культурный феномен, начиная от усадьб, как элитарного социального признака, продолжая становлением дач как источника продовольственного обеспечения в кризисные времена [30].

Как продолжающаяся в современности социальная тенденция, дача привносит в жизнь горожан особые аграрную и рекреационную составляющие, сочетая как сельские, так и городские особенности жизни [29]. Здесь образуются специфические практики отношения к труду на земле, как к культурной, социальной и образовательной составляющей. Дача приносит как материальные плоды – в виде выращиваемых продуктов питания, так социальную близость – особый опыт взаимоотношений в семье и с соседями [31].

Дачные массивы имеют градостроительный характер влияния на город, вклиниваясь между современными процессами урбанизации и рурализации [29]. Отмечается «побег» горожан от недостаточно рекреационно развитой, продовольственно-неудовлетворительной и социально неблагоприятной городской среды [32,33]. Многие процессы, связанные с дачей и выращиванием растений, входят в городскую жизнь. Это относится к повсеместному выращиванию рассады на подоконниках, реализации посадок и ухода за растениями в рамках дворового и палисадного благоустройства горожанами.

Большую социальную группу потенциальных пользователей объектов городского фермерства сегодня представляют пожилые, люди средних лет. Историческая близость деревенского образа жизни, опыт дачной культуры СССР, опыт жизни в советском и постсоветском дефиците продуктов питания, дает благодатную почву для внедрения практик фермерства в черте города [34].

Социальным веянием становится внесение аграрного поведения в городские пространства. Это огороды в пустующих зеленых зонах города, на крышах жилых и школьных зданий, а также небольшие коммерческие объединения на основе выращивания растительной продукции, в том числе и внутри здания. Многие горожане выращивают цветы, овощи, плодовые растения в городских условиях: на балконах, внутри холлов общественных и образовательных учреждений, подъездов, на палисадниках многоквартирных домов [35]. Часто, кроме прямой функции – самообеспечения продовольствием, люди преследуют общественные цели, объединяясь на грядках в сообщества, проводя там свой досуг, обучая садоводству других людей. Современными примерами такой практики служат «Общественный огород» в парке

Горкинско-Ометьевского леса в г. Казани и городская грядка в Сиреневом саду в г. Москве [36].

Растет популярность профессии сити-фермера, как новой профессии будущего. Обучением этой профессии уже занимается ряд производителей, компаний, таких как «РЕАТОНИКА»[37]. Ежегодным событием становится полномасштабная выставка - конференция в России «Сити Фермер» для профессиональных игроков отрасли: производителей удобрений, технологического оборудования, элементов гидропоники и освещения, микрозелени, растений и их семян и прочей продукции [38].

В стране постепенно формируется осмысленный запрос со стороны потенциальных потребителей продукции городского фермерства. Российская статистика говорит о том, что 56 % граждан согласны на переплату за экологически чистые продукты. Они изъявляют готовность к повышенной цене в ходе оплаты свежих, незамороженных, необработанных продуктов (51 %) и продуктов с отсутствием генномодифицированных включений (46 %) [39].

Сегодня в России существует коммерческая заинтересованность и запрос со стороны компаний как на высокотехнологичное оборудование, а что важно, и на свежую продукцию в сфере городского фермерства. К числу таких компаний принадлежат UrbaniEco, iFarm Project, «Агрорус» [40]. В основном эти компании ориентированы на потребителей высокоплатёжеспособных столичных и северных сибирских и дальневосточных регионов, где вследствие долгой и энергозатратной доставки продукты стоят дороже. Городские фермы таких предпринимателей отправляют свою продукцию в виде микрозелени, свежих салатов и зелени в продуктовые сети и рестораны города [41]

Историческим направлением российского выращивания в городских условиях является цветоводство. Оно в нашей стране развивалось с использование тепличной архитектуры непосредственно в городской среде. Выращивание цветов с применением новых технологических систем, как современный тренд в России прослеживается в развитии питомниководства, в совместных проектах с ботаническими садами, работающих с новыми биотехнологиями [42].

Внедрение практических занятий в ботанических садах в учебный курс школьников – реализуемая в советском прошлом и сегодня задача [43]. Активно используются уже существующие биологические площадки, ботанические сады («Аптекарский городок», МГУ). Используются зеленые рекреационные пространства города: скверы, парки. Примером может служить «Зеленая школа» в парке Горького в Москве, являющаяся клубом юных натуралистов и одновременно городской дачей. Образовательные биологические площадки действуют, например, в парке «Зарядье» [44]. В московской школе №1392 на территории по проекту была построена протяженная теплица. Это пространство ботанической оранжереи используется ребятами как для образовательных и естественно-научных, так и общественно-досуговых мероприятий [45].

Растениеводство хорошо работает как среда социализации. Это актуально для пациентов в реабилитационный период, людей с психологическими заболеваниями, трудных подростков и бывших заключенных, пожилых, проживающих в хосписах. В этих целях применяются образовательные терапевтические практики–«гарденотерапия» или «садовая терапия» [46]. Эти практики позволяют раскрыть возможности выращивания лекарственных растений как для нужд фармацевтики, так и для улучшения психологического состояния пользователей в оздоровительных учреждениях. Выращивание растений и наблюдение за садом применяется для улучшения благосостояния через воздействие на разум, тело и душу человека [47].

Широкое социально-полезное применение объектов городского фермерства связано с широким обширным спектром приложения пространства для выращивания растениеводческих культур. Общественную значимость может иметь выращиваемая продукция как для питания современных россиян, так и для лечебных, торговых и, в случае с цветами, эстетических целей. Многообразие взаимодействия с растениями дополняется функциями отдыха, досуга, образования, научно-исследовательской полезностью. Все это открывает большие возможности для реализации потребностей широких слоев населения в пище, самореализации, общении, творчестве.

Были выделены социальные растениеводческие тенденции, характерные для современных горожан России:

- сезонный характер самостоятельного выращивания;
- активная социализация разных общественных слоев на основе растениеводства;
- цикличный отток населения на дачи вследствие недостатка в объектах городской рекреационной и общественной инфраструктуры;
- развитие пространств выращивания в черте города для самообеспечения;
- развитие профессиональных рабочих ниш в сфере городского фермерства;
- запрос населения на повышение качества продуктов питания;
- проведение образовательных программ в садоводческом формате.

Результатом на втором этапе стал графический анализ реализованных зарубежных проектов городского фермерства на закономерности частого использования определенных функциональных групп помещений (рис. 1). Наиболее используемыми оказались: общественные площадки, заведения питания, торговые и образовательные пространства. Реже встречались функции офисных, научно-исследовательских и творческих пространств. Вариативность их применения зависит от главной задачи объекта растениеводства. Наименее часто используемые функции встречаются при доминировании задач коммерческих или научно-образовательных направленностей (проекты 2;4;5). Объекты же преимущественно производственной направленности для коммерческой выгоды в локальном городском пространстве больше основываются на быстрой реализации свежей продукции на собственном прилавке и в виде приготовленных пищевых продуктов (проекты 1;3;6;7). Для успешной реализации этой продукции в местном сообществе они организуют образовательные и общественные события и программы, консолидируя городскую активность и привлекая больше пользователей.

Результатом анализа взаимоположения общественного и производственного пространств стали процессуально разделённые обобщенные модели «А» и «Б» (рис. 2).

Модель «А» воплощает производственные связи, когда общественное пространство связано с растениеводческим посредством только производственных отношений. Эта связь становится функционально-образующей для общественного пространства. На основе этой взаимосвязи к производственным помещениям могут добавляться такие общественные пространства, посвященные торговле, творческим мастерским, общественному питанию. Модель «Б» строится на связях прямого и визуального доступа к процессу растениеводства. Функциональные единицы общественного пространства в этой модели могут преследовать научно-исследовательские, офисные, творческие, образовательные цели.

Примером возможных комбинаций служат совмещенные модели «АБ» и «БА». Им соответствуют архитектурные примеры под номерами 4 и 7 (рис. 2). Разделение общественных и производственных функций по уровням создает многофункциональный комплекс, где общественная часть помогает в реализации продукции производственной.

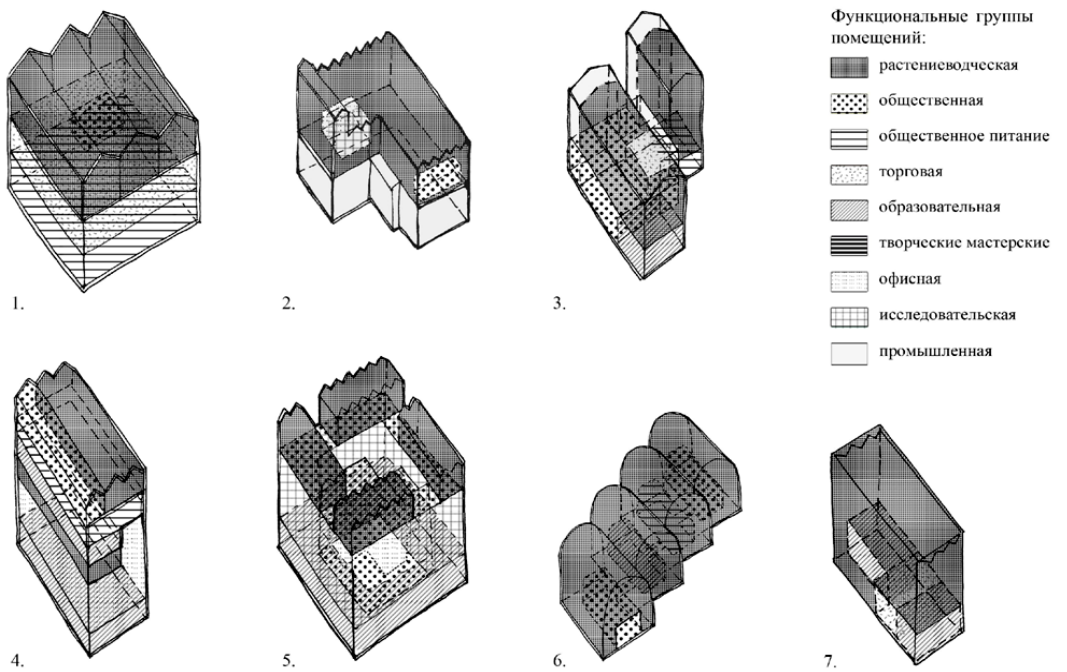


Рис. 1. Графический анализ функционально-пространственного решения проектов (иллюстрация авторов)

Fig.1. Graphical analysis of the functional and spatial solution of projects (illustration by the authors)

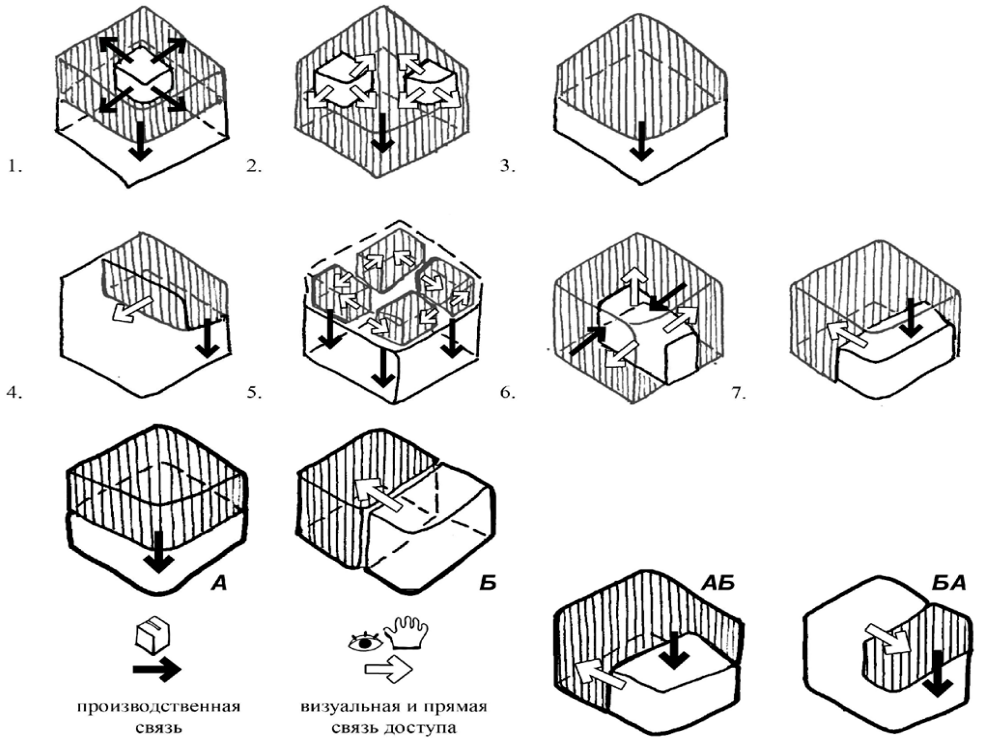


Рис. 2. Схема распределения производственно-растениеводческих и общественных помещений. Графический анализ (1-7), выявление основных (А, Б) и составных (АБ, БА) пространственных приемов и связей общественных и производственных помещений. Анализ связевых взаимосвязей и приемов компоновки (иллюстрация авторов).

Fig. 2. Scheme of distribution of industrial, plant-growing and public premises. Graphical analysis (1-7), identification of the main (A, B) and composite (ABBA) spatial techniques and connections of public and industrial premises. Analysis of link relationships and layout techniques. (illustration by the authors)

На основе выведенных типологий «А» и «Б» в соответствии с задачами исследованиями требуется составить новую модель с учетом российских социальных тенденций (рис. 3). Структура по общественному наполнению, двухчастна. Это два вида

общественных пространств, связанных визуальными связями с растениеводческими помещениями – внутреннее и внешнее.

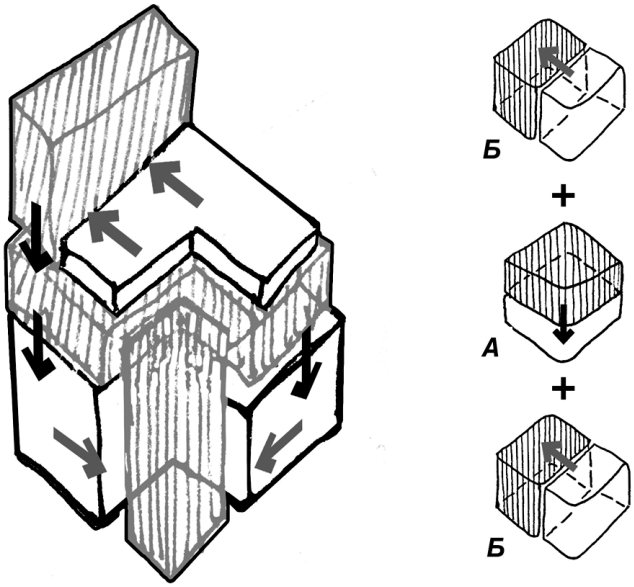


Рис. 3 Универсальная модель российского общественного центра городского фермерства. (иллюстрация авторов)
Fig. 3 An ideal model of the Russian public center of urban farming. (illustration by the authors)

Внешнее пространство позволяет реализовать комплекс социальных запросов, характерных для повышения городской активности, поддержки рекреационного баланса территорий и размещения пространств выращивания и общественного пользования летнего времени года.

Внутреннее общественное пространство работает на досуговую и коммерческую составляющие, предоставляя круглогодичный доступ к необходимому микроклимату, дополнительному оборудованию и визуальному эстетическому комфорту. Оба вида пространств типологически связаны с растениеводческими помещениями по модели «Б».

Количество функциональных единиц внутреннего наполнения предполагает достаточно массивную структуру внутренней общественной части. Так же, исходя из потенциального запроса на продукцию городского фермерства, растениеводческие помещения могут быть увеличены в объеме. Все это предполагает создание развитого производственно-технического этажа, который может соседствовать с исследовательскими и офисными помещениями. Для успешной работы такой технической прослойки была выбрана типология связи «А», взаимодействующая с внутренними и внешними пространствами, для успешной эксплуатации их растениеводческих помещений.

Апробация модели - проект «Центра Городского Фермерства в г. Тольятти» (рис. 4).

Функциональное решение закрытой общественной части было решено на основе анализа проектов второго этапа исследования. На первом уровне расположены самые массовые по посещаемости общественные пространства, стимулирующие комфортную социализацию между разными социальными группами. Это образовательные помещения и творческие мастерские для преимущественно детской, подростковой и пожилой аудитории, а также пространства коммерции и общественного питания для широкого круга посетителей.

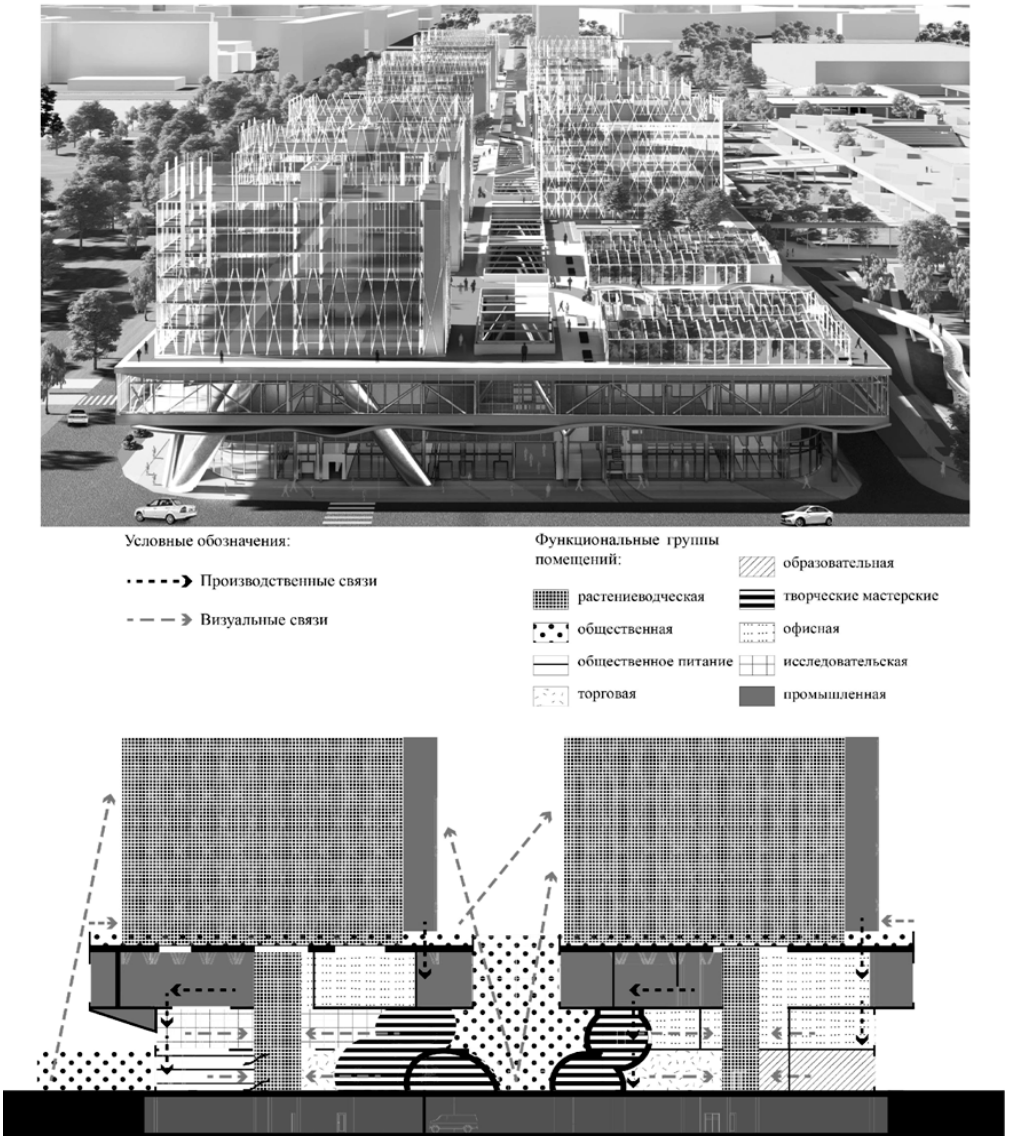


Рис. 4. Дипломный бакалаврский проект, авторская работа, 2022 г., КГАСУ (иллюстрация авторов)
Fig. 4 Bachelor's thesis project, author's work, 2022, KGASU (illustration by the authors)

Второй уровень закрытой части профессионально ориентирован на производственную часть городского фермерства. Здесь располагаются помещения среднего и высшего образования, научно-исследовательские лаборатории, бизнес-кластер, офисы.

Характерные для России социальные тенденции в проекте выразились с помощью следующих средств:

- учет влияния сезонного характера климата на возможность выращивания и пользования площадками – в наличии общественных площадок закрытого (круглогодичного) и открытого(летнего);
- социализация разных общественных слоев на основе образовательной, досуговой, творческой работы центра;
- создание парковой зоны и общественных огородов на кровле (с доступом по системе пандусов); организация уличного пространства с заведениями питания, услуг и коммерции для развития городской рекреационной и общественной инфраструктуры;
- реализация профессиональной отрасли городского фермерства с помощью научно-исследовательских, офисных и образовательных пространств;
- обеспечение города достаточным объемом растениеводческих помещений для выращивания качественной, свежей, питательной продукции питания.

Выращивание растений в городе, в непосредственной близости от социума – задача, выходящая за рамки производственной монофункциональности.

Исследование показало, что тенденции к развитию отечественных центров городского фермерства, как общественных объектов, имеют большой социальный охват и историческую глубину. Развитие направления проектирования городской архитектуры с растениеводческим уклоном имеет большую перспективу в нашей стране.

Выводы по этой теме имеют значимость в перспективе проектирования новой типологической единицы – объекта городской фермерства, как общественного центра. Архитектура такого здания должна транслировать роль полноценного участника продовольственной, коммерческой, общественной жизни города с гуманной и преемственной по отношению к жителям социальной позиции.

4. Заключение

В статье были достигнуты следующие результаты:

- выявлены актуальные социальные тенденции в российском обществе, связанные с городским фермерством;
- выявлены функциональные особенности существующих зарубежных растениеводческих центров с общественной функциональной составляющей;
- выделены наиболее востребованные функции в составе общественных пространств, имеющих потенциал симбиоза с архитектурными объектами городского фермерства;
- выведены пространственные приемы взаимодействия промышленных помещений объектов городского фермерства с общественными пространствами;
- создана модель центра городского фермерства как полноценного российского общественного центра;
- проведена успешная апробация модели и её принципов в проекте «Центр городского фермерства в г. Тольятти».

Список литературы / References

1. Н. М. Руткин, Л. Ю. Лагуткина, О. Ю. Лагуткин, Урбанизированное агропроизводство (сити-фермерство) как перспективное направление развития мирового агропроизводства и способ повышения продовольственной безопасности городов // Вестник АГТ. 2017.Т. 4. Сер. Рыбное хозяйство, С. 95-108. DOI: 10.24143/2073-5529-2017-4-95-108 [N. M. Utkin, L. Yu. Lagutkina, O. Yu. Lagutkin, Urbanized agricultural production (city farming) as a promising direction for the development of world agricultural production and a way to improve the food security of cities // Bulletin of AGT. 2017.T. 4. Ser. Fisheries, pp. 95-108. DOI: 10.24143/2073-5529-2017-4-95-108]
2. Черкасов Г.Н., Кабаева М.М. Новые тенденции в развитии промышленной архитектуры: предприятие - человек - город – общество // Academia. Архитектураистроительство.2014. Вып. 4.Черкасов Георгий Николаевич, Кабаева Мария Михайловна Новые тенденции в развитии промышленной архитектуры: предприятие - человек - город - общество // Academia. Архитектура и строительство. 2014. Вып.4. [Cherkasov G.N., Kabaeva M.M. New trends in the development of industrial architecture: enterprise - man - city – society // Academia. Architecture and construction. 2014. Issue 4. Cherkasov Georgiy Nikolaevich, Kabaeva Maria Mikhailovna New trends in the development of industrial architecture: enterprise - man - city - society // Academia. Architecture and construction. 2014. Issue 4.]
3. К. Александер С. Исихара М. Силверстайн Язык шаблонов: города, здания, строительство М.: Изд-во Студия Артемия Лебедева. 2014. 1096 с. [K. Alexander S. Ishihara M. Silverstein Template language: cities, buildings, construction M.: Artemy Lebedev Studio Publishing House. 2014. 1096 p.]
4. А. Л. Гельфонд. Архитектура общественных пространств: монография - Москва: ИНФРА-М. 2019. 410 с. [A. L. Gelfond. Architecture of public spaces: monograph - Moscow: INFRA-M. 2019. 410 p.]
5. Тойоки К., Генхуа Н, Митико Т. Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production. Academic Press, т. 2, 2019, p. 1102.

6. Н. Н. Гераскин Архитектура сельскохозяйственных производственных зданий, ферм и комплексов. М: Нестор-История. 2014. 387 с. [N. N. Geraskin Architecture of agricultural production buildings, farms and complexes. M: Nestor-History. 2014. 387 p.]
7. Food and Agriculture Organization (FAO). Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops: Principles for Mediterranean Climate Areas; FAO: Roma, Italy, 2013; 616 c.
8. Н. А. Сапрыкина. Формирование экоустойчивого пространства обитания будущего: теория, практика, перспективы. М: КУРС. 2021. - 287 с. [N. A. Saprykina. Formation of a sustainable living space of the future: theory, practice, prospects. M: COURSE. 2021. - 287 p.]
9. DespommierD. The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century. N-Y: Macmillan. 2010. 320 c.
10. З.А.Капелюк , А.А.Алетдинова. Вертикальное сельское хозяйство как новая концепция развития аграрного сектора // Вестник евразийской науки.2017.Вып. 6.С. 52.[5. Z. A. Kapelyuk, A. A. Aletdinova. Vertical agriculture as a new concept for the development of the agricultural sector // Bulletin of Eurasian Science. 2017. Issue. 6. p. 52.]
11. С.П.Кудрявцева, К.Е.Пищук. Проектирование центров вертикального земледелия в городской среде // Инженерно-строительный вестник Прикаспия.2016.Вып. 1-2. С.15-16. [C. P. Kudryavtseva, K.E.Pischuk. Designing vertical farming centers in an urban environment // Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea. 2016. Issue 1-2. p.15-16.]
12. А. Султанова. Размещение и архитектурная типология объектов растениеводства // Вестник евразийской науки. 2018. Вып. 5.С. 67[A. Sultanova. Placement and architectural typology of crop production facilities // Bulletin of Eurasian Science. 2018. Issue 5. p. 67]
13. А. Султанова. Инновационные технологии и их влияние на архитектуру предприятий растениеводства // AMIT. 2018. Вып. 1 .С. 163-177. [A. Sultanova. Innovative technologies and their impact on the architecture of crop production enterprises // AMIT. 2018. Issue 1. pp. 163-177.]
14. М.А. Демидова , А.С.Карпов , В.Д. Волков, Е.П.Гороновская, Л.С.Нащекина, А.А. Н.В. Сильченко, А.Г. Астанина, А. Г. Чистякова. Агрообъекты в городской среде // Наука, образование и экспериментальное проектирование. 2022. Вып. 1. С.431-435.[M.A. Demidova, A.S.Karpov, V.D. Volkov, E.P.Granovskaya, L.S.Nashchekina, A.A. N.V. Silchenko, A.G. Astanina, A. G. Chistyakova. Agroobjects in the urban environment // Science, education and experimental design. 2022. Issue 1. pp.431-435.]
15. LesFermesLufa (Ahuntsic) roof top greenhouse // Lufa Farms Inc.URL:https://montreal.lufa.com/en/farms (дата обращения: 5.10.2022).
16. Trudeau tours latest Lufa Farms greenhouse // Annex Business Media. 2017.URL: https://www.greenhousecanada.com/lufa-farms-welcomes-pm-to-latest-project-31826/ (дата обращения 3.10.22)
17. PintosP. Agrotopia Research Center for Urban Food Production // ArchDaily.2022. URL: https://www.archdaily.com/976252/agrotopia-research-center-for-urban-food-production-van-bergen-kolpa-architects. (дата обращения: 6.10.2022).
18. Deshi F. Un lieu de vie multiple au cœur du quartier Marcel-Cachin //Компания La Cité Maraîchère URL:https://www.lacitemaraichere.com/multiplicite-espaces-cite-maraichere-pxl-38.html (дата обращения: 6.10.2022)
19. ZornA.Ilimelgo Reimagines Future of Urban Agriculture in Romainville //Archdaily.2017.URL:https://www.archdaily.com/874922/ilimelgo-reimagines-future-of-urban-agriculture-in-romainville (дата обращения: 6.10.2022).
20. Neem een kijkje in ons gebouw // The New Farm .2022. URL:https://thenewfarm.com/ (дата обращения: 6.10.2022).
21. Urban Farmers, Greenhouse in the sky // Space&matter architects . URL:https://www.spaceandmatter.nl/work/urban-farmers(дата обращения: 6.10.2022).
22. Dataae, Harquitectes architects. Research Center ICTA-ICP · UAB //ArchDaily.2015.URL:https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataa (дата обращения: 6.10.2022).

23. González M.F. Greenhouse as a Home / BIAS Architects // ArchDaily.2018.URL:https://www.archdaily.com/902060/greenhouse-as-a-home-bias-architects?ad_medium=office_landing&ad_name=article (дата обращения: 6.10.2022).
24. D. Hudson. Vertical harvest urban farm by e/ye design under construction // Designboom.2015.URL:https://www.designboom.com/architecture/eye-design-vertical-harvest-in-jackson-2-28-2015/ (дата обращения 07.10.22)
25. Белоусова О.А. К истории развития торговых растениеводческих заведений в Санкт-Петербурге XIX начала XX века // Инновации и инвестиции. 2019. Вып.8. С. 114. [Belousova O. A. On the history of the development of commercial plant-growing establishments in St. Petersburg of the XIX-early XX century // Innovations and investments. 2019. Issue 8. p. 114.]
26. Новиков С. В. Аптекарский огород // А. Ю. Андреев, Д. А. Цыганков Императорский Московский университет: 1755—1917 : энциклопедический словарь, М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2010.С.32-33 [Novikov S. V. Aptekarsky ogorod // A. Yu. Andreev, D. A. Tsygankov Imperial Moscow University: 1755-1917 : Encyclopedic dictionary, Moscow: Russian Political Encyclopedia (ROSSPEN), 2010. pp.32-33]
27. История Ораниенбаума // ГМЗ «Петергоф» URL:https://peterhofmuseum.ru/objects/oranienbaum. (дата обращения: 3.09.2022). [The history of Oranienbaum // GMZ "Peterhof" URL:https://peterhofmuseum.ru/objects/oranienbaum. (accessed: 09/3/2022).]
28. Алексеев А. И., Зубаревич Н. В. Кризис урбанизации: формирование нового образа жизни // Проблемы прогнозирования. 2000. Вып.4. С.138-146. [Alekseev A. I., Zubarevich N. V. The crisis of urbanization: the formation of a new way of life // Problems of forecasting. 2000. Issue 4. pp.138-146.]
29. Павлов А. Рурализация: сущность, проявления, классификация // Наука и инновации. 2017. Вып. 178. С.31-35. [Pavlov A. Ruralization: essence, manifestations, classification // Science and Innovation. 2017. Issue 178. pp.31-35.]
30. Вараксин Г. С., Нефодина Т. А. История становления и развития дачного хозяйства в России // Вестник КрасГАУ. 2011. Вып.9. С. 80-82. [Varaksin G. S., Nefodina T. A. The history of the formation and development of dacha farming in Russia // Bulletin of KrasGAU. 2011. Issue 9. pp. 80-82.]
31. Полухина Е.В. Особенности социального порядка в постсоветском дачном пространстве: труд, поколения и гендер // Лабиринт. Журнал социально-гуманитарных исследований. 2014. Вып. 3. С. 22-31. [Polukhina E.V. Features of the social order in the post-Soviet suburban space: labor, generations and gender // Labyrinth. Journal of Social and Humanitarian Studies. 2014. Issue 3. pp. 22-31.]
32. С. Р. Хуснутдинова, А. А. Дембич, Ю. А. Закирова, Социально-экологические факторы формирования комфортной среды урбанизированных территорий // Географический вестник. 2016. Вып. 4(39). С. 28-35. DOI 10.17072/2079-7877-2016-4-28-35. [S. R. Khusnutdinova, A. A. Demich, Yu. A. Zakirova, Socio-ecological factors of formation of a comfortable environment of urbanized territories // Geographical Bulletin. 2016. Issue 4(39). pp. 28-35. DOI 10.17072/2079-7877-2016-4-28-35.]
33. Вараксин Г. С., Нефодина Т. А. История становления и развития дачного хозяйства в России // Вестник КрасГАУ. 2011. Вып. 9. С. 152-158 [Varaksin G. S., Nefodina T. A. The history of the formation and development of dacha farming in Russia // Bulletin of KrasGAU. 2011. Issue 9. pp. 152-158]
34. Потапчук Е. Ю. изменение значения дачи в пригородно-городском пространстве (по материалам хабаровских сми 2010-2020 гг.) // Городские исследования и практики. 2020. Вып.4. С.73-86. [Potapchuk E. Y. Changing the meaning of a summer cottage in suburban-urban space (based on the materials of Khabarovsk mass media 2010-2020) // Urban research and practice. 2020. Issue 4. pp.73-86.]
35. Черных Н. В. Городские общественные огороды: предпосылки появления и перспективы развития в современном мегаполисе // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2018. Вып.4. С. 85-91. [Chernykh N. V. Urban public vegetable gardens: prerequisites for

the emergence and prospects of development in a modern metropolis // Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik. 2018. Issue 4. pp. 85-91.]

36. В Сиреневом саду можно будет наблюдать, как созревают овощи в экспериментальном огороде // ГБУК г. Москвы "Галерея Ильи Глазунова".2016. URL: https://glazunov-gallery.ru/novosti/v-sirenevom-sadu-mozhno-budet-nablyudat-kak-sozrevayut-ovoschi-v-eksperimentalnom-ogorode (дата обращения: 05.09.2022).[In the Lilac garden it will be possible to observe how vegetables ripen in an experimental vegetable garden // GBUK of Moscow "Ilya Glazunov Gallery".2016. URL: https://glazunov-gallery.ru/novosti/v-sirenevom-sadu-mozhno-budet-nablyudat-kak-sozrevayut-ovoschi-v-eksperimentalnom-ogorode (accessed: 05.09.2022).]
37. Reatonika // компания ООО«РЕАТОНИКА»URL: https://reatonika.ru/ (дата обращения: 04 09 2022). [Reatonika // REATONIKA LLC company URL: https://reatonika.ru / (accessed: 04 09 2022).]
38. «Сити Фермер» - ежегодная полномасштабная выставка. // Портал о сити-фермерстве и прогрессивном растениеводстве. URL: https://city-farmer.ru/vystavka-sitifermer/. (дата обращения: 04.09.2022). [City Farmer is an annual full-scale exhibition. // Portal about city farming and progressive crop production. URL: https://city-farmer.ru/vystavka-sitifermer/. (accessed: 04.09.2022).]
39. Совместное исследование холдинга Ромир и Центра ОНФ «Россияне дорожат свежими продуктами// «Ромир» - исследовательский холдинг. 2016.URL: https://romir.ru/studies/rossiyane-dorojat-svejimi-produktami (дата обращения 21.09.2022) [Joint research of Romir Holding and ONF Center "Russians value fresh products// Romir - research holding. 2016. URL: https://romir.ru/studies/rossiyane-dorojat-svejimi-produktami (accessed 21.09.2022)]
40. Ракиткина Л. Кто сегодня в России развивает городские фермы будущего //vc.ru - платформа для предпринимателей. 2019. URL: https://vc.ru/food/55478-kto-segodnya-v-rossii-razvivaet-gorodskie-fermy-budushchego (дата обращения: 10.09.2022). [Rakitina L. Who is developing urban farms of the future in Russia today // vc.ru - a platform for entrepreneurs. 2019. URL: https://vc.ru/food/55478-kto-segodnya-v-rossii-razvivaet-gorodskie-fermy-budushchego (accessed: 09/10/2022).]
41. Соколов С., «Лексус» с грядками: в здании разорившегося автоцентра заработала ферма по выращиванию зелени // NGS.RU - городской портал Новосибирска.2020. URL: https://ngs.ru/text/business/2020/02/17/66465502/. (Дата обращения: 02.09.2022). [Sokolov S., "Lexus" with beds: a farm for growing greenery has started working in the building of a ruined car center // NGS.RU - Novosibirsk city portal. 2020. URL: https://ngs.ru/text/business/2020/02/17/66465502/. (accessed: 02.09.2022).]
42. Шашкова Л. Цветоводство в России: не упустить шанс // Биосфера.2016.Т. 8, Вып. 4.С. 429-441. [Shashkova L. Floriculture in Russia: don't miss the chance // Biosphere. 2016. Vol. 8, Issue 4. pp. 429-441.]
43. Андреева А. Ресурсы образования: новый взгляд на ботанический сад // Высшее образование в России. 2007. Вып.7 2007. [Andreeva A. Educational resources: a new look at the botanical garden // Higher education in Russia. 2007. Issue 7. 2007.]
44. В новом парке "Зарядье" появится не имеющий аналогов в России научно-познавательный центр // Портал журнала «Наука и жизнь». 2017.URL: https://www.nkj.ru/prtnews/30992/ (дата обращения: 06.10.2022). [A scientific and educational center that has no analogues in Russia will appear in the new Zaryadye Park // Portal of the journal "Science and Life". 2017. URL: https://www.nkj.ru/prtnews/30992 / (accessed: 06.10.2022).]
45. Черкасов Е., Секамов Д., Лещик И., Зеленый ковчег // Учительская газета-Москва. Вып.17.С. 23. URL:https://ug.ru/zelenyj-kovcheg/ (дата обращения 27.04.2021).[Cherkasov E., Sekamov D., Leshik I., Green ark // Uchitelskaya gazeta-Moscow. Vol.17. p. 23. URL: https://ug.ru/zelenyj-kovcheg / (accessed 27.04.2021).]
46. Святковская Е. А., Гонтарь О. Б., Тростенюк Н. Н., Калашникова И. В., Жиров В. К., Гарденотерапия как составная часть социальной адаптации и профориентации для обучающихся с интеллектуальными нарушениями //Вестник тверского государственного университета.Т. 3.С. 244-263. 2015.[Svyatkovskaya E. A., Gontar O.

B., Trostenyuk N. N., Kalashnikova I. V., Zhirov V. K., Gardenotherapy as an integral part of social adaptation and career guidance for students with intellectual disabilities // Bulletin of Tver State University. Vol. 3. pp. 244-263. 2015.]

47. Сизых С. В., Кузеванов В. Я., Белозерская С. И., Песков В. П. Садовая терапия: использование ресурсов ботанического сада для социальной адаптации и реабилитации., Иркутск: Изд-во Ирк. гос. ун-та.2006.Т.12. Вып.6. С. 237-242. DOI:10.37614/2307-5252.2021.6.12.9.035 [Sizykh S. V., Kuzevanov V. Ya., Belozerskaya S. I., Peskov V. P. Garden therapy: using the resources of the botanical garden for social adaptation and rehabilitation., Irkutsk: Publishing House of the Irk. State University. 2006. Vol.12. Issue 6. C. 237-242. DOI:10.37614/2307-5252.2021.6.12.9.035]

Информация об авторах

Дарья Андреевна Буторина, архитектор, ООО "Диалог/Урбан планинг", г.Казань, Российская Федерация.
Email: butorinadasha@gmail.com

Ильнар Ингельевич Ахтямов, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация.
Email: e.achti@gmail.com

Information about the authors

Daria A. Butorina, Architect, LLC "Dialogue/Urban planning", Kazan, Russian Federation.
Email: butorinadasha@gmail.com

Ilnar I. Akhtyamov, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: e.achti@gmail.com

УДК: 721; 725
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_177
EDN: VOYZDW

Методические основы формирования архитектурных пространств для проживания людей старческого возраста

С.Г. Короткова[1], Я.А. Денисова[2]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Российская Федерация
[2]ООО «МавиКазань», г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Проблема проживания людей пожилого возраста в городской среде приобретает все большее значение в проектном процессе. На основе опыта создания системы медицинской и культурно-бытовой помощи требуется выявить особенности организации проживания пожилого человека[1]. Данное исследование направлено на формирование системного подхода к проектированию жилища для пожилых людей, с учетом необходимого для них обслуживания. Целью работы стало создание методики формирования полноценной среды для людей старше 74 лет[2] на основе типологических признаков объектов по оказанию помощи и ухода. Для достижения поставленной цели были поставлены задачи по уточнению типологии и факторов, влияющих на пространственные решения домов для проживания пожилых людей, по установлению взаимного влияния между моделью оказания помощи и принципами проектирования жилища с учетом необходимой реадаптации человека в старческом возрасте.
Результаты. В результате исследования были выявлены группы факторов, которые влияют на основные приемы формирования среды проживания для пожилых людей; типологические виды жилища, учитывающие весь диапазон их обслуживания. Предложены принципы проектирования жилища для людей старческого возраста на основе реадаптационной модели обслуживания.
Выводы. Результаты исследования позволят вывести оценочные критерии для существующих, либо проектируемых объектов на предмет условий проживания людей преклонного возраста. Учет факторов, влияющих на формирование среды жизнедеятельности пожилого человека, предполагает изменение качества архитектурно-проектных решений и, возможно, нормативно-рекомендательной базы. Также значимость полученных результатов состоит в системности проектного моделирования жилой среды для пожилых людей, что позволяет обосновать принимаемый вариант архитектуры.

Ключевые слова: доступная среда для пожилых, типология жилища, методы проектирования, архитектурное моделирование, геронтологическая помощь.

Для цитирования: Короткова С.Г., Денисова Я.А. Методические основы формирования архитектурных пространств для проживания людей старческого возраста // Известия КГАСУ 2022 №4(62), с.177-189, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_177, EDN: VOYZDW

[1] ГОСТ Р 52495-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Социальное обслуживание населения. Термины и определения
[2] Приказ Роспотребнадзора от 07.07.2020 N 379 «Об утверждении обучающих (просветительских) программ по вопросам здорового питания» (вместе с «Обучающей (просветительской) программой по вопросам здорового питания лиц пожилого и старческого возраста»)

Methodological foundations of the formation of architectural spaces for the residence of elderly people

S.G. Korotkova[1], Y.A. Denisova[2]
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation
[2]LLC «MaviKazan», Kazan, Russian Federation.

Abstract: This study is aimed at forming a systematic approach to the design of housing for the elderly, taking into account the necessary services for them. Based on the experience of creating a system of medical and cultural and household care, it is necessary to identify the features of the organization of the elderly person's residence. The aim of the work was to create a methodology for the formation of a complete environment for people over 74 years old based on the typological features of objects for the provision of assistance and care. To achieve this goal, tasks were set to clarify the typology and factors that affect the spatial solutions of houses for the elderly, to establish the mutual influence between the model of assistance and the principles of housing design, taking into account the necessary readaptation of a person in old age.
As a result of the study, the following groups of factors were identified that affect the basic methods of forming a living environment for the elderly; typological types of housing that take into account the entire range of their services. The study suggests the principles of designing a home for elderly people based on a readaptation service model. The obtained research results allow us to deduce evaluation criteria for existing or projected facilities for the living conditions of elderly people. Taking into account the factors influencing the formation of an elderly person's life environment implies a change in the quality of architectural and design solutions, and, possibly, the regulatory and recommendation base. Also, the significance of the results obtained consists in the systematic design modeling of the residential environment for the elderly, which allows us to substantiate the accepted version of architecture.

Keywords: accessible environment for the elderly, typology of housing, design methods, architectural modeling, gerontological assistance.

For citation: Svetlana G. Korotkova, Yana A. Denisova. Methodological foundations of the formation of architectural spaces for the residence of elderly people // News KSUAE 2022 №4 (62), P. 177-189, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_177, EDN: VOYZDW

1. Введение

Проблема старения населения и динамика этого процесса сегодня требуют от архитектурной науки системного подхода, характеризующегося взаимосвязью с междисциплинарными знаниями. По официальным данным Росстата, COVID-19 унес в 2021 году жизни более чем 120 тыс. пожилых в возрасте 60 лет и старше, на них приходилось около 80% от всех умерших в стране от коронавируса. Одновременно с этим в стране произошел всплеск смертности пожилых и от других заболеваний [1]. Жизнедеятельность двух третей нетрудоспособных пенсионеров осуществляется в городской среде, в связи с чем растет число заболеваний, обусловленных неблагоприятным качеством окружающей среды [2].

Для правильного понимания и постановки задач настоящего исследования необходимо определиться с возрастными характеристиками целевой аудитории проектирования. Как правило, «старшим поколением» считаются люди, у которых с возрастом в организме начинают происходить необратимые изменения. Это происходит в возрасте старше 55 лет. Однако особенности статистических данных говорят о другом: с 60 до 64 лет - это достаточно активные в экономическом и социальном плане люди, продолжающие осуществлять трудовую деятельность. В результате применение термина «старческий возраст» включает необходимую группу старшего поколения в возрасте

старше 74 лет. В этой возрастной группе наблюдаются низкая социальная активность, множественные проблемы со здоровьем, и зачастую требуются уход и помощь.

Проблема старения населения является актуальной для всех стран мира, так с 2002-го года реализуется Мадридский план, целью которого ставилось обеспечение благополучия и активного старения пожилых людей [3]. В рамках Федерального Проекта «Старшее поколение» реализуется пилотный проект по вовлечению частных медицинских организаций в оказание медико-социальных услуг лицам 65 лет и старше [4]. Приоритетным направлением Мадридского плана является долговременный уход–– государственные меры по обеспечению ухода и помощи людям с функциональными ограничениями, типичными для конца жизни. Тема городской среды и жилья для пожилых в некоторой мере исследовалась в диссертации А.А. Шавалиевой, в том числе затрагивались вопросы адаптации жилой среды к нуждам старшего поколения людей [5]. Вместе с тем актуальными являются вопросы функционально-пространственной организации жилья стареющего человека в связи со спецификой его социального статуса [6, 7]. В качестве объекта исследования будет рассматриваться методика проектирования среды, необходимой для жизнедеятельности людей старше 74 лет.

В 1892 году в России состоялся пересмотр законов о призрении бедных; учреждение правительственной комиссии под председательством статс-секретаря К.К.Грота. Расходы на государственное вспомоществование или на пособие от правительства предполагалось покрывать из земских средств по сметам, представляемым попечительствами, а в случае «превышения местных платежных сил – из особого фонда государственного призрения». Для образования фонда предполагался сбор со всего населения империи (по 3 копейки со всех лиц сельского и по 10 копеек с лиц городского населения). Основываясь на традиционном подходе религиозно-православного общества, идея милосердия имела широкое восприятие – от чисто религиозной рефлексии до необходимости участия государства в решении социальных проблем, что привело к созданию целого ряда общеимперских и местных филантропических институтов. Основным формой проживания одиноких и немощных стариков в дореволюционной России было устройство богаделен и приютов; на 1899 год в Санкт-Петербурге насчитывалось 113 таких заведений, в Москве – 283, в 1901 году по всей России в богадельнях призревалось 670 тыс. человек [8].

Социально-демографические характеристики общественного распределения при советской власти привнесли другие формы ухода за людьми преклонного возраста [9]. Потеря трудоспособности по достижении определенного возраста позволила приравнять людей старческого возраста к инвалидам, что определило формирование сети государственных учреждений для их проживания – домов престарелых, домов-интернатов для инвалидов и людей преклонного возраста, имеющих в своём составе группы помещений, предназначенных для проведения досуга, различных культурно-массовых мероприятий, спортивных занятий, различных видов трудовой деятельности. Примером такого объединения служит открытый в 1970 г. в городе Чайков Пермской области дом-интернат для престарелых и инвалидов. Со временем, когда выяснилось, что многие из проживающих здесь людей имеют различные способности и таланты, стали устраиваться выставки творческих работ. Для проведения досуга и одновременно групповой терапии в отделении колясочников был организован шахматно-шашечный клуб.

Основная роль социального ухода за престарелыми родителями в нашей стране отводилась семейной взаимопомощи. Для этого предусматривалась возможность не только заботы молодого поколения о немощном человеке, но и продлевалась активная старость пенсионеров присмотром за внуками. Формирование пространственных условий происходило на внутриквартирных площадях за счет вариантных планировок, изменений зонирования при помощи мебели и оборудования, что замечательно было показано в фильме «Взрослые дети» режиссера В. Азарова. В то же время проживание престарелых людей в социуме и их бытовая адаптация остается малоизученной проблемой, к которой нельзя подходить только с позиций количественного обеспечения их жилплощадью [10, 11]. Архитектурно-планировочные особенности совместного проживания нескольких поколений одной семьи выявлены в исследовании Шавалиевой А.А. [5], планировочная

типология квартир для семей с пожилыми родителями сформирована в работе В. Ю. Дурманова [12]

Имеется четкое описание степеней инвалидности и некоторых видов болезней, свойственных старости. Но многие пожилые люди, в силу возрастных изменений организма, могут формально не являться больными, но и не чувствуют себя полностью здоровыми. Субъективную оценку состояния здоровья привносит разное эмоциональное состояние и самооценка. С выходом на пенсию удовлетворённость жизнью снижается, но в зрелой старости (67–86 лет) удовлетворённость повышается («возрастной парадокс») – приходит иное понимание смысла существования, появляется эмоциональная мудрость, выстраивается психологическая защита от стрессов и тревог, а в глубокой старости (87+) удовлетворённость жизнью резко падает [3]. Низкий уровень социального самочувствия наблюдается у 35% представителей старшего поколения: они менее уверены в завтрашнем дне, хуже оценивают личное экономическое положение, статус в обществе, правовую защищенность. Особенно это наблюдается в крупных городах, где усилилась тенденция нарушения семейных связей из-за нехватки времени у активно работающего поколения, а также территориальной разобщенности семей [13, 14].

Целью данной работы является разработка методики формирования пространства и архитектурно-планировочного проектирования жилья для людей старческого возраста по типу дома-интерната. Ставятся следующие задачи исследования:

- выявление основных **типологических признаков** пространств для проживания пожилых людей, а также уточнение термина «интернат» в заданном демографическом контексте;
- определение проектных **принципов** формирования жилой среды для пожилых людей в контексте их психофизиологической активности;
- формирование взаимосвязей между характером оказания помощи пожилым людям и **принципами моделирования жилой среды**.
-

2. Материалы и методы

Исследование основывается на связи социально-демографических явлений, психофизиологии человека, антропометрии с архитектурным творчеством. Данная работа предлагает методическую основу формирования жилого пространства, адресно учитывающего общественного пользователя. В качестве методической основы исследования разрабатывается факторный подход. Учет влияющих факторов на этапе предпроектного анализа позволяет включить элементы социально-бытового и медицинского обслуживания пожилых людей в жилую среду по оптимальной схеме оказания им помощи. Таким образом, формируются архитектурные пространства по принципам, учитывающим особенности людей старческого возраста.

Материалами к исследованию явились данные статистического анализа, собранные в едином сборнике Межгосударственного статистического комитета СНГ [2]. Методы обобщения статистических показателей позволяют пользоваться данными гендерного деления, социальной дифференциации, санитарно-медицинского обеспечения старшего поколения. Основываясь на диалектической логике, в исследовании используется метод факторного анализа, что позволяет решить основную задачу – описать предмет исследования компактно и всесторонне. Для того, чтобы зафиксировать приемы проектного процесса, были определены *объективные и субъективные факторы*, влияющие на формирование необходимой среды. Объективное влияние оказывают существенные возрастные особенности организма людей старше 74 лет, вынужденное ограничение полноценных социальных контактов, что характеризуется, как медицинский фактор. Далее, учитывая, что экономическая, технологическая, социальная политика государства формирует форматы взаимодействия между государством, рынком, некоммерческими организациями и ближним окружением пожилого человека, то социально-демографический фактор также обладает объективным влиянием на проектирование. Что касается избирательного, предвзятого отношения к созданию качественной среды жизнедеятельности для пожилых людей, то эргономические показатели, включая, как габаритные размеры, так и психологию восприятия, можно отнести к субъективным факторам. Наличие или отсутствие какой-либо функции в

объекте проектирования, соответствие нормативно-рекомендательной базе в строительстве являются зависимыми от технического задания и определяются влиянием функционально-технического фактора. Субъективные факторы также можно рассматривать в качестве критерия для оценки соответствия архитектурно-пространственной среды условиям, определяемыми объективными факторами. Обусловливая, что объективные и субъективные факторы находятся во взаимосвязи, исследованием предложена адаптация пространственной среды пожилого человека методом моделирования [15].В контексте полученных моделей оказания помощи старшему поколению методом обобщения проектного опыта выявлены принципы организации среды для людей старше 74 лет.

3. Результаты и обсуждение

Аналитическая проработка предпроектного исследования на основе объективных факторов позволяет сформировать архитектурно-пространственную среду для пользователей с выраженными психофизиологическими ограниченными возможностями здоровья. Санитарно-медицинский фактор оказывает влияние на проектное моделирование среды для людей старческого возраста. Учитывая, что показатели Глобального пенсионного индекса, выводимого Natixis Investment Managers свидетельствуют, что из 44 стран Россия занимает 38 место по уровню жизни пенсионеров[3], требуется использовать возможность распространения коммерческих проектов долговременной помощи, если члены семьи не в состоянии обеспечить квалифицированную медико-социальную помощь. Социально-демографический фактор имеет значение в силу того, что возросло, и еще будет возрастать количество одиноких пожилых в России [1].

Вышеназванные факторы определяют, каким образом будет оказываться общественное призрение социально незащищенным группам населения. Существующие сегодня в мире пять форматов распределения ответственности по отношению к пожилому человеку и его окружению, дают основу принципиальным приемам формирования среды [12]:

1. Первая, универсальная модель, используется в скандинавских странах: здесь пожилые люди пользуются доступными государственными услугами.
2. В рамках модели совместного социального ухода (применяемой, например, в Австрии и Германии) пожилые люди могут по выбору получить денежное пособие или услугу.
3. В США и Великобритании пользуются моделью адресной помощи, в которой право пожилых людей на услуги и доступ к ним основываются на их материальном положении. В основном распространены коммерческие проекты долговременной помощи, государство подключается в тех случаях, когда человек не может позволить себе заплатить за уход.
4. Семейная модель распределения ответственности (Италия, Португалия, Испания и Греция) предполагает, что уход за пожилыми осуществляет их семья, имеющая право на денежное пособие.
5. Страны Центральной и Восточной Европы пользуются минималистичной моделью, в которой пожилым людям помогают в учреждении. Если за пожилым человеком может ухаживать семья, государство практически не выделяет средств на поддержку.

В современной ситуации расширение типологии объектов для проживания стареющих людей представлено домами временного проживания, обслуживанием на дому [6]. В целом схемы обслуживания людей старческого возраста делятся на открытую и замкнутую (рис. 1). Исходя из функционально-планировочных типов проживания, есть основания сказать, что возрастная группа старше 75 лет нуждается в довольно ограниченном диапазоне связей, что обосновано психофизиологической стороной их здоровья и социально-экономическим положением пенсионеров в обществе.

[3] Global Retirement Index. An in-depth assessment of welfare in retirement around the world (https://www.im.natixis.com/us/resources/2018-global-retirement-index)

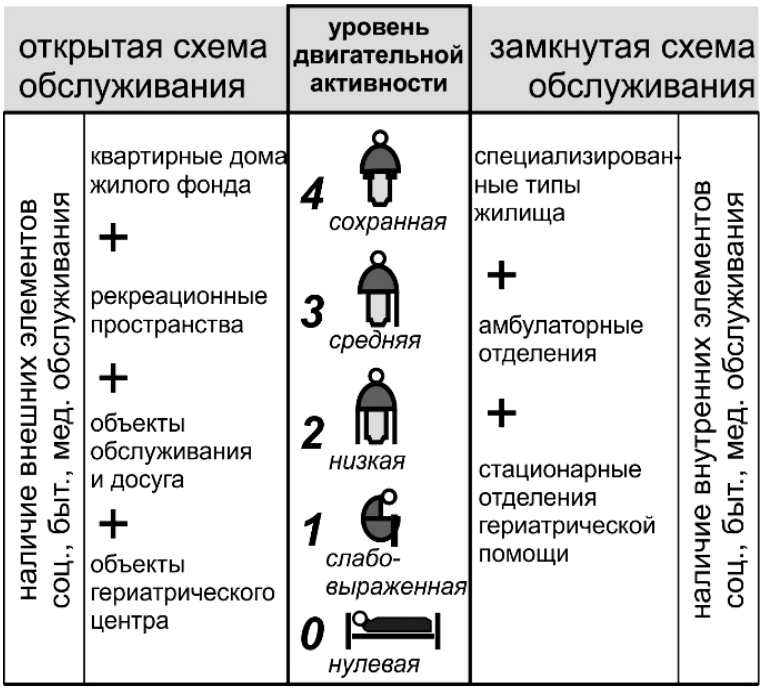


Рис. 1. Виды объектов, обслуживающих лиц преклонного возраста (иллюстрация авторов)
Fig.1.Types of facilities serving the elderly (illustration by the authors)

Исследованием предлагается акцентировать внимание на наличие трёх принципиальных подходов в организации проживания людей преклонного возраста на архитектурно-планировочном уровне (рис. 2). Первый подход представляет собой оказание ухода внутри семьи – так называемая, внутрисемейная модель. Она предполагает как адаптацию жилья к требованиям физически ослабленных пожилых членов семьи, так и получение квалифицированной помощи в ближайшем медико-социальном учреждении в сопровождении родственника. Для такой модели характерно выявление индивидуальных эргономических особенностей жилища для пожилого человека, отражение при проектировании его когнитивных и физических возможностей [9]. Наиболее полно в архитектурно-планировочной типологии внутрисемейная модель обслуживания проявлена в индивидуальном, либо блокированном жилом доме. Архитектурное решение разрабатывается с учетом особенностей, как пожилых людей, так и остальных членов семьи, осуществляя возможность комфорта для каждого в объединенном пространстве. Происходит разделение на зоны общесемейного и приватного пользования, с индивидуальными зонами для каждого члена семьи. В большинстве случаев решения предусматривают трансформируемые системы и максимально доступное расположение зон, исключая вертикальные связи в пределах досягаемости пожилого родственника. Однако универсальность пространства может пресекаться за пределами жилой дома, где оказываются элементы среды, мешающие пожилому человеку передвигаться, работать и отдыхать [10].

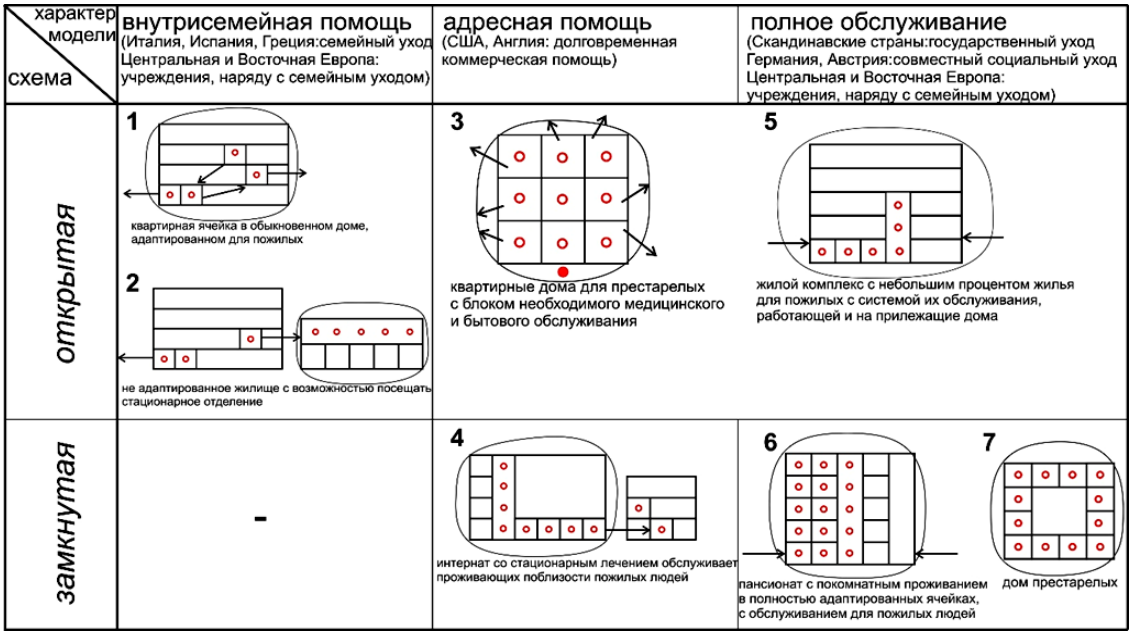


Рис. 2. Модели получения помощи пожилыми людьми, соответственно схемам обслуживания (иллюстрация авторов)
Fig. 2. Models for receiving care for older people, according to service schemes (illustration by the authors)

Второй подход, основанный на модели оказания долговременной адресной помощи, является вариантным обслуживанием в границах места / района проживания человека преклонного возраста. Примером может служить расселение пожилых людей в дома престарелых, включенных в группу многоквартирных жилых домов с зонами общественного обслуживания. Типология основных объектов обслуживания людей старшего возраста и инвалидов, обоснованность их размещения рассматривалась Б. Л. Крундышевым на основе биосоциальной активности этих групп людей. Предлагаемая им алгоритмическая схема планирования структуры жилищного строительства, с учетом специфических потребностей людей старшей возрастной группы и инвалидов, выстраивает весьма четко иерархические уровни организации таких учреждений [16]. Следует отметить, что приведенные обоснования возможны в плановой системе хозяйствования с прогностическими расчетами на будущее; в условиях страховой медицины оказывает влияние коммерциализация геронтологических учреждений, что делает данную стратегию не действующей.

Основой третьего подхода удовлетворения жизнедеятельности человека в старческом возрасте предполагается его полная социально-бытовая поддержка в рамках коммерческого или муниципального обеспечения [7, 11]. В этом случае архитектурные решения будут полностью направлены на решение бытовых и социально-психологических проблем пожилого человека, столкнувшегося с новой для себя проблемой восприятия своей личности и своего места в обществе. И здесь следует сформулировать определение *дома-интерната для людей старческого возраста*. Типология интернатов имеет разнообразный спектр и включает специализацию для пенсионеров и инвалидов, только для инвалидов со спецификой заболеваний, а также психоневрологические интернаты. В зарубежном опыте проектирования имеется большее разнообразие категорий домов для престарелых, основанных на коммерческой структуре. Они различаются по формам предоставления жилья – от аренды до купли-продажи; характеру предоставления ухода – от полного до эпизодического; выбору соседства – от домашних животных до квалифицированного медперсонала. Таким образом, следует в разрабатываемой терминологии понимать *интернат для людей старше 75 лет*, как специальное медико-социальное учреждение для постоянного и временного проживания людей данной возрастной группы, имеющее в своем составе пансионат и центр медико-реабилитационной помощи для адаптации людей в новых обстоятельствах.

Рассматриваемые выше объективные факторы дают все основания говорить о том, что именно полный медицинский и бытовой уход должен предоставляться для данного возраста людей. Конечно, это не означает, что в социальном плане по достижении определенного возраста человек помещается в условия замкнутого учреждения. Просто в его пространственное окружение должны входить элементы реадаптации – повторного привыкания к изменениям в своем психофизическом состоянии. Направленность проектирования *реадаптационной* среды учитывает объективные факторы через выбор модели помощи.

Полноценность среды для пожилых людей необходимо формировать на стадии проектирования, теми способами, которые продиктованы как моделью обслуживания, так и под влиянием ранее описанных факторов – эргономического, функционально-технического и культурно-эстетического. Приведенные социальные модели по обеспечению жизнедеятельности старшего поколения задают пространственные соотношения для организации архитектурной среды. Влияющие субъективные факторы, такие как условия эргономичности, функционального и культурно-эстетического аспекта, позволяют выявить проектные способы и приемлемые решения, задавая тем самым критерии оценки пространственной среды [17].

В методике проектирования вариативность объемно-планировочных, конструктивных, эстетических параметров апробируется моделированием (рис. 3). Для описания модели с точки зрения эргономических параметров используются размерные характеристики пространства, рассматриваются связи между элементами среды. Функционально–технический фактор привносит в объемно-пространственную модель содержательное наполнение и развивает номенклатуру необходимых помещений. Культурно-эстетическая характеристика модели тесно связана с психофизиологическими аспектами восприятия пространств и во многом уже исследована в когнитивных науках [18].

Проектные приемы, которые способствуют совместному проживанию многопоколенной семьи, апробируются в индивидуальном жилом секторе и представляют собой варианты объемно-планировочной организации с учетом пожеланий и культурных традиций одной семьи. Блокированное жилище и таунхаусы возможность проектирования «двойных квартир», когда смежно располагаются полностью автономные квартиры взрослых детей и пожилых родителей, обеспечивая возможность быстрой помощи. В результате реконструкции некоторых типовых серий массовой застройки проживание старшего поколения осуществляется в привычных условиях за счет увеличения параметров общесемейных помещений, санузлов, летних помещений, устройства лифтов во внутридомовых коммуникациях.

Формирование адресной модели помощи, как показано на рис. 3, соответствует таким принципам обслуживания, которые предоставляют большой диапазон для всех вариантов физической и социальной активности пожилых людей, сохраняющих способность к самообслуживанию [13]. В открытой схеме обслуживания пожилых жильцов присутствуют доступные для них помещения – торговые залы, приемочные мастерских, оздоровительные залы, административные и медицинские помещения, что способствует желаемому общению не только с ровесниками, но и с молодым поколением соседей. Наиболее эффективно эргономические условия доступности обслуживающего комплекса помещений решаются в нижних уровнях, таким же образом эти блоки становятся окупаемыми при размещении адаптируемого жилья в наиболее посещаемых городских территориях. Проект дома для престарелых архитектурного бюро «Atelierdu Pont» в районе Клиши-Батиньоль города Парижа рассчитан на небольшое количество - 129 мест. Размещение объектов специализированного социального обслуживания и оказание медико-социальной помощи пожилому человеку становятся необходимыми в шаговой доступности от места его постоянного проживания. Проект включает в себя несколько функциональных зон: дом престарелых, социальное жилье, частное жилье, религиозный центр и предприятия розничной торговли. Весь жилой квартал содержит подземный уровень парковки, а сам дом престарелых целостно включен в общую композиционную эстетику квартала. Площадь первого этажа разделена на общественные и частные пространства, содержащие обслуживающие помещения. Начиная со второго

этажа, дом престарелых оборудован одноместными комнатами, включающими в себя место для сна, место хранения и работы, санузел и балкон. Жилые и общие комнаты дома престарелых выполнены в минималистичном стиле, а широкие проходы позволяют комфортно передвигаться.

Решающее влияние на выбор проектных решений имеют экономические возможности потребителя, определяющие как уровень комфортности и градостроительное положение его жилья, так и предоставляемых медицинских и реабилитационных услуг. Геронтологические центры и больницы, оказывающие медицинскую и реабилитационную помощь, отделения дневного пребывания могут быть включены в специализированные жилые комплексы. Расширенный функциональный состав помещений для социализации или экстренного обслуживания пожилого человека в многофункциональных жилых комплексах может быть включен в соответствии с заданием на проектирование и обосновывается расходами на эксплуатацию.

Рис. 3. Моделирование жилых пространств для пожилых людей на основе факторного анализа (иллюстрация авторов)

Fig. 3. Modeling living spaces for the elderly based on factor analysis (illustration by the authors)

В отношении людей старческого возраста следует моделировать пространственную среду на основе интерпретации тех же факторов: эргономики, функции и культурного контекста, однако, необходимы условия непрерывной социально-бытовой и медицинской помощи. В этой связи проектную модель следует строить по особым принципам, учитывающим замкнутую схему обслуживания, предполагающую наличие небольшого числа контактов для человека старше 75 лет.

Люди старческого возраста имеют ряд физических ограничений и отличительные антропометрические показатели, в связи с этим им необходимо специализированное

оборудование в помещениях, отвечающее эргономическим факторам. У большого числа людей старческого возраста имеется дефект зрения, корректирующийся настройкой освещения и цветовой гаммы на рабочем месте. Ослабление в мышцах приводит к уменьшению выносливости и физической силы, поэтому для нормального передвижения требуются дополнительные опоры. В связи с изменениями в костной ткани у возрастных людей уменьшаются границы досягаемости, они становятся ниже ростом, поэтому требуется располагать предметы с единой функцией на более низкой высоте и близко друг к другу [7]. Следует отметить, что наиболее очевидными нарушениями у людей 75-ти лет и старше являются дефекты опорно-двигательного аппарата. При проектировании, учитывающем особенности пожилых людей, *принцип применения антропометрических данных-процентилей* предполагает обоснование размерных характеристик среды жизнедеятельности. Существующие правила использования антропометрических измерений говорят о том, что для группы людей, составляющей 100%, для определения оптимальных расстояний берутся размерные данные 95-го процентиля этой группы, а для определения досягаемости – 5-го процентиля. Данный подход исключает пользование «среднестатическими» параметрами, так как не существует людей с десятью средними параметрами измерения тела.

Кроме физической ослабленности организма людей старческого возраста, следует учитывать их возможности восприятия окружающей среды, а точнее, множественные нарушения органов чувств и когнитивной сферы. Пространственная система ориентации должна быть построена по *принципу использования нескольких органов чувств*. В связи с этим принципом необходимо понятное и четкое пространственное решение здания и дублирование информации для ориентирования в визуальном, слуховом, тактильном и обонятельном вариантах.

Принцип полифункциональной реабилитационной среды основан на том, что жилой дом, либо учреждение, где проживает пожилой человек, включает в свой состав медико-реабилитационные помещения. Медицинская зона содержит зону осмотра, терапии и лечения, зоны поддержки и восстановления функций тела, а также зону хосписа. Физкультурно-оздоровительные пространства должны учитывать физические возможности пожилого человека, включать в себя зал лечебной физкультуры, тренажерный зал, а также танцевальные залы, занятия в которых не только улучшают физическое состояние, но и повышают социализацию.

Возраст людей, определяемый как старческий, вероятностно привносит в их жизнь и неизлечимые болезни, а также ожидание смерти. В любой момент времени для них может возникнуть ситуация, когда внутренняя архитектурная среда станет их единственным местом пребывания. Хоспис для проживания умирающих должен, в гуманных целях, исключить их изоляцию от жизнедеятельности остальных людей. Обычный визуальный контакт внутренних пространств с внешней окружающей территорией создает коммуникацию, согласно *принципу открытости интерьера к экстерьеру*. Так как для пожилых людей важна психологическая связь с молодым поколением, следует дополнять близлежащие блоки застройки молодежными организациями, детскими садами или парковыми зонами.

Современные научные данные уже не ставят под сомнение, что архитектурное формообразование имеет скрытое психологическое воздействие на человека через эстетические реакции и зрительные стимулы. Восприятие архитектурных пространств вызывает широкий спектр эстетических переживаний - от чувства комфорта и волнения до суждения о возрасте и стиле здания. Основанием для культурно-эстетического формирования среды в реадаптационной модели служат потенциальные психологические преимущества архитектурных пространств, построенных по принципам биофильности, то есть природоподобности. Поэтому культурно-эстетический фактор является важнейшим для психофизиологического состояния в старческом возрасте. Согласно достаточно исследованным нервно-психологическим механизмам, которые вызывают долгосрочный «лечебный» эффект биофильной архитектуры, такая архитектура дает положительные эффекты (улучшение настроения, снижение стресса и улучшение общего самочувствия).

Экспериментальные исследования в области психологического воздействия архитектуры установили три группы нейропсихологических реакций – получение

когнитивного суждения об окружающем пространстве, эмоциональной реакции и сенсомоторной активации[18]. *Принцип биофильности архитектуры* для проектной модели играет важную роль. Формообразование внутренних пространств, как имеющих наибольший хронометраж восприятия по времени в жизнедеятельности людей старше 75 лет, имеет последствия в виде поведенческой мотивации пожилого человека. В таком случае существенные конструктивные особенности, прочитывающиеся в интерьере как криволинейные элементы, высоты верхних плоскостей и объема задают необходимые эстетические реакции на среду.

Первая реакция на качество окружения происходит от визуального усложнения форм по мере их восприятия, это относится и к объему информации, присутствующей в пространстве. Стимулирует охотное развитие суждения о среде форма, подобная перевернутому U-образному изображению и предсказуемый визуальный порядок, наподобие симметрии. Применение приемов визуальной экологии, достаточной детализации архитектурного интерьера достигаются созданием различных контекстов, включая произведения искусства и природные ландшафты. В то же время восприятие «естественного-неестественного» определяется не только природным содержанием – распознаванием деревьев и растительности, но и наличием низкоуровневых визуальных паттернов, встречающихся не только в природной, но и в искусственной среде, обладающей природоподобными эстетическими качествами. Данные психологические эффекты визуальной организации широко обсуждались в архитектурной теории, и архитектурные пространства могут давать те же психологические эффекты, что и природные ландшафты [19]. Особенно важно то, что реакция заинтересованности всем, что напоминает природную среду, вызвана наиболее древней лимбической системой человеческого мозга и не зависит от уровня образованности, либо развитости личности человека. Именно поэтому интерьеры с высокими потолками имеют более высокие рейтинги в исследованиях, направленных на эстетическую оценку качества среды [18].

Исследованием предлагается к обсуждению в контексте междисциплинарного взаимодействия архитектуры с другими науками, такими как видеоэкология и психология, использование существующих архитектурных образов для определения эффекта их воздействия на людей старше 75 лет, отягощенных различными заболеваниями.

4. Заключение

По результатам данного исследования представлено следующее:

1. Выявлены группы объективных и субъективных факторов, которые влияют на типологию среды проживания пожилых людей с учетом оказания им помощи в старческом возрасте.
2. Определена типология основных пространств для проживания пожилых людей в контексте их системного обслуживания: квартирные дома с возможностью внутрисемейной поддержки; жилые здания с блоками медицинского и бытового обслуживания; дома-интернаты для людей старческого возраста.
3. На основании характерных для каждой модели обслуживания типологических признаков установлены принципы моделирования жилища для людей 75-ти лет и старше: принцип применения антропометрических данных-процентилей; принцип использования нескольких органов чувств; принцип полифункциональной реабилитационной среды; принцип открытости интерьера к экстерьеру; принцип биофильности архитектуры.
4. Предложены аналитические модели для формирования жилых пространств и оптимальная модель, основанная на реадаптационном характере среды для человека в старческом возрасте. В замкнутой схеме обслуживания реадаптационная модель включает эргономическое, функционально-техническое и культурно-эстетическое формирование пространства.

Направления, предлагаемые для дальнейшего изучения темы, возможны в связи с методологией реконструктивных мероприятий в архитектуре жилища для пожилых людей.

Список литературы / Referencis

1. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2022 года // Статистический бюллетень. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Bul_chislen_nasel-pv_01-01-2022.pdf (дата обращения: 21.08.2022) [Population of the Russian Federation by gender and age of January 1, 2022 // Statistical bulletin.]
2. Хрестоматия практико-ориентированного комплекса материалов по курсу «Социальная статистика. Международные статистические стандарты в области Целей развития тысячелетия». URL: http://new.cisstat.org/documents/20143/34613 (дата обращения: 21.08.2022) [A textbook of a practice-oriented set of materials for the course «Social statistics. International statistical standards in the field of the Millennium Development Goals»].
3. Report of the Second World Assembly on Ageing. 2002. Madrid, 8–12 April 2002. 73p.URL: https://www.un.org/development/desa/ageing/madrid-plan-of-action-and-its-implementation/second-world-assembly-on-ageing-2002.html (дата обращения: 21.08.2022)
4. Отчётные материалы Департамента организации медицинской помощи и санаторно-курортного дела Минздрава России по промежуточным итогам реализации федерального проекта «Старшее поколение» с учётом пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. URL:https://rgnkc.ru/images/pdf_documets/FP_Starshee_pokolenie/Minzdrav_2020/1_Vergazova_2020.pdf(дата обращения: 21.08.2022).[Reporting materials of the Department of Organization of Medical Care and Sanatorium-resort affairs of the Ministry of Health of the Russian Federation on the interim results of the implementation of the federal project "Older generation" taking into account the pandemic of the new coronavirus infection COVID-19].
5. Шавалиева А.А., Копсова Т.П. Организация жилого пространства для пожилых людей при совместно-раздельном проживании сложных семей // Жилищное строительство. Издательство «Строительные материалы». - Москва. 2013. -№4.С. 12-17. [Shavaleeva A.A., Kopsova T.P. Organization of living space for the elderly with joint-separate residence of complex families // Housing construction. Publishing house "Building materials". - Moscow. 2013. -№4. P. 12-17.]
6. Korotkova S., Dobrolyubova A., Filyushina G. The development of urban agglomeration in a pandemic // 2-nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE-2021), 132. 2021. URL: http://stcce-2021.kgasu.ru/index.php(дата обращения: 21.08.2022)
7. Bianco L. Universal design: from design philosophy to applied science// Journal of Accessibility and Design for All. 2020.Vol. 10, 1. P. 70 – 97. DOI: 10.17411/jacces.v10i1.249
8. Энциклопедический словарь Брокгауза Ф.А. и Ефрона И.А.Т. 9а. – 1893. - II, С. 475-974. URL: https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01003924242?page=1&rotate=0&theme=white (дата обращения: 21.08.2022) [Encyclopedic Dictionary of Brockhaus F.A. and Efron I.A. T. 9a. – 1893. - II, P. 475-974.]
9. Синица Ю. С., Кудрявцева С. П. Особенности проектирования зарубежных и отечественных комплексов по обеспечению жизнедеятельности пожилых людей // Инженерно-строительный вестник Прикаспия.-Астрахань. 2015. -№ 1 (11). С. 11-19. [Sinitsa Yu. S., Kudryavtseva S. P. Features of designing foreign and domestic complexes to ensure the life of the elderly // Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea. - Astrakhan. 2015. -№1 (11). P. 11-19.]
10. Самошин Д. А., Слюсарев С. В. К вопросу о статических и динамических габаритах пешеходов различных групп мобильности // Вестник МГСУ. 2016. № 4. С. 84–93.[Samoshin D. A., Slyusarev S. V. On the issue of static and dynamic dimensions of pedestrians of various mobility groups // Vestnik MGSU. 2016. № 4. P. 84–93].
11. Hasiholan B. P., Susilowati I. H., Satrya C. The conformity of anthropometric measurements of bathroom and bedroom designs for independent elderly at Panti Sosial Tresna Werdha (PSTW)* Budi Mulia I Jakarta in 2018 // Journal of Accessibility and Design for All. 2019. Vol. 9, 1.P. 25 - 40. DOI: 10.17411/jacces. v9i1.200

12. Дурманов В.Ю. Жилые ячейки для расселения сложных семей и семейных групп (с пожилыми родителями) / Жилая ячейка в будущем: коллектив, монография. – М: Стройиздат. 1982. С. 174-181 [Durmanov V. Yu. Residential cells for the resettlement of complex families and family groups (with elderly parents) / Living cell in the future: collective monograph. – M: Stroiizdat. 1982. P. 174-181]
13. Ham Y., Kim J. Participatory sensing and digital twin city: updating virtual city models for enhanced risk-informed decision-making // Journal of Management in Engineering.2020. Vol. 6(3), 04020005. DOI:10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000748
14. Михайлов С.М., Михайлова А.С. Гендерный подход в архитектуре и дизайне // Жилищное строительство. 2020. № 4-5. С. 26-32. [Mikhailov S.M., Mikhailova A.S. Gender approach in architecture and design // Housing construction. 2020. №. 4-5. P. 26-32]
15. Короткова С.Г. Концептуальность и проектирование как основы выражения архитектурного произведения // Актуальные вопросы науки и техники.- Самара.2015. №2. С. 113 – 114. [Korotkova S.G. Conceptuality and design as the basis for the expression of an architectural work // Topical issues of science and technology.–Samara.2015. №2. P. 113 – 114.]
16. Крундышев Б. Л. Основные направления в формировании жилого района, доступного маломобильным группам населения // Архитектура и современные информационные технологии: эл. журнал. 2014. № 4 (29). URL: http://www.marhi.ru/AMIT/2014/4kvart14/krundishev/abstract.php (дата обращения: 21.08.2022). [Krundyshev B. L. The main directions in the formation of a residential area accessible to low-mobility groups of the population // Architecture and modern information technologies: electronic journal. 2014. № 4 (29).]
17. Короткова С. Г. Теоретические предпосылки проектирования универсальной среды с использованием специальных средств доступности для маломобильных людей // Архитектура и современные информационные технологии: эл. журнал. 2020. № 1 (50). URL: https://marhi.ru/AMIT/2020/1kvart20/10_korotkova/index.php (дата обращения: 21.08.2022) [Korotkova S. G. Theoretical prerequisites for designing a universal environment using special accessibility tools for people with limited mobility // Architecture and modern information technologies: electronic journal. 2020. № 1 (50)].
18. Coburn A., Vartanian O., Kenett Y. N., Nadal M., Hartung F., Hayn-Leichsenring G., Navarrete G., Gonzalez-Mora J. L., Chatterjee A. Psychological and neural responses to architectural interiors // Cortex. 2020. Vol. 126. P. 217 – 241. URL: https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.01.009 (дата обращения: 21.08.2022)
19. Alexander C. The process of creating life: An essay on the art of building and the nature of the universe: Vol. 2. Berkeley, CA: Center for Environmental Structure, 2020. 631 p.

Информация об авторах

Короткова Светлана Геннадьевна, кандидат архитектуры, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email: Svetlkor@yandex.ru
Денисова Яна Александровна, архитектор ООО «МавиКазань», г. Казань, Российская Федерация
Email: yana2399@rambler.ru

Information about the authors

Svetlana G. Korotkova, candidate of architecture, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: Svetlkor@yandex.ru
Yana A. Denisova, architect LLC «MaviKazan», Kazan, Russian Federation.
Email: yana2399@rambler.ru

УДК:72.025.4; 628.87
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_190
EDN: UHWUSP

Внедрение в реставрационную практику отделочных материалов для создания благоприятного микроклимата на объектах историко-архитектурного наследия

А.Г. Хабибулина[1], Е.Ю. Иванова[1], Р.Н. Бабенко[2], А.М. Хабибулина[3]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Российская Федерация
[2]ООО «Баумит»
г. Дубна, Российская Федерация
[3]Архитектурная студия ООО «ОФИС ДЕ»
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации температурно-влажностного режима при эксплуатации объектов историко-архитектурного наследия, направленной на снижение скорости протекания процессов деструкции аутентичных строительных и отделочных материалов. Целью исследования является разработка рекомендаций по использованию современных влагорегулирующих материалов для внутренней отделки помещений объектов культурного наследия, сочетающихся по своим свойствам с историческими штукатурками. Задачами исследования является подтверждение целесообразности применения специальных видов штукатурки для сохранения стабильного, благоприятного микроклимата помещений и создание возможности дальнейшей эксплуатации исторических зданий; создать основу для дальнейших исследований по применению современных строительных материалов оптимизирующих микроклимат помещений в реставрационной практике памятников архитектуры.
Результат. Выполнен анализ функциональных и строительно-эксплуатационных свойств современных влагорегулирующих материалов для внутренней отделки помещений при реставрации объектов культурного наследия. В результате проведенных исследований были разработаны рекомендации по применению в реставрационной практике объектов культурного наследия специальной отделочной системы Baumit Klima на основе извести и натуральных природных компонентов компании Baumit (Австрия/Россия, г. Дубна). Отличительной особенностью исследуемой штукатурки является ее способность поглощать влагу из воздуха гораздо эффективнее, чем подавляющее большинство существующих на данный момент традиционных штукатурок на известковом, сложном цементно-известковом и гипсовом вяжущем.
Выводы. Значимость полученных результатов для архитектурной практики состоит в подтверждении целесообразности применения специальных видов штукатурок при реставрации объектов культурного наследия, с целью создания благоприятного микроклимата в помещениях и поддержания нормативных требований эксплуатации.

Ключевые слова: реставрация объектов культурного наследия, влагорегулирующие штукатурки, температурно-влажностный режим, микроклимат помещений.

Для цитирования: Хабибулина А.Г., Иванова Е.Ю., Бабенко Р.Н., Хабибулина А.М. Внедрение в реставрационную практику отделочных материалов для создания благоприятного микроклимата на объектах историко-архитектурного наследия // Известия КГАСУ. 2022. № 4(62), с.190-202 , DOI: 10.52409/20731523_2022_4_190
EDN: UHWUSP

Introduction of finishing materials into restoration practice to create a favorable microclimate at the objects of historical and architectural heritage

A.G. Khabibulina[1], E.Yu. Ivanova [1], R.N. Babenko [2], A.M. Khabibulina [3]
[1] Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation
[2]LLC «Baumit»
Dubna, Russian Federation
[3]Architectural Studio LLC «OFFICE DE»
Kazan, Russian Federation

Abstract. *Problem statement.* The relevance of the study is due to the need to optimize the temperature and humidity regime during the operation of objects of historical and architectural heritage, aimed at reducing the rate of destruction of authentic construction and finishing materials. The purpose of the study is to develop recommendations on the use of modern moisture-regulating materials for interior decoration of cultural heritage objects, combined in their properties with historical plasters. The objectives of the study are to confirm the feasibility of using special types of plaster to maintain a stable, favorable microclimate of premises and to create the possibility of further operation of historical buildings; to create a basis for further research on the use of modern building materials optimizing the microclimate of premises in the restoration practice of architectural monuments.
Results. The authors analyzed the functional and construction and operational properties of modern moisture-regulating materials for interior decoration during the restoration of cultural heritage objects. As a result of the conducted research, recommendations were developed for the use of a special Baumit Klima finishing system based on lime and natural components of Baumit company (Austria/Russia, Dubna) in the restoration practice of cultural heritage objects. A distinctive feature of the studied plaster is its ability to absorb moisture from the air much more efficiently than the vast majority of currently existing traditional lime plasters on lime, complex cement-lime and gypsum binder.
Conclusions. The significance of the results obtained for architectural practice consists in confirming the expediency of using special types of plasters during the restoration of cultural heritage objects, in order to create a favorable microclimate in the premises and maintain the regulatory requirements of operation.

The Keywords: restoration of cultural heritage objects, moisture-regulating plasters, temperature and humidity conditions, indoor microclimate.

For citation: Khabibulina A.G., Ivanova E.Yu., Babenko R.N., Khabibulina A.M. Introduction of finishing materials into restoration practice to create a favorable microclimate at the objects of historical and architectural heritage // News KSUAE. 2022. № 4(62), p. 190-202 , DOI: 10.52409/20731523_2022_4_190, EDN: UHWUSP

1. Введение

При реставрации объектов историко-архитектурного наследия остро стоит вопрос оптимизации микроклимата помещений – температурно-влажностного режима эксплуатации исторического сооружения [1]. В основе причин накопления повреждений памятников архитектуры лежат процессы деструкции строительных материалов. Это в значительной степени вызвано отрицательным воздействием влажностных напряжений, которые возникают в результате циклических изменений значений климатических параметров воздушной среды. Характер данных процессов обусловлен интенсивностью проникания потоков тепла и влаги через ограждающие конструкции сооружения [2, 3]. Решения по оптимизации климатического режима эксплуатации здания объектов культурного наследия (ОКН) направлены на снижение скорости протекания процессов

деструкции строительных и отделочных материалов.

Большинство инноваций, которые в настоящее время внедряются в строительной отрасли, связаны с созданием новых строительных материалов. В России и за рубежом возрастает интерес к отделочным системам климатоформирующего и экологического назначения [4-8]. Весьма важным показателем строительного материала является его сорбционная влажность, так как она является одной из главных причин повреждения и разрушения зданий. Особенно это важно в реставрационной практике сохранения ОКН. Важной задачей для подбора подходящих отделочных систем является определение состояния памятника архитектуры по ряду базовых параметров, имеющих ключевое значение для сохранения стабильного и работоспособного состояния постройки с технической точки зрения.

При реставрации ОКН квалифицированные подбор и замена аутентичных строительных материалов имеют принципиальное значение [9, 10]. Необходимо учитывать состав и историческую технологию изготовления заменяемых материалов. Включение в конструкцию новых составляющих, резко различающихся по физико-механическим и химическим свойствам, может привести к деструкции подлинного строительного материала памятника. Например, в кирпичном стеновом ограждении на стыке старой и новой кладок при различных плотности материалов, коэффициенте термического расширения, паропроницаемости, водопоглощении возникают механические напряжения, начинается интенсивное накопление влаги, что ускоряет разрушительные процессы. Соответственно, в местах сопряжений необходимо исключать использование новых материалов, существенно более прочных и плотных по сравнению с аутентичными.

Показательным примером несовместимости исторических и новых материалов является применение цементно-песчаных смесей в архитектурных памятниках, сложенных на известковом растворе. Использование цементного раствора при облицовке и штукатурке приводит к искусственному прекращению переноса водяных паров сквозь толщу стены, что вызывает интенсивное увлажнение и разрушение кладки.

Выделим основные причины деструктивного воздействия цементных штукатурных смесей на конструкцию наружных стен исторических зданий [11]:

— низкая воздухо - и паропроницаемость плотных штукатурок и кладочных растворов в кирпичных стенах, что способствует нарушению нормального воздухо- и парообмена;
— разница в значениях сорбционного (гидравлического) расширения. В кладках оно значительно ниже (примерно в 35 раз), чем в цементных и сложных растворах. Это приводит к появлению напряжений в плоскости сопряжения кладки и штукатурки, что ведет к разрушению кирпича;
— разница в значениях коэффициентов тепловых линейных расширений между цементной штукатуркой и кладкой. Повышение влажности кладки у внешней поверхности стены в холодное время года приводит к замерзанию и деструкции.

Количество влаги, содержащейся в капиллярно-пористой структуре строительных и отделочных материалов, во многом определяет их теплофизические свойства. Оптимальные температурно-влажностные условия эксплуатации ОКН в течение годичного периода позволяют сохранять относительную неизменность воздушно-сухого состояния материалов (равновесная влажность), что создаёт предпосылки увеличения долговечности памятников архитектуры.

Выделим следующие источники увлажнения строительных конструкций и отделочных материалов:

- почвенные воды (грунтовая влага);
- осадки, ливневые и талые воды (атмосферная влага);
- водяные пары воздуха (диффузионная и конденсационная влага).

Увлажнение строительных материалов грунтовой и атмосферной влагой находится в прямой зависимости от технического состояния ОКН и соответственно носит субъективный характер. Деструктивное влияние данных категорий увлажнения должно быть устранено при реконструкции ОКН проведением инженерно-технических мероприятий, таких как устройство горизонтальной и вертикальной гидроизоляции,

отмосток, ремонт кровли, организация отвода ливневых и талых вод и т.д. Увлажнение материалов конденсационной и, в особенности диффузионной влагой носит объективный характер и зависит от оптимизации параметров микроклимата помещений при эксплуатации ОКН [1].

В зарубежных исследованиях для штукатурных смесей, влияющих на параметры микроклимата помещений, одним из основных параметров оценки эффективности покрытия является буферизация влаги [12-16]. Буферизация влаги означает способность материалов с высокой гигроскопичностью регулировать уровень относительной влажности путем адсорбции водяного пара из воздуха в помещении и обратно. Буферизация – буферная емкость влаги, это показатель стабильности качества воздуха, теплового комфорта в помещении и энергоэффективности, позволяющий экономить энергию за счет уменьшения нагрузки на работу систем отопления, вентиляции, кондиционирования и увлажнения воздуха. В зависимости от климатических условий, буферный эффект влаги дает экономию энергии до 30 %. В указанных исследованиях показатель буферизации влаги представленных образцов штукатурных смесей варьируется в диапазоне от 1,05 до 2,99 г/м^2·% относительной влажности. Также предлагается классификация значений буферизации влаги по пятибалльной шкале: незначительно – 0-0,25; ограниченно – 0,25-0,5; умеренно – 0,5-1; хорошо – 1-2; отлично – 2,0-3,5.

Применение известково-песчаных смесей и штукатурок в исторических каменных стенах показало свою эффективность [17-19]. Условиям сохранности конструкций способствует соответствие значений коэффициента паропроницаемости таких штукатурок с воздухо - и паропроницаемостью кирпичных кладок. Благодаря естественной вентиляции происходит быстрое высвобождение внутренних пор каменных стен от застаивающегося влажного воздуха, уменьшая теплопроводность и делая их сухими.

В России производителями отделочных материалов, рекомендующими свою продукцию для реставрации исторических зданий, представлен ряд влагорегулирующих штукатурок, из которых можно выделить следующие: Baumit KlimaWhite, Resmix EP, KIP, РЕНОВИР ДрайПласт и CR 62 WTA. Производители заявляют следующие составы штукатурок:

- Resmix EP (ООО «Ресмикс», Россия)[1] – фракционированный кварцевый песок, комплексное гидравлическое вяжущее, тонкодисперсный наполнитель, активная минеральная добавка, легкий наполнитель, редиспергируемый полимерный порошок, комплекс водоудерживающих добавок, тиксотропный агент, комплексная добавка для создания открытых пор, компенсатор усадки, армирующее волокно;
- Реновир ДрайПласт (ООО «Реновир-РМ», Россия)[2] – известковая основа, специальные наполнители и добавки;
- CR 62 WTA (Henkel «Ceresit», Германия)[3] – смесь гидравлических вяжущих, минеральных заполнителей и модификаторов;
- KIP (Sievert AG «AKURIT», Германия)[4] – известковая основа, специальные наполнители и добавки;
- Baumit KlimaWhite (Baumit, Австрия)[5] – минеральный функциональный наполнитель, цементно-известковое вяжущее, перлит, добавки.

Коэффициент паропроницаемости рассматриваемых влагорегулирующих штукатурок находится в пределах 0,11-0,15 мг/(м·ч·Па).

[1]https://resmix.ru/products/saniruyushhie-materialy/vlagoreguliruyuschaya-shtukaturka/resmix-ep/ (дата обращения: 01.01.2022).
[2]https://renovir.ru/produkcziya/restavraczionnyie-materialyi/restavraczionnyie-shtukaturki/renovir-drajplast.html (дата обращения: 01.01.2022).
[3]https://www.ceresit.ru/ru/products/waterproofing/concrete/cr_62_wta.html (дата обращения: 01.01.2022).
[4]https://www.quickmix.ru/assortiment/produkt/shtukaturnye-sistemy-shtukaturki-dlja-nizhnego-sloja-izvestkovye-shtukaturki-kip-izvestkovaja-shtukaturka-kip.html (дата обращения: 01.01.2022).
[5]https://baumit.ru/products/shtukaturki-dlya-vnutrennih-rabot/lime-cement-plasters/baumit-klimawhite (дата обращения: 01.01.2022).

Авторами, при реставрации ОКН начала XVIII века, была поставлена задача исследовать возможности использования инновационных сухих строительных смесей для отделки помещений, которые позволяют, не нарушая историческую идентичность сохранить технические свойства исторических материалов и при этом способствующих созданию благоприятного микроклимата.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации температурно-влажностного режима при эксплуатации ОКН, направленной на снижение скорости протекания процессов деструкции аутентичных строительных и отделочных материалов.

Целью работы является представление рекомендаций по использованию современных влагорегулирующих материалов для внутренней отделки помещений ОКН, которые сочетаются по своим свойствам с историческими штукатурками.

Задачи исследования:

- подтверждение целесообразности применения специальных видов штукатурки при реставрации ОКН, для сохранения стабильного, благоприятного микроклимата помещений и поддержания нормативных требований эксплуатации;
- создание основы для дальнейших исследований по применению современных строительных материалов оптимизирующих микроклимат помещений в реставрационной практике ОКН.

2. Материалы и методы

Компания Baumit (Австрия) более 20 лет производит высококачественные системы для санации и реставрации – строительные смеси, грунтовки и краски. Baumit является ведущим производителем строительных материалов и имеет представительства в 27 европейских странах. Компания ведет активную научно-исследовательскую работу в области здорового и энергоэффективного строительства. В городе Вопфинге (Австрия) с 2015 года действует научно-исследовательский парк Viva компании Baumit – крупнейший в Европе центр по сравнительному изучению строительных материалов. Здесь на моделях зданий разного типа ученые и специалисты из разных областей исследуют взаимодействие строительных материалов и их влияние на здоровье человека для создания оптимального, благоприятного микроклимата в помещении. Парк Viva является качественно новой научно-исследовательской инфраструктурой с дорогостоящим техническим оснащением, применяющим современные цифровые методы анализа данных, позволяющие вывести новые способы решения задач при разработке и производстве строительных материалов. Ведется сотрудничество с независимыми научными институтами [20]. Материалы Baumit применялись при реставрации и реконструкции известных исторических объектов по всему миру и России. Например, в Санкт-Петербурге (здания Кунсткамеры, Адмиралтейства), г. Казани (комплекс объектов на территории Казанского кремля, Петропавловский собор). Компания имеет собственный завод в г. Дубна (Россия, Московская область). Получены положительный отзывы ведущих специалистов в области реставрации [21-22]. Для авторов статьи это явилось основанием при выборе системы Baumit Klima для отделки стен и свода южного придела Церкви Николая Чудотворца (Россия, РТ, село Державино).

Замеры влажности штукатурного слоя и кирпича в помещениях Церкви Николая Чудотворца производились влагомером DT-128M. Для контрольных измерений влажности и температуры в храме использовался термогигрометр ИВТМ-7 М.

Прибор DT-128M является бесконтактным влагомером. Принцип работы прибора основан измерении сигналов высокой частоты. Влагомер позволяет осуществить неразрушающий контроль уровня влажности строительных материалов любых типов и фиксацию распределения влаги в перекрытиях и стенах. Прибор позволяет проверить степень готовности материала к нанесению отделочного покрытия.

Термогигрометр ИВТМ-7 М предназначен для непрерывных (круглосуточных) измерений и регистраций относительной влажности и температуры воздуха, в том числе других неагрессивных газов.

Технические характеристики приборов DT-128M и ИВТМ-7М представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики приборов DT-128M и ИВТМ-7М

Технические характеристики	DT-128M[6]	ИВТМ-7М[7]
Назначение	Измерение влажности	Измерение влажности и температуры
Особенности	- влагомер; - бесконтактный (неразрушающий, до 30 мм) контроль уровня влажности строительных материалов всех типов; - режим отображения минимальных/максимальных значений.	- термогигрометр; - интерфейс связи с компьютером; - возможность регистрации данных в энергонезависимой памяти; - возможность пересчёта результатов измерений в различные единицы: % относительной влажности, г/м^3; - одновременная индикация измеряемых значений влажности и температуры; - возможность объединения приборов в измерительную сеть; - внесён в Госреестр СИ РФ за №71394-18.
Диапазон измерений, %	0-100	0-99
Разрешение, ед.	0,1	0,1
Глубина измерений, мм	20-40	-
Диапазон измеряемых температур, °С	-	-45…+60
Производитель	«ARTBULL» (Китай)	АО «ЭКСИС» (Россия)

Исследование влияния отделочной системы Baumit Klima на параметры температурно-влажностного режима эксплуатации помещений ОКН проводились в церкви Николая Чудотворца (Республика Татарстан, Лаишевский район, село Державино, улица Заббарова, з/у 49. Координаты: 55.553924, 49.564973. Кадастровый номер: 16:24:060101:162, далее Церковь Николая Чудотворца). Церковь не действующая, регулярные богослужения не проводятся. Храм перестал функционировать в 30-е годы XX в. Культовый комплекс состоит из 4-х строений на площади 2059 кв. м. Объект исследования является памятником архитектуры регионального значения (Постановление Кабинета Министров РТ № 39 от 28.01.1993 г.) [23] (рис. 1-4).

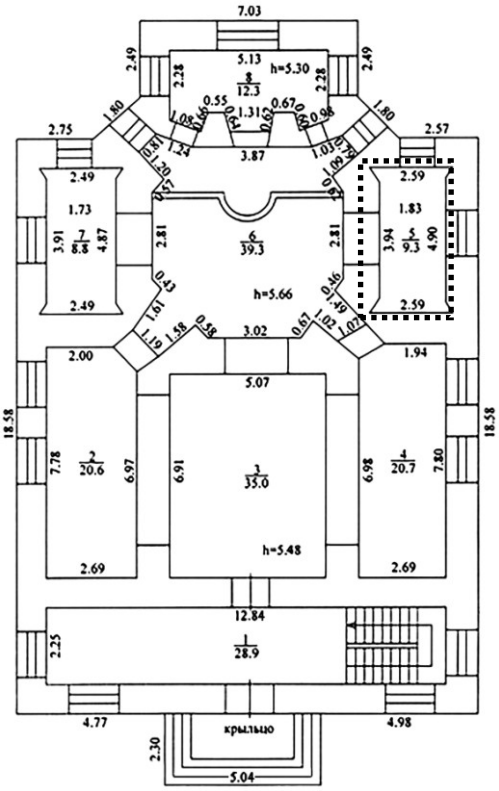
Рис. 1. Церковь Николая Чудотворца. Вид с южной стороны (иллюстрация авторов)
Fig. 1. The Church of St. Nicholas the Wonderworker. View from the south side (Illustration by the authors)

[6]Бесштифтовой влагомер модели DT-128M // Cem.nt-rt.ru URL: https://cem.nt-rt.ru/images/manuals/DT-128M.pdf (дата обращения: 01.01.2022).

[7]Термогигрометр ИВТМ-7 М 6 // Eksis.ru URL: https://www.eksis.ru/catalog/ portativnye-termogigrometry-ivtm-7/product4916.php (дата обращения: 01.01.2022).

Рис. 2. Церковь Николая Чудотворца. Фотофиксация интерьеров (иллюстрация авторов)
Fig. 2. The Church of St. Nicholas the Wonderworker. Photofixation of interiors (Illustration by the authors)

1)



2)

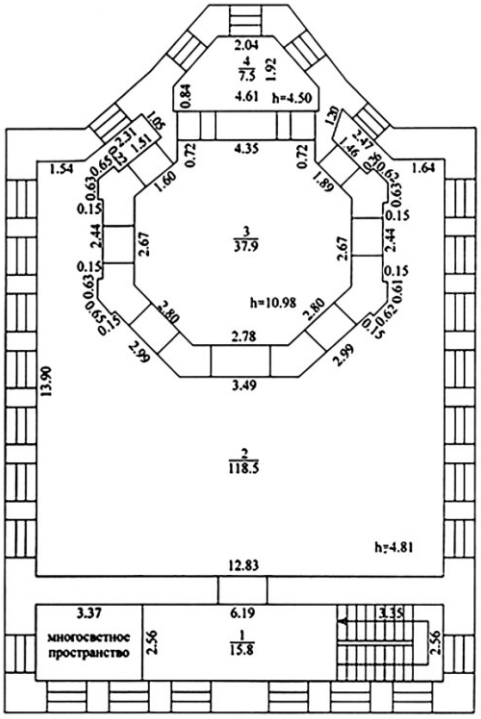


Рис. 3. Церковь Николая Чудотворца: 1 – план 1-го этажа, ----- – помещение южного придела с нанесенной штукатуркой Baumit KlimaWhite; 2 – план 2-го этажа (обмеры – АО «Ростехинвентаризация» – Федеральное БТИ)
Fig. 3. Church of St. Nicholas the Wonderworker: 1 – plan of the 1st floor, ----- – the room of the south aisle with plaster applied Baumit KlimaWhite; 2 – plan of the 2nd floor (measurements – JSC «Rostekhinventarization» – Federal BTI)

1) 2)

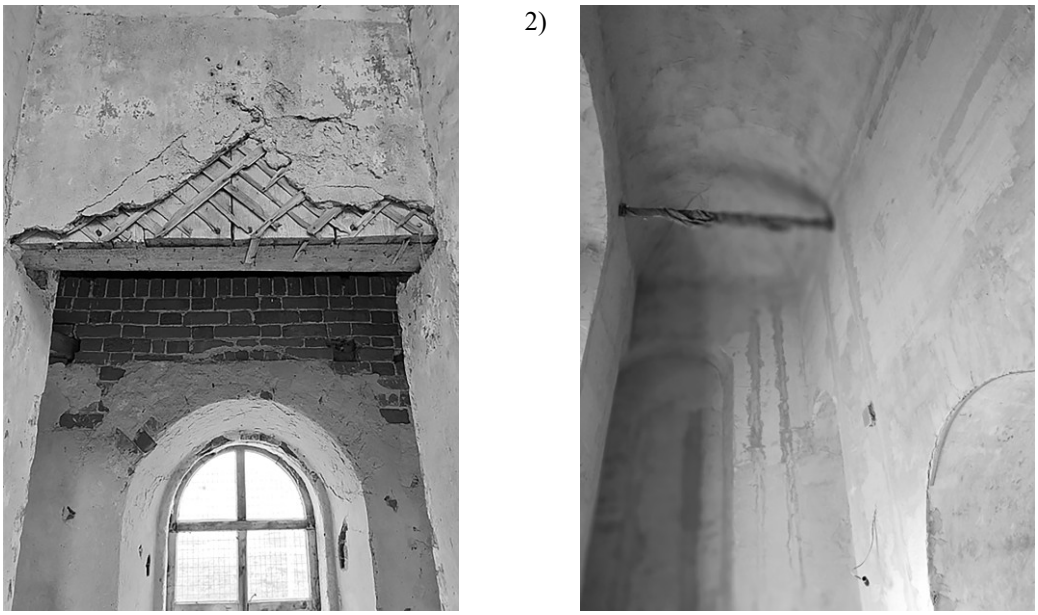


Рис. 4. Церковь Николая Чудотворца: 1 – сохранившаяся историческая штукатурка; 2 – стены и свод в южном приделе – помещение № 5 по плану после нанесения штукатурки Baumit KlimaWhite (иллюстрация авторов)
Fig. 4. The Church of St. Nicholas the Wonderworker: 1 – preserved historical plaster; 2 – walls and vault in the south aisle – room No. 5 according to the plan after applying plaster Baumit KlimaWhite (Illustration by the authors)

Строительство кирпичного храма осуществлялось в 1715-1725 гг. В 1874-1881 гг. по проекту архитектора Б.А. Иванова были выполнены работы по перестройки церкви. В 1883 г. была возведена трехъярусная колокольня, отдельно стоящая от храма. Основные реставрационные работы всех частей здания произведены в 1993 г. Церковь выполнена в стиле барокко и относится к типу «восьмерик на четверике». Архитектура пристроек 2-й пол. 19 в. представляет классицизм и псевдорусский стиль.

3. Результаты и обсуждение

В начале XIX века в России документальным руководством для строителей разных специальностей являлось пособие «Должности Архитектурной Экспедиции» – Урочные реестры и положения на строительные работы [24]. Первое издание Урочного реестра для гражданской архитектуры было выпущено в 1811 г. Инженерным департаментом Военного министерства. В данном пособии помимо описания строительного производства, выбора и оценки материалов содержалась информация по технологии изготовления кирпича, извести, гипса, «семента» (гидравлической добавки), растворов и бетонов. В составлении Урочных реестров и положений участвовали лучшие инженеры ведомств, ответственных за строительную отрасль страны – гражданских, военных, путейских и др. Нормативная документация отражала уровень развития науки и техники передовых стран и фактическое состояние массового строительного производства в России к началу XIX века. Нормативы имели общегосударственный статус, что позволяло контролировать процессы изготовления строительных материалов и работ.

Растворы монументальных культовых и общественных сооружений России XVIII-XIX вв. изготавливались преимущественно на гидравлических (негашеных) известях. Широко применялись активные карбонатные заполнители и цемянка. Использование цемянки – кирпичной или керамической крошки, придавало большую прочность раствору. В отделочных работах использовалась известь с песком без употребления алебастра. Обычный штукатурный раствор включал в себя равные пропорции извести и песка. В сухих местах кирпичные стены штукатурились жирной известью, в относительно сырых помещениях – тощей или гидравлической известью [24].

Стены в церкви Николая Чудотворца изготовлены из традиционного керамического кирпича [25, 26]. Толщина наружных и внутренних несущих стен храма составляет около 1000 мм. В холодный период года, когда среднесуточная температура наружного воздуха опускается до +10 °С и ниже, в церкви Николая Чудотворца поддерживается температура от +10 до +12 °С.

Штукатурка Baumit KlimaWhite наносилась в южном приделе храма, помещение № 5 по плану, в начале декабря 2021 года. Предварительно стены очищались от отслаивающихся и осыпающихся материалов, грязи и пыли. Далее стены были покрыты грунтовкой Baumit SanovaPrimer. Данная грунтовка на силикатной основе предназначена для выравнивания впитывающей способности основания и упрочнения осыпающихся, рыхлых минеральных штукатурок. Состав грунтовки: калиевое жидкое стекло, в незначительном количестве органические модификаторы, вода. Высокопаропроницаемая грунтовка Baumit SanovaPrimer упрочняет основания и выравнивает их впитывающую способность, благодаря высокой щелочности препятствует образованию плесени, в результате сужения пор способствует снижению водопоглощения. Через сутки после грунтования стен ручным способом была нанесена штукатурная смесь Baumit KlimaWhite. Площадь нанесения составила более 65 м^2. Толщина штукатурного слоя составила от 10 до 20 мм [8].

Baumit KlimaWhite представляет собой легкую штукатурную смесь белого цвета на основе цементно-известкового вяжущего с функциональным наполнителем для машинного и ручного нанесения. Предназначена для внутренних работ. В состав штукатурной смеси входят минеральный функциональный наполнитель, цементно-известковое вяжущее, перлит и добавки. Свойства штукатурки позволяют регулировать влажность воздуха внутри помещений. За счет натуральной микропористой структуры обеспечивается быстрое поглощение и отдача водяных паров, что способствует созданию комфортного, здорового микроклимата в помещении. Штукатурная смесь Baumit KlimaWhite изготавливается по ТУ 23.64.10-003-56826812-2018 и соответствует ГОСТ 33083.

Визуальный осмотр стен и свода после нанесения штукатурки Baumit KlimaWhite в южном приделе (помещение № 5) после семи месяцев эксплуатации не выявил следов увлажнений, усадочных трещин, отслоения от основания, расслаивания штукатурного слоя, высолов и биопоражений. Далее наблюдения и замеры в южном приделе производились в течение 9 месяцев.

Результаты измерений в помещениях церкви Николая Чудотворца влажности строительных материалов влагомером DT-128M и относительной влажности и температуры воздуха термогигрометром ИВТМ-7М представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Показатели измерений в помещениях церкви Николая Чудотворца влагомером DT-128M

№ п/п	Название помещения	Влажность, %	
		Кирпич	Штукатурка
1	Средняя часть	70-90	70-90
2	Алтарная часть	65-90	65-90
3	Южный придел	80-90	80-90 (29-45*)
4	Северный придел	65-90	65-90

Примечание: Показатели измерений влагомером DT-128M после нанесения штукатурной смеси Baumit KlimaWhite по истечении 9 месяцев.

[8] Результаты исследований были отражены в магистерской выпускной квалификационной работе Бабенко Р.Н. «Реставрационная практика РТ с опытом внедрения современных материалов для создания благоприятного микроклимата в ОКН (на примере Казани и РТ)» (КГАСУ, 2022 г.).

Таблица 3

Показатели измерений в помещениях церкви Николая Чудотворца термогигрометром ИВТМ-7М

№ п/п	Название помещения	Относительная влажность, %	Температура, °С
1	Средняя часть	84	14,0
2	Алтарная часть	87	13,9
3	Южный придел	85 (60*)	13,9(14,0*)
4	Северный придел	86	13,8

Примечание: Показатели измерений термогигрометром ИВТМ-7М после нанесения штукатурной смеси Baumit KlimaWhite по истечении 9 месяцев.

Измерения влажности кирпичной кладки в зоне эксперимента через год показали неизменно высокие значения влагомера – до 90 % по шкале прибора. Такие же показатели проявились и при измерении влажности кирпича через отверстие в штукатурном слое Baumit KlimaWhite. Однако влажность самой штукатурки по данным влагомера составила всего от 29 % до 45 %, что в 2-3 раза меньше показаний по кирпичу под ней. Учитывая высокую паропроницаемость Baumit KlimaWhite, подобные показатели указывают на то, что в процессе диффузии капиллярной влаги сквозь штукатурный слой происходит испарение влаги внутри самой штукатурки. Как результат, влагоперенос как таковой не прекращается, миграция влаги продолжается, однако зона испарения смещается с поверхности кирпича внутрь штукатурного слоя. Дальнейшее движение воды уже в виде пара никак не влияет на состояние вяжущего как структурообразующего элемента ввиду отсутствия сопряженных эффектов морозного разрыва межпоровых стенок (деструкции материала). Поверхность штукатурки визуально и при инструментальном определении – сухая. Целостность штукатурки определяется её перманентно сухим состоянием при высокой влажности кирпичной кладки в условиях переменных сезонных температур, включая отрицательные значения зимой при отсутствии отопления. Данный факт является важным свидетельством того, что специфичная высокопористая структура штукатурного раствора Baumit KlimaWhite может не только эффективно сорбировать влагу из воздуха, но и работать как санирующий/высушивающий состав относительно строительного основания с высокой влажностью.

Таким образом, инновацией отделочной системы Baumit Klima является высокая сорбционная способность поглощать значительное количество водяных паров из воздуха гораздо эффективнее, чем подавляющее большинство существующих на данный момент традиционных штукатурок, в т.ч. известковых. В результате в помещении происходит процесс буферизации – естественное регулирование влажности воздуха в требуемом диапазоне. Кроме сорбции влаги, отделочная система содействует очищению воздуха в помещении, поглощая различные летучие органические соединения и запахи. Отделочные материалы Baumit, по результатам исследования, отлично сочетаются по своим базовым свойствам с историческими штукатурками. Учитывая современные требования к условиям приспособления и эксплуатации ОКН, система Baumit Klima является примером инновационных решений по сохранению памятников архитектуры путем естественного и постоянного поддержания благоприятного микроклимата.

4. Заключение

В результате проведенных исследований были разработаны рекомендации по применению современных влагорегулирующих материалов для внутренней отделки помещений при реставрации ОКН, сочетающихся по своим свойствам с историческими штукатурками.

Авторский опыт реставрации памятников архитектуры на территории Республики Татарстан подтверждает целесообразность применения специальных видов штукатурки с целью создания благоприятного микроклимата и поддержания нормативных требований эксплуатации.

Данная работа может послужить основой для дальнейших исследований по применению современных строительных материалов оптимизирующих микроклимат помещений в реставрационной практике ОКН.

Список литературы/ References

1. Тихомиров А.В. Исследование, расчет оптимальных параметров микроклимата помещений и содержание неотапливаемых памятников истории и культуры. М. : Мосметрострой. 1992. 24 с. [Tikhomirov A.V. Research, calculation of optimal parameters of indoor microclimate and maintenance of unheated historical and cultural monuments. M. : Mosmetrostroy. 1992. 24 p.]
2. Куприянов В.Н. Прогнозирование переувлажнения ограждающих конструкций при конденсации в них водяного пара // Приволжский научный журнал. 2021. № 2 (58). С. 84–91. [Kupriyanov V.N. Prediction of the overwetting of enclosing structures during water steam condensation in them // Privolzhsky Scientific Journal. 2021. No. 2 (58). pp. 84–91]
3. Куприянов В.Н., Петров А.С., Чебышева Д.Г. Влияние дождей на процесс старения и разрушения материалов наружных стен. расчет количества дождей // Эксперт: теория и практика. 2020. № 1 (4). С. 28–32. [Kupriyanov V.N., Petrov A.S., Chebysheva D.G. Rain impact on aging and destruction of external walls materials. the amount of rain calculation // Expert: Theory And Practice. 2020. No. 1 (4). pp. 28–32]
4. Vares O., Ruus A., Raamets J., Tungel E. Determination of hygrothermal performance of clay-sand plaster: Influence of covering on sorption and water vapour permeability. Paper presented at the Energy Procedia. 2017. 132. pp. 267–272. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.09.719.
5. Xie H., Gong G., Wu Y., Liu Y., Wang Y. Research on the hygroscopicity of a composite hygroscopic material and its influence on indoor thermal and humidity environment. Applied sciences. 2018. 8 (3). 430. DOI: 10.3390/app8030430.
6. Ranesi A., Veiga M. R., Faria P. Laboratory characterization of relative humidity dependent properties for plasters: A systematic review. Construction and Building Materials. 2021. 304. 124595. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.124595.
7. Santos T., Faria P., Gomes M. I. Earth, gypsum and cement-based plasters contribution to indoor comfort and health // Proceedings of the 3rd RILEM Spring Convention and Conference. RILEM Bookseries. 2021. Vol. 32. pp. 105–117. DOI: 10.1007/978-3-030-76547-7_10.
8. Строкова В.В., Сивальнева М.Н., Неровная С.В., Второв Б.Б. Штукатурные покрытия как регулятор параметров микроклимата в помещении: обзор теоретических и экспериментальных исследований // Строительные материалы. 2021. № 7. С. 32–72. DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-793-7-32-72. [Strokova V.V., Sivalneva M.N., Nerovnaya S.V., Vtorov B.B. Plaster coverings as a regulator of indoor microclimate parameters: an overview of theoretical and experimental research // Construction Materials. 2021. No. 7. pp. 32–72. DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-793-7-32-72]
9. Yildizlar B., Sayin B., Akcay C. A case study on the restoration of a historical masonry building based on field studies and laboratory analyses // International Journal of Architectural Heritage. 2019. 14 (9). pp. 1341–1359. DOI: 10.1080/15583058.2019.1607625.
10. Danilov V., Ayzenshtadt A., Frolova M. Practical application of the similarity law of structures in the reconstruction of the surface layer of bricks. Materials Science Forum. 1017. MSF. 2021. pp. 21-30. DOI: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1017.21.
11. Белановская Е.В. Характерные ошибки реставрации каменных памятников

архитектуры Вологодской области // Вестник Череповецкого государственного университета. 2012. № 1-1 (36). С. 5–7. [Belanovskaya E.B. Typical errors in the restoration of stone monuments of architecture of the Vologda region // Cherepovets State University Bulletin, 2012, No. 1-1 (36), pp. 5–7]

12. Pavlík Z., Fořt J., Pavlíková M., Pokorný J., Trník A., Černý R. Modified lime-cement plasters with enhanced thermal and hygric storage capacity for moderation of interior climate. Energy and Buildings. 2016. Vol. 126. pp. 113–127. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.05.004.
13. Senff L., Ascensão G., Ferreira V. M., Seabra M. P., Labrincha J. A. Development of multifunctional plaster using nano-TiO2 and distinct particle size cellulose fibers. Energy and Buildings. 2018. Vol. 158. pp. 721–735. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.10.060.
14. Fořt J., Kočí J., Pokorný J., Podolka L., Kraus M., Černý R. Characterization of responsive plasters for passive moisture and temperature control. Applied Sciences. 2020. Vol. 10. Iss. 24. pp. 1–16. DOI: https://doi.org/10.3390/app10249116.
15. Cascione V., Maskell D., Shea A., Walker P. The moisture buffering performance of plasters when exposed to simultaneous sinusoidal temperature and RH variations. Journal of Building Engineering. 2020. Iss. 34. 101890. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101890.
16. Vares M.-L., Ruus A., Nutt N., Kubjas A., Raamets J. Determination of paper plaster hygrothermal performance: Influence of different types of paper on sorption and moisture buffering. Journal of Building Engineering. 2021. Iss. 33. 101830. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101830.
17. Пухаренко Ю.В., Харитонов А.М., Шангина Н.Н., Сафонова Т.Ю. Реставрация исторических объектов с применением современных сухих строительных смесей // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 1 (26). С. 98–103. [Pukharenko Yu.V., Kharitonov A.M., Shangina N.N., Safonova T.Yu. Restoration of historical objects with the application of dry building mixtures // Bulletin of Civil Engineers. 2011. No. 1 (26). pp. 98–103]
18. Tittarelli F., Giosuè C., Mobili A., Ruello M. L. Influence of binders and aggregates on VOCs adsorption and moisture buffering activity of mortars for indoor applications. Cement and concrete composites. 2015. 57. pp. 75–83. DOI: 10.1016/j.cemconcomp. 2014.11.013.
19. Govaerts Y., Hayen R., de Bouw M., Verdonck A., Meulebroeck W., Mertens S., Grégoire, Y. Performance of a lime-based insulating render for heritage buildings. Construction and building materials. 2018. 159. pp. 376–389. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.10.
20. Здоровое строительство. Здоровая жизнь // Baumit.ru URL: https://baumit.ru/files/ru/Brochures_pdf/VIVA_____.pdf (дата обращения: 01.01.2022). [Healthy construction. Healthy life // Baumit.ru URL: https://baumit.ru/files/ru/Brochures_pdf/VIVA_____.pdf (reference date: 01.01.2022)]
21. Gustova A.N. Preservation of Stone, Plaster and Molding // Scuola diRestauro: Heritage conservation in Italy and Russia. Firenze: Nardini Editore. 2015. pp. 231–236.
22. Карагерги В.Д. Baumit. Инновации или классика? Потенциал синтеза в области реставрации // Вестник. Зодчий. 21 век. 2021. № 1 (78). С. 76–77. [Karagergi V.D. Innovation or classic? Synthesis potential in the field of restoration // Vestnik. Zodchiy. 21vek. 2021. No. 1 (78). pp. 76-77]
23. Объекты культурного наследия Республики Татарстан: иллюстрированный каталог. М.: НИИЦентр. 2020. 1087 с. [Objects of cultural heritage of the Republic of Tatarstan: illustrated catalog. M.: NiiTSentr. 2020. 1087 p]
24. Значко-Яворский И.Л. Очерки истории вяжущих веществ. М.: Рипол Классик. 2014. 506 с. [Znachko-Yavorskiy I. L. Essays on the history of astringents. M.: Ripol Classik. 2014. 506 p]
25. Кисилёв И.А. Архитектурные детали в русском зодчестве XVIII-XIX веков. Справочник архитектора-реставратора. М.: Academia. 2005. 494 с. [Kisilev I.A. Architectural details in Russian architecture of the XVIII-XIX centuries. Directory of the architect-restorer. M. : Academia. 2005. 494 p]
26. Порох М.И., Татауров С.Ф. Методика исследования кирпичей из археологических памятников русского населения XVII - начала XX вв. // Вестник Южно-Уральского

государственного университета. Серия: Социально-гуманитарные науки. 2012. № 32 (291). С. 41–44. [Porokh M.I., Tataurov S.P. Research procedure of bricks at archaeological site of the Russian population of the 17th - beginning of the 20th centuries // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Social Sciences and the Humanities. 2012. No. 32 (291). pp. 41–44]

Информация об авторах

Хабибулина Альбина Гомеровна, кандидат экономических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.
E-mail: albgomer@mail.ru
Иванова Елена Юрьевна, старший преподаватель, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.
E-mail: ivanova.e.u@mail.ru
Бабенко Руслан Николаевич, региональный менеджер по Татарстану, ООО «Баумит», г. Дубна, Российская Федерация.
E-mail: babenko-r@mail.ru
Хабибулина Аделя Маратовна, архитектор, Архитектурная студия ООО «ОФИС ДЕ», г. Казань, Российская Федерация.
E-mail: adelya0514@mail.ru

Information about the authors

Albina G. Khabibulina, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
E-mail: albgomer@mail.ru
Elena Yu. Ivanova, senior lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
E-mail: ivanova.e.u@mail.ru
Ruslan N. Babenko, regional manager for Tatarstan, LLC «Baumit», Dubna, Russian Federation.
E-mail: babenko-r@mail.ru
Adelya M. Khabibulina, architect, Architectural Studio LLC «OFFICE DE», Kazan, Russian Federation.
E-mail: adelya0514@mail.ru

УДК: 712.3/.7
DOI: 10.52409/20731523_2022_4_203
EDN: TVBMLH

Архитектурные особенности и закономерности формирования ландшафтно-рекреационных пространств исторической части города при реконструкции

А.Е. Енин[1], Т.И. Грошева[1]
[1]Воронежский государственный технический университет
г. Воронеж, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Быстрые рост и развитие городов, высокий уровень урбанизации, с одной стороны, делают их привлекательными для потенциальных жителей и инвесторов, способствуют увеличению численности населения и плотности транспортных потоков, а с другой стороны - усугубляют экологическую обстановку, приводят к резкой территориальной (количественной) и качественной деградации ландшафтно-рекреационных пространств. Ландшафтно-рекреационные пространства современных городов в последние несколько лет подвергаются реконструктивным мероприятиям. Применение системного подхода и анализа при исследовании ландшафтно-рекреационных пространств с выделением основных составляющих и связей между ними, а также определение факторов влияния на разных временных отрезках, позволяет, с одной стороны, систематизировать данные о существующем историко-культурном наследии сохранившихся исторических ландшафтных комплексов, оценить возможности их сохранения, дать рекомендации к их последующему использованию, с другой – разработать онтологическую (сущностную) модель ландшафтно-рекреационного пространства как формы организации конкретной демоэкосистемы, адекватную современным условиям. *Целью исследования* является выявление архитектурных особенностей и закономерностей формирования ландшафтно-рекреационных пространств в исторической части города при реконструкции. *Задачами исследования* являются: 1) выявление особенностей и закономерностей размещения парков в исторической части города; 2) выявление особенностей и закономерностей функционирования парков в исторической части города; 3) выявление особенностей и закономерностей пространственной организации парков в исторической части города.
Результаты. В результате данного исследования выявлены три типа архитектурных особенностей и закономерностей формирования ландшафтно-рекреационных пространств в исторической части города: - *размещения* (взаимосвязь системы ландшафтно-рекреационных пространств с природной (ландшафтной) первоосновой, соответствие климатическим условиям и особенностям; непрерывность; взаимосвязь систем ландшафтно-рекреационных пространств с транспортным каркасом); - *функционирования* («пешеходная популярность» или стабильность посещаемости; многофункциональность (или функциональное разнообразие); полисоциальность/моносоциальность пространства; экологическая комфортность и безопасность); - *пространственной организации* (целостность и гармоничность; способность к трансформациям, потенциал развития).
Выводы. Полученные результаты могут быть применены при разработке проектов реконструкции объектов ландшафтной рекреации и при формировании учебного курса в архитектурно-строительной высшей школе.

Ключевые слова: реконструкция, рекреация, ландшафтно-рекреационное пространство, формирование пространств, исторический центр.

Для цитирования: Енин А.Е., Грошева Т.И. Архитектурные особенности и закономерности формирования ландшафтно-рекреационных пространств исторической части города при реконструкции // Известия КГАСУ, 2022 №4(62), с.203-212, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_203, EDN: TVBMLH

Architectural features and patterns of formation of landscape and recreational spaces of the historical part of the city during reconstruction

A.E. Enin[1], T.I. Grosheva[1]
[1]Voronezh State Technical University,
Voronezh, Russian Federation

Abstract: Landscape and recreational spaces of modern cities in the past few years are subject to reconstruction activities. The use of a systematic approach and analysis in the study of landscape and recreational spaces makes it possible to systematize data on the existing historical and cultural heritage of the preserved historical landscape complexes, assess the possibilities of their preservation, and give recommendations for their subsequent use. As a result of this study, architectural features and patterns of formation of landscape and recreational spaces were revealed. The results obtained can be applied in design activities and in the formation of a training course in architecture and engineering universities.

Keywords: reconstruction, recreation, landscape and recreational space, formation of spaces, historical center.

For citation: Enin A.E., Grosheva T.I. Architectural features and patterns of formation of landscape and recreational spaces of the historical part of the city during reconstruction // News KSUAE 2022 №4(62), p. 203-212, DOI: 10.52409/20731523_2022_4_203, EDN: TVBMLH

1. Введение

В структуру современных городов обязательным образом входят объекты ландшафтной рекреации - это может быть небольшой сквер, озелененный пешеходный бульвар, большой лесной парк отдыха или сад. Но все они способствуют восстановлению физического и психологического здоровья человека. Прогрессирующие темпы урбанизации городов приводят к резкой территориальной (количественной) и качественной деградации ландшафтно-рекреационных пространств (ЛРП). Сегодня, формирование системы ЛРП города с учетом оздоравливающего воздействия является практически одним из самых действенных и эффективных методов сохранения и поддержания здоровья населения [1]. В настоящее время наблюдается возрастающая потребность населения в подобных рекреационных пространствах, условия пребывания в которых могли бы быть приближенными к естественным природным, давали возможность побыть наедине с природой. Материально-технические и функционально-пространственные характеристики элементов и связей ландшафтно-рекреационных пространств в процессе жизненного цикла претерпевают количественные и качественные изменения, так называемый «моральный» и/или «физический» износ. Анализ научных публикаций указывает на отсутствие в современной архитектурной теории и практике единого подхода к пониманию структуры архитектурных объектов со сложными функционально-структурными процессами, которыми являются ландшафтно-рекреационные пространства. Существуют следующие приемы озеленения городов в виде: «зеленых клиньев», которые равномерно распределены по территории города, пронизывающие и проникающие в его центральную часть; равномерно распределенных по территории города «зеленых пятен»; рекреационных пространств, расположенных вдоль пойм рек, вытянутых и/или формирующих линейные озелененные участки, которые композиционно стремятся поддержать «вытянутую» планировочную идею водоема; ландшафтно-рекреационных пространств, окружающих локальные городские районы.

Гакаев Р. А. и Сатуева Л. Л. отмечают, что создание новых и реконструкция существующих ландшафтно-рекреационных пространств позволяет повысить микроклиматические показатели среды, положительно повлиять на здоровье человека, визуально улучшить эстетическое состояние городских территорий. В городах с неблагоприятной экологической обстановкой, зонами повышенных ветров особая роль

отводится созданию специальных ветрозащитных посадок деревьев (зоны формируются в виде полос, перпендикулярно направлению ветров, которые преобладают в данной местности) [2]. Микулина Е.М., Благовидова Н.Г. утверждают, что анализ данных влияния объема зеленых масс на состояние качества воздуха, почв, является весомым критерием при зонировании районов для наиболее комфортного качества жизни населения [3].

Создание непрерывного зеленого каркаса, состоящего из открытых рекреационных пространств в историческом центре города, способствует повышению пешеходной активности в данном пространстве, повышает комфортность городской среды, обеспечивает социальную связанность значимых объектов культурно-бытового обслуживания [4,5]. В 2019 году в Казани прошел международный конгресс World Urban Parks. Эверт Верхаген, урбанист и основатель агентства Creative Cities и компании Reuse BV, отметил, что сейчас происходит смена самой парковой парадигмы. Раньше парк был пространством для тихих уединенных прогулок. Сейчас ландшафтно-рекреационные пространства рассматриваются как место социализации и общения [6].

Сохранение устойчивости ландшафта, по мнению А.Г. Большакова, является критерием гармоничности архитектурной среды, так как нарушенный ландшафт не может быть эстетически привлекательным [7].

Целостность пространства, как системы, достигается наличием четырех процессов, происходящих в пространстве: производственных, бытовых, рекреационных, коммуникационных. Наличие всех системообразующих элементов свидетельствует о проявлении принципа функциональной целостности системы [8].

Цель исследования - выявить архитектурные особенности и закономерности формирования ЛРП в исторической части города при реконструкции.

Задачи исследования: 1) выявить особенности и закономерности размещения парков в исторической части города; 2) установить особенности и закономерности функционирования парков в исторической части города; 3) определить особенности и закономерности пространственной организации парков в исторической части города.

1. Материалы и методы

В качестве материалов исследования были использованы отечественные и зарубежные литературные источники, научные исследования и архивные материалы, связанные с темой исследования.

Метод исследования основывается на системном подходе. Так же используются методы натурного исследования сохранившихся объектов рекреации.

В основе системного подхода лежит рассмотрение объекта как системы. С позиции теории архитектуры ЛРП является функционально целостным архитектурным объектом. Это дает основание рассматривать его как саморегулирующуюся систему типа «население ↔ среда» (демоэкосистема).

Метод натурного исследования включает в себя: анализ степени сохранности исторической планировочной структуры объекта ландшафтной рекреации, определение и анализ точек визуального восприятия и структурных элементов рельефа местности. Данный метод так же включает в себя фотофиксацию элементов планировочной структуры и визуальной и ландшафтной организации объекта.

2. Результаты

В результате исследования были выделены следующие особенности и закономерности формирования ландшафтно-рекреационных пространств:

I. Особенности и закономерности *размещения* парков в исторической части города:

1) Взаимосвязь системы ландшафтно-рекреационных пространств с природной (ландшафтной) первоосновой, соответствие климатическим условиям и особенностям.

Естественные природные условия, так называемая первооснова любого города, уникальны и во многом предопределяют вектор его развития в градостроительном плане. Существующая тесная взаимосвязь планировочной структуры городской застройки с ландшафтом оказывает влияние на формирование ландшафтно-рекреационных пространств [9].

При проектировании или проведении реконструкции ландшафтно-рекреационных пространств, проводят необходимые мероприятия по реконструкции неудобных, депрессивных, нарушенных территорий. Парк Бют-Шомон находится в северо-восточной части Парижа. Был открыт в 1867 году на месте заброшенного карьера, где добывали гипс и известняк. Сейчас это живописный парк, общей площадью 24,73 га. Парк «Пальметум» (город Санта-Крус-де-Тенерифе, Канарские острова, Испания) был открыт в 2014 году. Парк расположен на территории бывшей городской мусорной свалки. В настоящее время это ботанический сад, площадью 120 тысяч квадратных метров, где произрастают преимущественно растения семейства пальмовых. С холма сада открывается вид на океан (рис.1).

Рис.1. Парк «Пальметум» (Санта-Крус-де-Тенерифе, Канарские острова, Испания)
Fig.1. PalmetumPark (SantaCruzdeTenerife, Canary Islands, Spain)
(https://tripguides.info/spain/canary/tenerife/santa-cruz/palmetum/)

2) Непрерывность ландшафтно-рекреационных пространств.

В Москве успешно реализован проект «Зеленое Кольцо Москвы». Маршрут составляет 160 километров и представляет собой закольцованный прогулочный маршрут по зеленым зонам столицы. Удивительно то, что в Москве есть такие озелененные территории, продолжительность ходьбы по которым длится более часа. Маршрут построен таким образом, что на пути следования встречаются памятники архитектуры, произведения садово-паркового искусства. Тропа функционирует с ранней весны, до глубокой осени, зимой комфортными для прогулок сохраняются лишь некоторые участки. Маршрут проходит через такие рекреационные пространства, как Ботанический сад, Лосиноостровский парк, Черкизовский пруд, парк Кузьминки, Борисовские пруды, музей заповедник Царицыно, ландшафтный заказник Теплый Стан, Очаковские пруды и другие.

3) Взаимосвязь системы ландшафтно-рекреационных пространств с транспортным каркасом.

Непрерывная система ЛРП в увязке с транспортным каркасом города обеспечивает коммуникационную связь различных районов города, насыщая рекреационные пространства посетителями, которые проживают в отдаленных районах. Транспортно-градостроительные и крупные пересадочные узлы концентрируют вокруг себя пешеходные потоки. Тем самым обеспечивая близлежащие объекты рекреации пешеходной популярностью, повышая степень удобства посещаемости.

В Будапеште, в центральной части, расположен остров Маргит, который находится между двумя частями венгерской столицы — Будой и Пештом и соединяется с ними мостом Маргариты в южной части и мостом Арпада в северной. Длина острова составляет 2,5 километра, ширина - около 500 метров. Территорию Маргит занимает парк, так же на нем расположены несколько отелей с термальными источниками. Проезд автотранспорта на самом острове, за исключением такси и велосипедов, запрещён. Посередине моста Маргариты расположены трамвайная и автобусная остановки, так можно добраться до острова на общественном транспорте (рис. 2).

Рис. 2.Остров Маргит (Будапешт, Венгрия)
Fig.2. Margaret Island (Budapest, Hungary)
(https://www.vsedostoprimechatelnosti.ru/evropa/vengriya/budapesht-vengriya.html)

II. Особенности и закономерности *функционирования* парков в исторической части города:

1) «Пешеходная популярность» или стабильность посещаемости.

Смена времен года позволяет проработать различные сценарии развития и событийного наполнения озелененных пространств, видоизменить облик парков, прибегнув к декоративным элементам, дополнительному освещению, возведению временных объектов, организовать сезонные мероприятия.

В течение дня наблюдается разная посещаемость и наполненность парков, популярностью среди посетителей пользуются разные зоны. Утром наиболее притягательны природные элементы парка - озелененные лужайки, беговые дорожки, территории около водоема; посетители - преимущественно люди среднего возраста, занимающиеся спортом. Днем местами притяжения становятся детские площадки, фонтаны, точки быстрого питания, пункты проката спортивного инвентаря. Среди посетителей преобладают дети, молодые родители и старшее поколение. Вечером, учитывая смену возрастной категории посетителей (молодежь, взрослые), популярностью пользуются зоны развлечений: музыкальные сцены, амфитеатры и территории кафе, веранды, площадки гольфа и настольного тенниса. Гибкость функционального наполнения и часов работы, в зависимости от времени использования определенной категорией посетителя, сделает функционирование парка и его наполнения наиболее универсальным, а пространство парка будет равномерно заполнено посетителями.

Небольшой московский парк «Горка», расположенный вблизи станции метро Китай-город, имеет площадь 2,7 га, был открыт в 2017 году [10]. Территория, на которой расположен парк, долгое время пустовала после сноса здания, здесь был заброшенный пустырь со стихийной парковкой. В исторической застройке района Китай-город встречаются здания в стиле конструктивизма, модерна и классицизма. В оформлении парка использовали чугунные ограждения лестницы, ротонды и т.д. Рельеф парка активный, перепад высот составляет около 20 метров, в парке много подпорных стен, лестниц, организована смотровая площадка и амфитеатр. Парк позволил организовать пешеходную коммуникационную связь между Маросейкой и улицей Забелина.

2) Многофункциональность (или функциональное разнообразие)

Основные функции, которые выполняет система ЛРП, образуя в городе непрерывный зеленый каркас - это санитарно-гигиенические (создание комфортных микроклиматических условий), коммуникационные (поддержание социальных контактов), эстетические. Если рассматривать рекреационные пространства, деятельность которых носит биоэкологический характер, то их функциональное наполнение носит морально-этический характер. К подобным типам можно отнести национальные, геологические, заповедники, лесопарки и т.д. С точки зрения коммерции, эти рекреационные пространства не принесут экономической прибыли, они не обладают широким функциональным наполнением. Но они могут обеспечить полноценный моральный отдых, мероприятия могут носить оздоровительный и воспитательный характер [11,12].

Сосредоточение большого функционального многообразия в одном рекреационном пространстве позволяет привлечь большое количество посетителей. Присутствие объектов коммерции (кафе, пункты проката, летнее кино и т.д.) на территории рекреационного

пространства и возможность его всесезонного использования позволяет увеличить посещаемость с привлечением разновариантной публики [13].

В сентябре 2017 года в Москве открылся парк «Зарядье» [14]. Он расположен в самом центре столицы, рядом с Красной площадью. На территории парка масса культурно-развлекательных объектов (медиацентр, биолаборатории, информационный центр для туристов, концертный зал и большой амфитеатр, подземный музей и др.), есть подземный паркинг на 430 машиномест. В парке есть «Парящий мост», с которого открываются красивые виды на Кремль и Москву-реку. «Зарядье» открыто для посещения круглосуточно.

3) Полисоциальность/моносоциальность пространства.

Существующие многофункциональные парки обеспечивают вовлеченность разных возрастных и социальных групп посетителей. Тематические парки популярны у одной определенной категории посетителей. Создание комфортного и интересного времяпровождения посетителей - приоритетная задача при создании рекреационного пространства. Необходимо, чтобы функциональное насыщение, инфраструктура парка отвечали потребностям каждой группы посетителей.

4) Экологическая комфортность и безопасность.

Экологическая комфортность и безопасность - это не только чистота окружающей среды и возможность укрыться от неблагоприятных погодных условий на территории ландшафтно-рекреационного пространства, но и обеспечение психологического комфорта горожан. Современная городская система видеонаблюдения с функцией распознавания лиц, система видео аналитики мгновенно определяют подозрительных людей и передают всю информацию о них специализированным структурам. Обеспечение бесперебойного сигнала сотовой связи, зон бесплатного wi-fi, размещение тревожных кнопок в непосредственной доступности для посетителей парка, системы звукового оповещения, - все это позволяет обеспечить безопасность посетителям рекреационных пространств [15].

В Москве открылся парк «Тюфелева роща» площадью 10 га, его территория располагается на месте бывшего завода имени Лихачева. Рядом с парком началось строительство жилого комплекса «Зиларт». Пергола - один из арт-объектов парка, носит еще и утилитарный характер. Верхняя его часть используется в качестве смотровой площадки, а сама конструкция навеса служит защитой от солнца и непогоды. На территории парка есть выставочные павильоны, кафе, амфитеатр, спортивные и детские площадки. Одна из особенностей парка - искусственный пруд площадью 3000 кв. м., его глубина составляет более метра. Вода в пруду проходит несколько степеней очистки и летом в нем можно плавать. Зимой пруд функционирует в качестве катка. За безопасность отвечает система видеонаблюдения, в которую входят более 200 видеокамер, расположенных на территории парка.

III. Особенности и закономерности *пространственной организации* парков в исторической части города:

1) Целостность и гармоничность.

Гармоничное «вписание» ландшафтно-рекреационного пространства в окружающую архитектурную среду и его целостность объединяет в себе рельефные особенности территории, природно-климатические условия места, образно-смысловую выразительность и национально-культурные ценности данного пространства.

Целостность системы озеленения и структуры городских общественных пространств достигается с помощью следующих средств:

- учет природной первоосновы ландшафта, формирующий городскую планировочную структуру - это делает пространство уникальным;
- единство стилевого оформления рекреационных территорий с помощью малых архитектурных форм, элементов благоустройства, общей тематики и стилистического оформления;
- подчинение пространства одной доминанте, ориентация и раскрытие планировочных структур таким образом, чтобы визуально читался объем.

К элементам, формирующим функциональную целостность рекреационных пространств, относятся: элементы благоустройства и освещения (скамьи, урны, указатели,

интерактивные таблицы, светодиодная подсветка дорожек, клумб), пункты проката спортивного инвентаря (самокаты, велосипеды, ролики и т.д.), точки быстрого питания (мобильные фургоны с фаст-фудом, точки со сладкой ватой, напитками), элементы озеленения (цветочные и ландшафтные композиции, мобильные вазоны, каскадные элементы озеленения, цветники и тд.).

Все элементы, которые входят в состав структуры рекреационного пространства, пребывают в постоянной коммуникации между собой. Виды коммуникационных процессов: функциональная взаимосвязь, визуальная, смысловая (тематическая), экономическая, социальная.

При помощи многофункционального материально-предметного наполнения ландшафтно-рекреационных пространств обеспечивается необходимая база для многосценарного использования объекта рекреации и всесезонной посещаемости [16].

Петровский сквер в Воронеже, расположенный в историческом центре, на проспекте Революции, открыли после реконструкции, выполненной в стилистике времени Петровской эпохи. В центре сквера расположен памятник Петру I (историческое место размещения практически сохранено), по обе стороны от главной аллеи стоят пушки, элементы освещения, лавочки и урны, выполнены в духе того времени [17]. Трассировка дорожек во многом повторяет первичную планировку сквера. Для обеспечения коммерческой окупаемости сквера был возведен торгово-гостиничный комплекс «Петровский пассаж» (рис.3).

Рис.3. Петровский сквер (Воронеж, Россия)
Fig.3. Petrovsky public garden (Voronezh, Russia)
(иллюстрация авторов)

2) Способность к трансформациям, потенциал развития.

На всей территории парка Горького в Москве работает бесплатный wi-fi, парк наполнен необходимой инфраструктурой для маломобильной группы населения [18]. Имеются велодорожки, пункты проката спортивного инвентаря, летний кинотеатр, танцевальная площадка, где проходят мастер-классы по различным видам танцев. В афише мероприятий можно увидеть расписание квестов и экскурсий. В лектории, который расположен в правом пилоне Главного входа в парк, проходят лекции Института философии РАН. С 2015 года здесь проходят встречи литературных и писательских клубов, занятия по иностранным языкам. Во время школьных каникул проводятся мастер-классы для детей. Парк Горького совместно с сервисом мобильных аудиогидов izi.TRAVEL разработал серию аудиоэкскурсий по Парку Горького, достаточно просто скачать приложение и можно прослушать несколько экскурсий. Так же на территории парка работает «Зеленая Школа», это образовательный проект, где проходят занятия для самых маленьких. В зимнее время совместно с NikeBox MSK проходят массовые тренировки по хоккею, фигурному катанию, футболу и зимнему бегу (рис. 4).

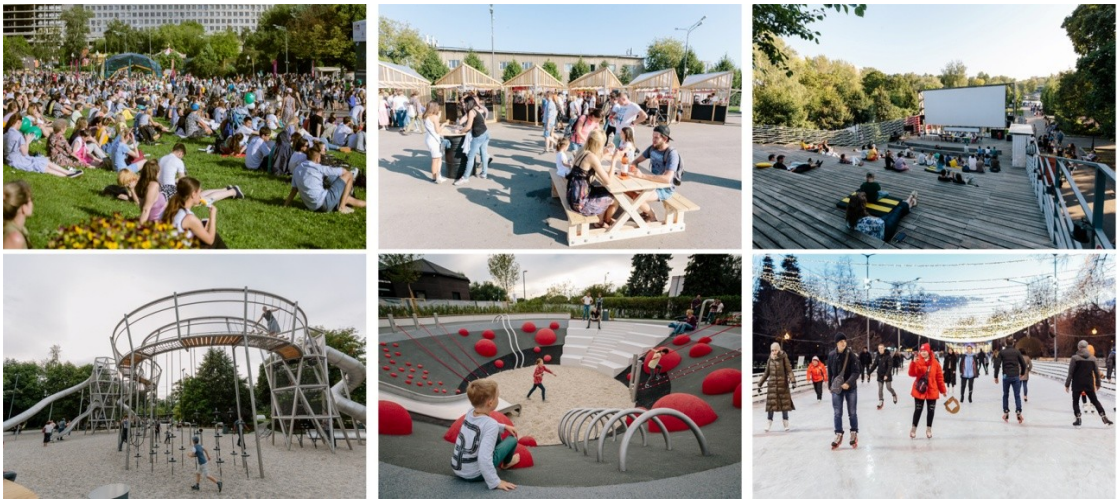


Рис.4. Парк Горького (Москва, Россия)
Fig.4. Gorky Park (Moscow, Russia)
(https://vk.com/gorkypark)

4. Обсуждение

В результате исследования выявлены три типа архитектурных особенностей и закономерностей формирования ландшафтно-рекреационных пространств в исторической части города: это особенности и закономерности размещения, функционирования и пространственной организации.

Особенности и закономерности *размещения* парков в исторической части города включают: взаимосвязь системы ландшафтно-рекреационных пространств с природной (ландшафтной) первоосновой, соответствие климатическим условиям и особенностям; непрерывность ландшафтно-рекреационных пространств; взаимосвязь системы ландшафтно-рекреационных пространств с транспортным каркасом.

Особенности и закономерности *функционирования* парков в исторической части города включают: «пешеходную популярность» или стабильность посещаемости; многофункциональность (или функциональное разнообразие); полисоциальность/моносоциальность пространства; экологическую комфортность и безопасность.

Особенности и закономерности *пространственной организации* парков в исторической части города включают: целостность и гармоничность; способность к трансформациям, потенциал развития.

Систематизация полученных данных и формирование методических рекомендаций по исследованию и проектированию ЛРП в условиях реконструкции будет способствовать выявлению дальнейших путей сохранения и современного использования памятников ландшафтной рекреации города и области.

5. Заключение

1. Выявлены три типа архитектурных особенностей и закономерностей, которые включают *размещение, функционирование и пространственную организацию* парков в исторической части города.

2. Установлено, что особенностями и закономерностями функционирования парков являются: организация сезонных мероприятий и проработка различных сценариев событийного наполнения озелененных пространств. Это позволяет привлечь большое количество посетителей, а так же сосредоточение большого функционального многообразия в одном рекреационном пространстве, ориентированного на разные возрастные группы.

3. Определено, что особенности и закономерности пространственной организации парков включают единство стилевого оформления рекреационных территорий с помощью малых архитектурных форм, элементов благоустройства, образно-смысловая выразительность и национально-культурные ценности данного пространства, а так же - способность к трансформации.

При помощи непрерывной сети озелененных пространств осуществляется взаимосвязь между городскими и загородными озелененными территориями.

Список литературы / References

1. Василенко Н.А., Лаврик Г.И. Ландшафт города как один из системообразующих факторов оздоровления населения. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 1. С. 32-34. [Vasilenko N.A., Lavrik G.I. The landscape of the city as one of the system-forming factors in the improvement of the population.Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova 2008. No. 1. P. 32-34.]
2. Гакаев Р.А., Сатуева Л.Л. Массивы зеленых насаждений урбанизированных территорий и их влияние на нормализацию окружающей среды. Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 26–27 апреля 2016 года / Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности; Академия водохозяйственных наук РФ; Волжское отделение Российской академии архитектуры и строительных наук; Тольяттинский государственный университет; Межотраслевой научно-информационный центр. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – С. 10-16. – EDN WIHTSP.[Gakaev R.A., Satueva L. L. Arrays of green spaces in urban areas and their impact on the normalization of the environment. Cities of Russia: problems of construction, engineering support, improvement and ecology: collection of articles of the XVIII International Scientific and Practical Conference, Penza, April 26–27, 2016 / International Academy of Sciences of Ecology and Life Safety; Academy of Water Management Sciences of the Russian Federation; Volga Branch of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences; Tolyatti State University; Intersectoral Scientific and Information Center – Penza: Penzenskaya gosudarstvennaya sel′skokhozyaystvennaya akademiya, 2016. - P. 10-16. – EDNWIHTSP.]
3. Микулина Е.М., Благовидова Н.Г. Архитектурная экология. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 256 с. [Mikulina E.M., Blagovidova N.G. Architectural ecology. M: Akademiya, 2013. 256 p.]
4. Спек, Д. Город для пешехода. М.: Искусство –XXI век, 2015, 352 с. ISBN 978-5-98051-136-4 [Speck, D.City for a pedestrian. Moscow: Iskusstvo - XXI vek, 2015, 352 p. ISBN 978-5-98051-136-4]
5. SpeckJ, WalkableCityRules: 101 Steps to Making Better Places, Publisher: IslandPress; 3rdedition (October 15, 2018) 312 p. ISBN-10 : 1610918983 ISBN-13 : 978-1610918985
6. ЭвертВерхаген: «Не надо придумывать парки самим» // Журнал «Проект Россия» URL: https://prorus.ru/interviews/ehvert-verhagen-ne-nado-pridumyvat-parki-samim/ (дата обращения: 12.10.2021) [Evert Verhagen: "You don't have to invent parks yourself" // Journal «Proyekt Russia» (reference date: 12.10.2021)]
7. Большаков А.Г. Ландшафтосообразное градостроительство - фактор устойчивого развития городов Иркутской области. Проект Байкал. – 2019. – Т. 16. – № 61. – С. 62-66. – DOI 10.7480/projectbaikal.61.1503. – EDN YJNRTE. [Bolshakov A.G. Landscaping urban planning - a factor in the sustainable development of cities in the Irkutsk region. Proyekt Baikal. - 2019. - T. 16. - No. 61. - p. 62-66.]
8. Грошева Т.И., Енин А.Е. Системный подход к реконструкции ландшафтно-рекреационных пространств. Строительство и реконструкция. 2017. № 4 (72). С. 101-109. [Grosheva T.I., Enin A.E. A systematic approach to the reconstruction of landscape and recreational spaces. Stroitel′stvo i rekonstruktsiya. 2017. No. 4 (72).p. 101-109.]
9. ГутновА.Э. Эволюция градостроительства. М.:Стройиздат, 1984. — 256 с. [GutnovA.E.The evolution of urban planning. M.: Stroyizdat, 1984. - 256 p.]
10. Парк «Горка» // Журнал «Проект Россия» URL:https://prorus.ru/projects/park-gorka-in-moscow/ (дата обращения: 19.08.2020) [Park "Gorka" // Magazine "Project Russia" URL: https://prorus.ru/projects/park-gorka-in-moscow/ (reference date: 19.08.2020)]

11. Нефёдов В.А. Как вернуть город людям. М: «Искусство - XXI век», 2015. 159 с.: цв. ил. [Nefyodov V.A. How to return the city to people. M: "Iskusstvo - XXI vek ", 2015. 159 p.: tsv. ill.]
12. Bengtsson, Jan, Per Angelstam, Thomas Elmqvist, et al. 2021. “Reserves, Resilience and Dynamic Landscapes 20 Years Later.” Ambio 50: 962–966. DOI: 10.1007/s13280-020-01477-8
13. Джекобс Д. Смерть и жизнь больших американских городов / пер. с англ. Л. Мотылев. - М: Новое издательство, 2011. - 460 с. [Jacobs J.The Death and Life of Great American Cities.M, 2011, 460 p.]
14. Парк «Зарядье» // Официальный сайт URL: https://www.zaryadyepark.ru/history/istoriya_parka_zaryadye.html (дата обращения: 06.11.2021) [Zaryadye Park // Official site URL: https://www.zaryadyepark.ru/history/istoriya_parka_zaryadye.html (reference date: 06.11.2021)]
15. Duani A 2015 Landscape Urbanism and its Discontents Dissimulation the Sustainable City Journal of the American Planning Association 80(4) 449-450 DOI: 10.1080/01944363.2014.998137
16. Гришина М.П. Сценарный подход в формировании архитектурно пространственного образа городских дворов. В сборнике: Великие реки'2018. Труды научного конгресса 20-го Международного научно-промышленного форума. В 3-х томах. Ответственный редактор А.А. Лапшин. 2018. С. 195-197. [Grishina M.P. Scenario approach in the formation of the architectural and spatial image of urban courtyards. In the collection: Great Rivers'2018. Proceedings of the Scientific Congress of the 20th International Scientific and Industrial Forum. In 3 volumes. Managing editor A.A. Lapshin. 2018. P. 195-197.]
17. Грошева Т.И., Енин А.Е. Петровский сквер - элемент системы рекреации города Воронежа (история и современность). Архитектурные исследования: научный журнал №4(4) 2015 г. С. 79-88.[Grosheva T.I., Enin A.E. Petrovsky Square - an element of the recreation system of the city of Voronezh (history and modernity). Arkhitekturnyye issledovaniya: nauchnyy zhurnal №4(4) 2015, pp. 79-88.]
18. Парк Горького //Официальный сайт URL: https://park-gorkogo.com/about (дата обращения: 10.09.2021) [Gorky Park // Official site URL: https://park-gorkogo.com/about(reference date: 10.09.2021)]

Информация об авторах

Енин Александр Егорович, кандидат архитектуры, профессор, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация
Email: a_yenin@mail.ru
Грошева Татьяна Игоревна, старший преподаватель, Воронежский государственный технический университет, г.Воронеж, Российская Федерация
Email: tfs007@mail.ru

Information about the authors

Alexander E. Enin, PhD in Architecture, Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation
Email: a_yenin@mail.ru
Tatyana I. Grosheva, Senior Lecturer, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation
Email: tfs007@mail.ru

Журнал «Известия КГАСУ» выходит 4 раза в год, тиражом 500 экз. Журнал является подписным изданием и включен в электронный каталог АО «ПОЧТА РОССИИ», индекс издания – ПП890 и в подписной каталог ГК «Урал - Пресс», индекс издания – 36939.

Авторы, являющиеся членами редакционной коллегии и (или) подписчиками журнала, имеют преимущественное право на опубликование своих статей.

Научные статьи в полном объеме также размещаются на официальном сайте журнала Известия КГАСУ http://izvestija.kgasu.ru. Электронное научное издание (ЭНИ) http://izvestija.kgasu.ru (Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС 77-31046 от 25.01.2008г.).

СТАТЬИ ПУБЛИКУЮТСЯ БЕСПЛАТНО.

Все материалы направлять по адресу:
420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1, комн. 79
Отдел Информационно-аналитического сопровождения НИР
Телефон (843) 510-46-39
Email: patent@kgasu.ru.

Известия КГАСУ
2022г., № 4(62)

Гл. редактор: Низамов Р. К.
Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Макет и редактирование: Нуруллина Г.И.

Адрес редакции: 420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1, комн. 79
Тел. для справок: (843) 510-46-39
Адрес издателя: 420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1, комн. 79

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Электронное периодическое издание: http://izvestija.kgasu.ru
Регистр. Эл. № ФС 77-31046 от 25.01.2008г.

Электронный каталог АО «ПОЧТА РОССИИ»
Индекс издания – ПП890
Подписной каталог ГК Урал-Пресс
Индекс издания – 36939

Распространение: свободная цена

Подп. к печати 13.12.2022 Формат 60×84/8
Заказ №170 Бумага тип. №1
Усл.-печ. л 26,6 Уч.-изд. л. 27,4
Тираж 500 экз.
I завод – 100

Дата выхода в свет: 20.12.2022г.

Отпечатано в Издательстве КГАСУ: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1