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

NEWS KSUAE

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

2023г., № 2(64)

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 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, 2023

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

2023, № 2(64)

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 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, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТУРКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Мирсаяпов Илшат Т., Гиматдинов И.М. Исследование сталежелезобетонной балки с частичной заделкой двутаврового сечения в бетоне на основе диаграммного метода расчета	6
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Аюпов Д.А. Стабилизация битумполимерных дисперсий поверхностно-активными веществами	17
Морозова Н.Н., Гуляков Е.Г. Свойства бетона на цеолитсодержащем вяжущем	27
Абдрахимов В.З. Рециклинг межсланцевой глины и шлака от выплавки ферротитана в производство клинкерного кирпича	40
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Крайнов Д.В., Масленников И.А. Климатические данные для расчета нестационарных теплопотерь через ограждающие конструкции в грунте	50
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Поливанов Д.Е., Семенов А.А. Исследование режима отбора воды смесителем из системы водоснабжения	60
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Серазутдинов М.Н. Аналитические решения для криволинейных стержней на основе соотношений для прямолинейного стержня	70
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Тлявлина Г.В. Методы научного обоснования развития и совершенствования нормативной базы в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия	80
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Дьячкова О.Н., Михайлов А.Е. Анализ данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга	92
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Евстратова Т.А., Кулеева Л.М., Куприянов В.Н., Малахов С.А., Михайлов С.М. Современные тенденции в области художественного синтеза в архитектуре и дизайне города	101
Надырова Х.Г., Мухитов Р.К., Сайфуллина Л.Ш., Сибгатуллин А.И. Формирование архитектурно-пространственной структуры города Мамадыш до начала XX века	113
Самойлов А.А, Покка Е.В. Типология постпромышленных территорий на основе анализа мирового опыта развития промышленных городов в условиях кризиса	126
ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Качемцева А.А. Классификация графических источников в контексте реставрации историко-архитектурного наследия	135
Калимуллина С.И., Айдарова Г.Н. Особенности историко - архитектурного формирования региональных торгово-рыночных комплексов на примере Поволжья	146
Ибрагим К.А., Алшаваф Р.М., Абусело Х. Визуальная идентичность исламских школ и влияние на нее войны. Тематическое исследование (Школа Аль - Султания в Алеппо)	163
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	175

CONTENTS

BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Mirsayapov Ilshat T., Gimatdinov I.M. Investigation of a steel-reinforced concrete beam with a partial embedment of an I-section in concrete based on a diagrammatic calculation method	6
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Ayupov D.A. Stabilization of bituminous polymer dispersions by surfactants	17
Morozova N.N., Gulyakov E.G. Properties of concrete based on zeolite-containing binder	27
Abdrakhimov V.Z. Recycling of inter-shale clay and slag from ferrotitanium smelting into clinker brick production	40
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS AND LIGHTING	
Kraynov D.V., Maslennikov I.A. Climatic data for calculating non-stationary heat losses through building envelopes in the ground	50
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Polivanov D.E., Semenov A.A. Investigation of the mode of water extraction by a mixer from a water supply system	60
CONSTRUCTION MECHANICS	
Serazutdinov M.N. Analytical solutions for curved rods based on the relations for a rectilinear rod	70
DESIGN AND CONSTRUCTION OF ROADS, SUBWAYS, AERODROMES, BRIDGES AND TRANSPORT TUNNELS	
Tlyavlina G. V. Methods of scientific substantiation of regulatory requirements in the field of engineering protection of transport structures from wave impact	80
URBAN PLANNING, RURAL PLANNING	
D'yachkova O.N., Mikhailov A.E. Analysis of data on accessible public green spaces in St. Petersburg	92
ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY	
Evstratova T.A., Kuleeva L.M., Kupriyanov V.N., Malakhov S.A., Mikhailov S.M. Modern trends in the field of artistic synthesis in architecture and design of the city	101
Nadyrova H.G., Mukhitov R.K., Sayfullina L.Sh., Sibgatullin A.I. Development of the architectural and planning structure of the town of Mamadysh, Kazan province until the beginning of the twentieth century	113
Samoilov A.A., Pokka E.V. Typology of post-industrial territories based on the analysis of world experience in the development of industrial cities in crisis	126
ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY. HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Kachemtseva A.A. Classification of graphic sources in the context of restoration of historical and architectural heritage	135
Kalimullina S.I., Aidarova G.N. Features of the historical and architectural formation of regional trade and market complexes on the example of the Volga region	146
Ibrahim K.A., Alshawaf R., Aboselo K. Visual Identity of Islamic Schools and the Impact of War on It. Case study (Al - Sultaniya School in Aleppo)	163
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	175

УДК: 624.012
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_6
EDN: ZVRIMO

Исследование сталежелезобетонной балки с частичной заделкой двутаврового сечения в бетоне на основе диаграммного метода расчета

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

Аннотация *Постановка задачи.* На сегодняшний день в своде правил, которые действуют у нас в стране отсутствуют нормативные документы специально для проектирования сталежелезобетонных конструкций, а именно, когда стальная двутавровая балка заделана в тело бетона. В связи с этим становится актуальным вопрос изучения новых типов сталежелезобетонных конструкций. На основании известных законов применяемых к стальным и железобетонным конструкциям становится возможным изучение новых методик расчета.
Цель работы заключается в разработке методики расчета сталежелезобетонных балок нового типа.
Задачи работы: Рассмотреть трехлинейную диаграмму деформирования, приведенную в нормативной документации и на основании данной диаграммы привести формулы, описывающие работу сталежелезобетонной конструкции нового типа. На основе данных задач разработать методику расчета сталежелезобетонных балок нового типа.
Результаты. Представленная методика помогает рассчитать предельную нагрузку, которую выдерживает сталежелезобетонная конструкция.
Выводы. Представленная методика расчета помогают аналитическим методом рассчитать сталежелезобетонную конструкцию нового типа, рассматривая различные варианты вычисления. Диаграммный метод описывает работу конструкции, т.к. основывается на методе расчета по заданным материалам.

Ключевые слова: сталежелезобетон, сталежелезобетонная балка, аналитические методы расчета, методика расчета сталежелезобетонных конструкций.

Для цитирования: Мирсаяпов Илшат Т., Гиматдинов И.М. Исследование сталежелезобетонной балки с частичной заделкой двутаврового сечения в бетоне на основе диаграммного метода расчета // Известия КГАСУ 2023 №2(64) с.6-16, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_6, EDN: ZVRIMO

Investigation of a steel-reinforced concrete beam with a partial embedment of an I-section in concrete based on a diagrammatic calculation method

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

Abstract. *Problem statement*. To date, in the set of rules that are in force in our country, there are no regulatory documents specifically for the design of steel-reinforced concrete structures, namely, when a steel I-beam is embedded in concrete. In this regard, the issue of studying new

types of steel-reinforced concrete structures becomes relevant. Based on the known laws applied to steel and reinforced concrete structures, it becomes possible to study new calculation methods. The purpose of the work is to develop methods for calculating a new type of steel-reinforced concrete beams. Tasks of the work are to consider a three-line deformation diagram given in the normative documentation and, based on this diagram, give formulas that describe the operation of a new type of steel-reinforced concrete structure.
Results. The presented technique helps to calculate the maximum load that a steel-reinforced concrete structure can withstand.
Conclusions. The presented calculation method helps to analytically calculate a new type of steel-reinforced concrete structure, considering various calculation options. The diagram method describes the operation of the structure, since it is based on the calculation method for given materials.

Keywords: steel-reinforced concrete, steel-reinforced concrete beam, analytical calculation methods, calculation method for steel-reinforced concrete structures.

For citation: Mirsayapov Ilshat T., Gimatdinov I.M. Investigation of a steel-reinforced concrete beam with a partial embedment of an I-section in concrete based on a diagrammatic calculation method // News KSUAE 2023 No. 2(64) p. 6-16, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_6, EDN: ZVRIMO

1. Введение

На сегодняшний день развитию и изучению сталежелезобетонных конструкций уделяют большое внимание во всем мире, ввиду того, что является новым и своего рода уникальным материалом так, как имеет преимущества стальных и железобетонных конструкций. По этой причине сталежелезобетонные конструкции оптимально работают и в сжатой, и в растянутой зонах [1,2]. Преимуществом таких конструкций является повышенная жесткость и прочность, что приводит к экономии строительных материалов, и как следствие уменьшении трудоемкости процессов [1-4].

С 1 июля 2017 года действует СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования». В указанном своде правил представлены девять сечений, нормирующих проектирование сталежелезобетонных конструкций.

Стоит отметить, что в представленных вариантах сталежелезобетонных конструкций, стальной элемент либо полностью заделан в тело бетона, либо является отдельным элементом конструкции, которая включается в работу с помощью анкеров. В указанном своде правил не рассматривается сечение, где стальная балка была бы частично заделана в тело бетона [5-7]. В связи с этим вопрос изучения работы сталежелезобетонных конструкций для случая, когда двутавровая балка частично заделана в тело бетона, является весьма актуальным в настоящее время, так как такие конструкции обладают меньшей трудоемкостью, а также материалоемкостью.

По сечениям комбинированных балок, которые приводятся в своде правил СП 266.1325800.2016, проводилось много исследований как в России, так и в других странах. На основании этих экспериментов были представлены варианты расчетов сталежелезобетонных балок [8-11].

Цель работы заключается в разработке методики расчета сталежелезобетонных балок нового типа. Задачи исследования: рассмотреть трехлинейную диаграмму деформирования, приведенную в нормативной документации и на основании данной диаграммы привести формулы, описывающие работу сталежелезобетонной конструкции нового типа.

2. Материалы и методы

Основой расчета любой железобетонной или сталежелезобетонной конструкции является получение ее напряженно-деформированного состояния (НДС). Данная задача сводится к точному определению перемещений и усилий (деформаций и перемещений)

во всех точках конструкции. Из-за пластичности материалов при достижении площадки текучести напряжения распределяются нелинейно. Для описания НДС в какой-либо точке или сечении обычно используют диаграммы деформирования материалов (бетона и стали).

Однако в общем виде задача по получению НДС становится аналитически практически нерешаемой, по этой причине прибегают к различным численным методам, автоматизированным на электронно-вычислительной машине (ЭВМ). Наиболее универсальным из них на сегодняшний день является метод конечных элементов (МКЭ). Однако в ряде случаев его использование не всегда удобно по следующим причинам:

– необходимо изучать специальные программные комплексы, в ряде случаев несколько;

– зачастую отсутствует возможность дополнения программы из-за закрытости кода или из-за незнания языков программирования;

– в большинстве случаев проектировщик на практике имеет дело с конструкциями, работа под нагрузкой которых определяется одним (максимум двумя) опасными сечениями, поэтому в более детальной оценке НДС остальных сечений нет необходимости.

Этих недостатков лишен диаграммный метод на основе нелинейной деформационной модели нормального сечения, принятый в СП 63.13330.2018 (и ранее в СНиП 52-01-2003), а так же в работе [12]. Он является единым для расчета как по первой, так и по второй группе предельных состояний.

Диаграммный метод расчета:

На основе трехлинейной диаграммы деформирования материалов представим формулы для расчета (аналитическим методом) сталежелезобетонных конструкций. Рассмотрим сталежелезобетонную конструкцию представленную на рис. 1

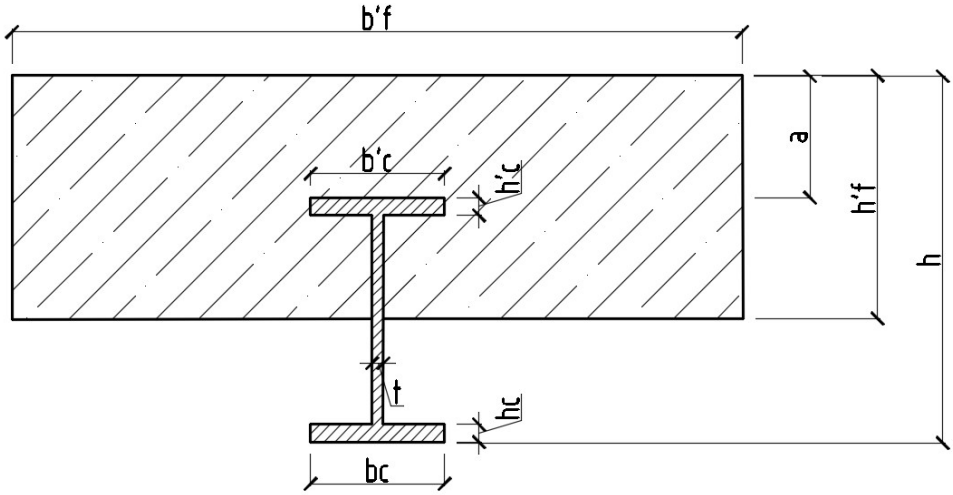
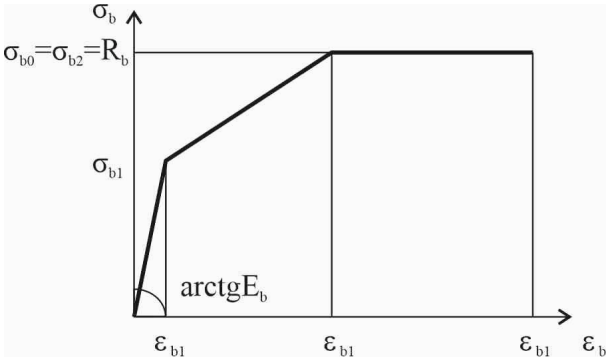
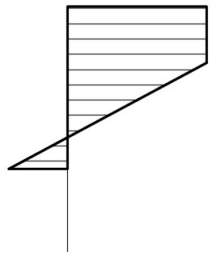


Рис. 1. Сталежелезобетонная конструкция (иллюстрация авторов)
Fig. 1 – Steel-reinforced concrete structure (authors illustration)

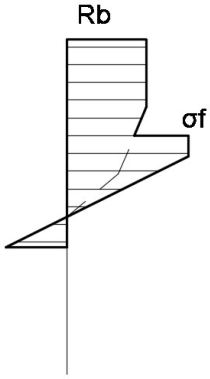
Разрушение бетона происходит при достижении им относительных деформаций 0,0035 в крайних фибрах сжатой зоны. При этом считается справедливым закон плоского поворота расчетного сечения, а следовательно линейное распределение деформаций по высоте элемента. Расчет ведется на основе трехлинейной диаграммы деформирования (Рис. 2.). На диаграмме деформирования можно выделить 3 характерных участка работы бетона. Учитывая линейное распределение деформаций по высоте и диаграмму деформирования (Рис. 2а) эпюру распределения напряжений в бетоне для сечения 1-1 можно представить как на (Рис. 2б) (каждый участок соответствует указанному цвету).



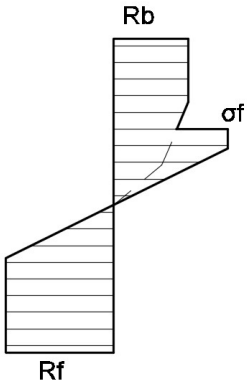
а)



б)



в)



г)

Рис. 2 – а) диаграмма деформирования бетона, б) распределение эпюр напряжений в сечении 1-1, в) распределение эпюр напряжений в сечении 2-2, г) распределение эпюр напряжений в сечении 3-3 (иллюстрация авторов)

Fig. 2. a) diagram of concrete deformation, b) distribution of stress diagrams in section 1-1, c) distribution of stress diagrams in section 2-2, d) distribution of stress diagrams in section 3-3 (authors illustration)

$\sigma_{b0} = \sigma_{b2} = R_b$ ε_{b1} σ_{b1}

Приведем формулы для расчета напряжений возникающих в бетоне:

-при $0 \le \varepsilon_b \le \varepsilon_{b1}$

$$\sigma_b = E_b \varepsilon_b \qquad (1)$$

-при $\varepsilon_{b1} < \varepsilon_b < \varepsilon_{b0}$

$$\sigma_b = \left[\left(1 - \frac{\sigma_{b1}}{R_b}\right)\frac{\varepsilon_b - \varepsilon_{b1}}{\varepsilon_{b0} - \varepsilon_{b1}} + \frac{\sigma_{b1}}{R_b}\right] R_b \qquad (2)$$

-при $\varepsilon_{b0} \le \varepsilon_b \le \varepsilon_{b2}$

$$\sigma_b = R_b \qquad (3)$$

где, $\varepsilon_{b0} = 0{,}002$ – предельные относительные деформаций бетона при осевом сжатии;

$\varepsilon_{b2} = 0{,}0035$ – предельные относительные деформаций бетона при осевом сжатии для бетонов класса по прочности на сжатие B60 и ниже;

ε_{b1} – значение относительных деформаций, принимают $\varepsilon_{b1} = \frac{0{,}6\sigma_b}{E_b}$;

ε_b – значения относительных деформаций, согласно (5);

σ_b – сжимающие напряжения бетона;

σ_f – сжимающие напряжения стали;

E_b – начальный модуль упругости бетона;

E_f – начальный модуль упругости стали.

В сечениях 2-2 и 3-3 происходит совместная работа бетона стальной балки. Распределение напряжений в бетоне описываются выражениями (1- 3).

Распределение напряжений в стальном профиле при $0 \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1}$:

$$\sigma_b = E_b \varepsilon_b \qquad (4)$$

В местах контакта бетона и стали справедливо условие совместности деформаций $\varepsilon_f = \varepsilon_b = \varepsilon$, т.к. обеспечена их совместная работа (считаем, что соединение является жестким или имеет некий малый коэффициент трения между материалами, чем можно пренебречь). При $0 \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1}$:

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b} \text{ и } \varepsilon_f = \frac{\sigma_f}{E_f}. \qquad (5)$$

Отсюда следует:

$$\sigma_f = \frac{\sigma_b \cdot E_f}{E_b}. \qquad (6)$$

При $\varepsilon_{b1} < \varepsilon_b < \varepsilon_{b0}$ и при $\varepsilon_{b0} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2}$

$$\sigma_f = \frac{E_f}{E_{b1}} \cdot \left[\left(1 - \frac{\sigma_{b1}}{R_b}\right)\frac{\varepsilon_b - \varepsilon_{b1}}{\varepsilon_{b0} - \varepsilon_{b1}} + \frac{\sigma_{b1}}{R_b}\right] R_b \qquad (7)$$

где

$$E_{b1} = arctg \frac{0{,}4R_b}{0{,}002 - \frac{0{,}6R_b}{E_b}} \qquad (8)$$

При $\varepsilon_{b0} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2}$

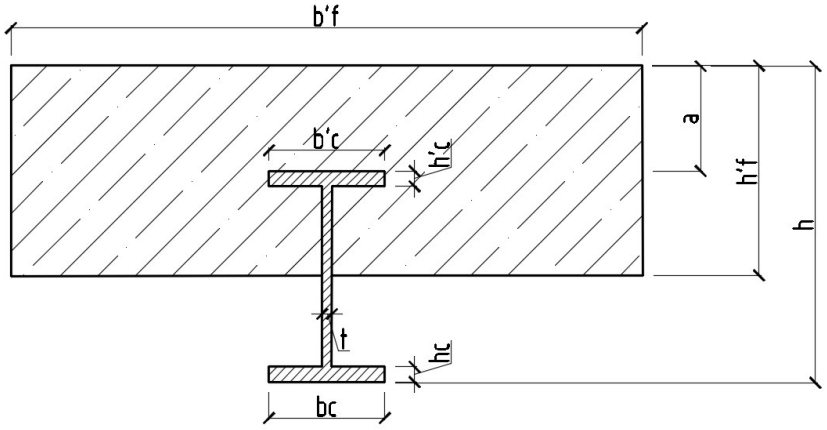
$$\sigma_f = 0{,}0035 E_f \qquad (9)$$

Из (6-7) следует, что в эпюре распределения нормальных напряжений в сжатой зоне происходит резкий скачек напряжений в зоне контакта бетона и стали на $\frac{E_f}{E_b}$ (рис.2а).

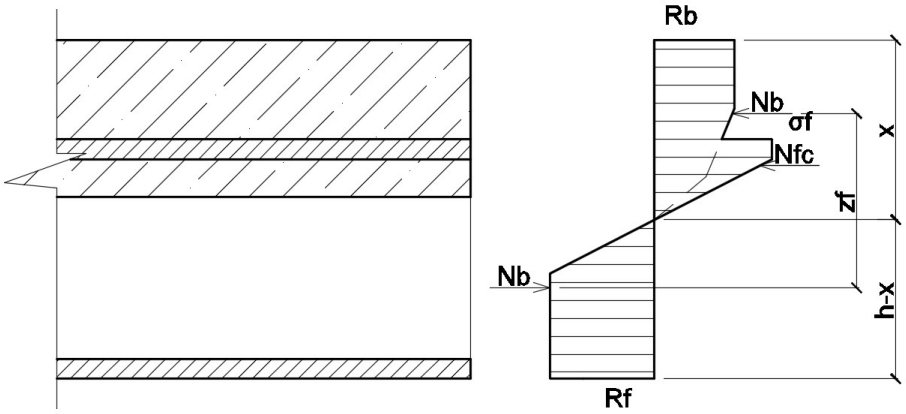
Учитывая вышеизложенное эпюры напряжений σ_b и σ_{fc} в сечении 2-2 представлены на рис 2в, для бетона, а также для стального двутавра σ_{fc}. Для сечения 3-3 – представлены на рис 2г, для бетона, а также для стального двутавра σ_{fc}.

3. Результаты и обсуждение

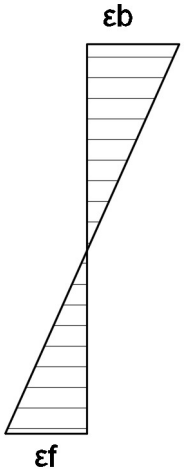
Для нашей сталежелезобетонной конструкции (рис.3.а) считаем, что разрушение начинается при достижении крайних фибр бетона значение R_b, при $\varepsilon_b = 0{,}0035$.



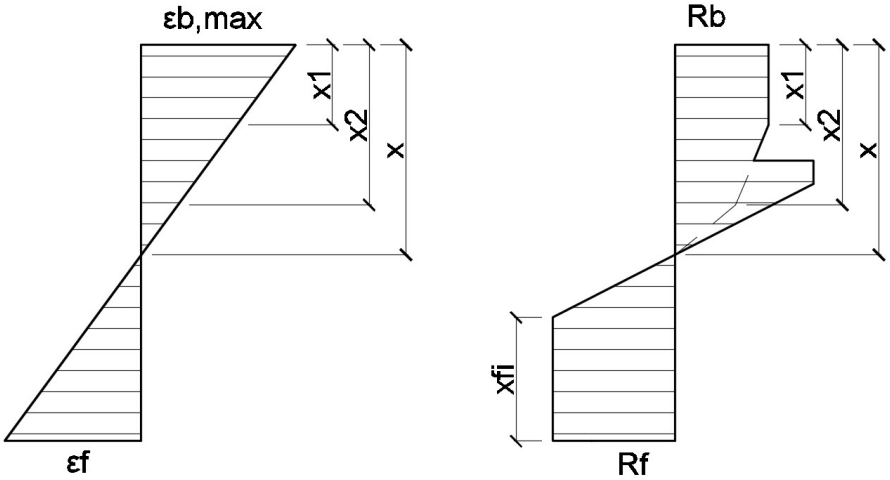
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. а) геометрические размеры сталежелезобетонной конструкции, б) эпюра распределений напряжений в расчетном сечении для бетона и стальной балки, в) распределение относительных деформаций по высоте, г) распределение относительных деформаций и нормальных напряжений по высоте сечения (иллюстрация авторов)

Fig. 3. a) geometric dimensions of the steel-reinforced concrete structure, b) diagram of stress distributions in the calculated section for concrete and steel beam, c) distribution of relative deformations along the height, d) distribution of relative deformations and normal stresses along the height of the section (authors illustration)

На основе диаграммы деформирования отобразим распределение относительных деформаций по высоте (рис.3.в).

Для относительных деформаций справедливо выражение:

$$\frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_f} = \frac{x}{h-x} \quad (10)$$

Отсюда следует:

$$\varepsilon_f = \varepsilon_b \frac{h-x}{x} \quad (11)$$

С изменением высоты происходит уменьшение деформаций бетона по линейному закону.

Определим высоту сжатой зоны из условия, что статический момент приведенного сечения относительной нейтральной оси равен нулю:

$$S_{red} = \frac{bx^2}{2} + \nu A_{\text{п}}(h-x) - \nu A_f(h-x) = 0 \quad (12)$$

Разница модулей деформаций равна:

$$\nu = \frac{E_b}{E_f} \quad (13)$$

Вспомогательные высоты по сжатой зоне приведены на рис.3.г

Используя диаграмму деформирования бетона и линейное изменение относительных деформаций определим x_1, x_2, x_3:

$$\varepsilon_{b,max} = \varepsilon_2 \quad (14)$$

x_{fi} определим из условия:

$$\frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_{fi}} = \frac{h-x}{h-x-x_{fi}} \quad (15)$$

$$x_{fi} = \frac{a-1}{a}h - x \quad (16)$$

x_1 определим из условия:

$$\frac{\varepsilon_{b,max}}{\varepsilon_1} = \frac{x}{x-x_1} \quad (17)$$

x_2 определим из условия:

$$\frac{\varepsilon_{b,max}}{\varepsilon_0} = \frac{x}{x-x_2} \quad (18)$$

Исходя из этого справедливо выражение:

$$x_2 - x_1 = \sigma_b = 0{,}6R_b \quad (19)$$

Отсюда следует, что

$$M_{ult,c} = (R_b \cdot b_f' \cdot x_1 \cdot z_1 + 0{,}7R_b \cdot b_f' \cdot (x_2 - x_1) \cdot z_2 + \frac{0{,}6R_b}{2} \cdot b_f' \cdot (x - x_2)) \cdot z_3; \quad (20)$$

$$z_1 = \left(h - \frac{x_1}{2}\right);\ z_2 = \left(h - \frac{x_2 - x_1}{2}\right);\ z_3 = \left(h - \frac{2(x-x_2)}{3}\right); \quad (21)$$

Подставляем в (20), значения z_1, z_2, z_3 из (21)

$$M_{ult,c} = (R_b \cdot b_f' \cdot x_1 \cdot \left(\frac{h-x_1}{2}\right) + 0{,}7R_b \cdot b_f' \cdot (x_2 - x_1) \cdot \left(h - \frac{x_2 - x_1}{2}\right) + \frac{0{,}6R_b}{2} \cdot b_f' \cdot x_3) \cdot \cdot \left(h - \frac{2(x-x_2)}{3}\right) \quad (22)$$

$$M_{ult,p} = \frac{1}{2}R_f \cdot b_c \cdot h_c \cdot \left(\frac{2(h-x-h_{c/2})}{3}\right) + \frac{1}{2}R_f \cdot t \cdot h_t \cdot \left(\frac{2(h-x-h_c)}{3}\right) \quad (23)$$

На основании выше полученных формул можно просчитать сталежелезобетонную конструкцию диаграммным методом. Формулы 20-21 описывают предельные моменты, которые может выдерживать рассчитываемая сталежелезобетонная конструкция.

По предложенной методике рассчитаем балку GB 2.3 и сравним полученные результаты.[1]

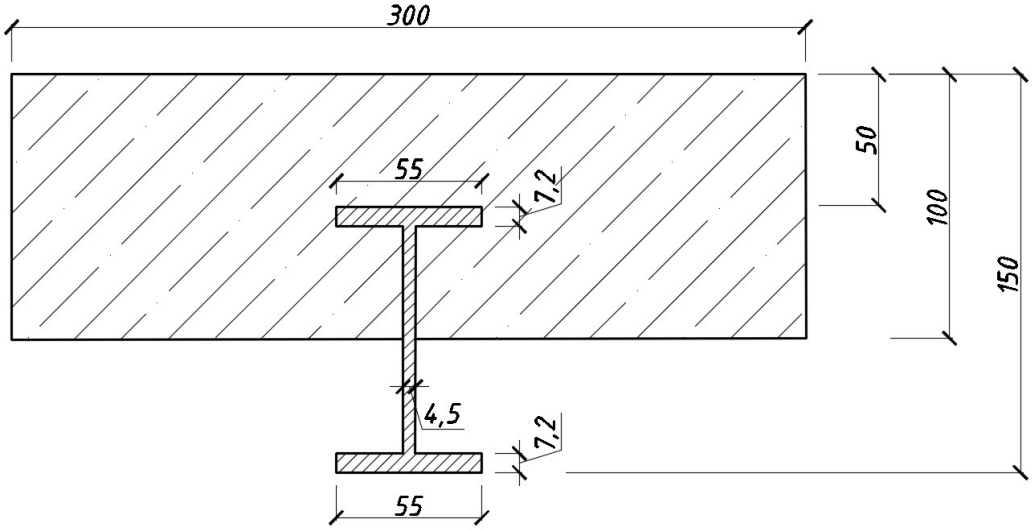


Рис. 4. Сталежелезобетонная конструкция GB2.3 (иллюстрация авторов)
Fig. 4. Steel-reinforced concrete structure GB 2.3 (authors illustration)

В формулы (10-21) подставляем свои численные значения.

Решая уравнение (12), получаем:

$$x = 65{,}48 \text{ мм}$$

Подставляя в выражение (10) числовые значения вычислим относительные деформации возникающие в стальном двутавре:

$$\frac{0{,}0035}{\varepsilon_f} = \frac{65{,}48}{150 - 65{,}48}$$

Отсюда следует $\varepsilon_f = 0{,}0045$

x_1 найдем из условия:

$$\frac{\varepsilon_{b,max}}{\varepsilon_1} = \frac{x}{x - x_1}$$

$$\frac{0{,}0035}{0{,}002} = \frac{65{,}48}{65{,}48 - x_1}$$

$$x_1 = 28{,}06 \text{ мм}$$

[1] Ильшат Т.Мирсаяпов, И.М.Гиматдинов Исследование напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных балок с частичной заделкой двутавровых сечений в бетоне // Известия КГАСУ 2022 №3(61) с.56-66, DOI:10.52409/20731523_2022_3_56, EDN: FDMELF

x_2 найдем из условия:

$$\frac{\varepsilon_{b,max}}{\varepsilon_0} = \frac{x}{x - x_2}$$

$$\frac{0{,}0035}{0{,}00031} = \frac{65{,}48}{65{,}48 - x_2}$$

$$x_2 = 59{,}68 \text{ мм}$$

$$x = 65{,}48 \text{мм}$$

Для экспериментальных образцов принимаем $R_b = 0{,}75\overline{R_{\text{эксп}}} = 0{,}75 \cdot 437 = 327{,}75 \frac{\text{кг}}{\text{см2}} = 33$ МПа. [11]

Подставляя в формулу (20) свои значения, получим:

$$M_{ult,c} = (R_b \cdot b_f' \cdot x_1 \cdot \left(\frac{h - x_1}{2}\right) + 0{,}7R_b \cdot b_f' \cdot (x_2 - x_1) \cdot \left(h - \frac{x_2 - x_1}{2}\right) + \frac{0{,}6R_b}{2} \cdot b_f' \cdot x \cdot \left(h - \frac{2(x - x_2)}{3}\right) = (33 \cdot 300 \cdot 28{,}06 \cdot \left(\frac{150 - 2\ ,06}{2}\right) + 0{,}7 \cdot 33 \cdot 300 \cdot (59{,}68 - 28{,}06) \cdot \left(150 - \frac{59{,}68 - 28{,}06}{2}\right) + \frac{0{,}6 \cdot 33}{2} \cdot 300 \cdot 65{,}48 \cdot (150 - \frac{2(65{,}48 - 59{,}68)}{3}) = 75{,}14 \text{ кН} * \text{м}$$

$$P_{ult} = \left(\frac{4 \cdot M_{ult}}{l}\right) = \frac{4 \cdot 75{,}14}{4} = 75{,}14 \text{ кН} = 7{,}5 \text{ т.}$$

Сравним полученные результаты с экспериментальными данными [13] и результатами численного эксперимента [17] (таблица):

$$\frac{P_{\text{д.м.}}}{P_{\text{эксп.}}} = \frac{7{,}5}{7{,}3} = 1{,}026$$

Разница вычисленных результатов составляет: Δ =2,6%

$$\frac{P_{\text{д.м.}}}{P_{ansys}} = \frac{7{,}5}{6{,}83} = 1{,}1$$

Разница вычисленных результатов составляет: Δ =10%

Таблица

Сравнение полученных результатов

Отношение значений нагрузки (численное/экспериментальное)	$\frac{P_{ansys}}{P_{\text{эксп.}}}$	$\frac{P_{\text{д.м.}}}{P_{\text{эксп.}}}$
Значения	0,94	1,026

P_{ansys}-разрушающая нагрузка, полученная при численном моделировании в ПК Ansys.[1]

$P_{\text{эксп.}}$-разрушающая нагрузка, представленная в эксперименте (полученные результаты см [13]).

$P_{\text{д.м.}}$-разрушающая нагрузка, полученная при расчете диаграммным методом.

Таким образом, деформационная модель дает более точное значение несущей способности сталежелезобетонной конструкции.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку методики расчета сталежелезобетонных конструкций, рассмотренных в данной статье, на выносливость на действие многократно повторяющихся конструкций на основе научных основ теории выносливости железобетонных конструкций, изложенных в [14-15].

4. Заключение

1. На основе представленных задач была разработана методика расчета сталежелезобетонных балок нового типа. Представленная методика помогает аналитическим методом рассчитать сталежелезобетонную конструкцию нового типа.
2. Диаграммный метод описывает работу конструкции, т.к. основывается на методе расчета по заданным материалам.
3. Разница между экспериментальными данными и результатами при диаграммном методе расчета составила 2,6%. Таким образом, деформационная модель дает более точное значение несущей способности сталежелезобетонной конструкции. Представленный способ расчета через диаграмму деформирования позволяет определять сходимость результатов полученных численными методами.

Список литературы / References

1. Кибириева Ю.А., Астафьева Н.С. Применение конструкций из сталежелезобетона. Ekologiya and Stroitelstvo . 2018. Номер 2, С. 27-34. DOI: 10.24411/2413-8452-2018-10004. [Kibirieva Yu.A., Astafieva N.S. The use of steel-reinforced concrete structures. Ecology and construction. 2018. No. 2, P. 27-34. DOI: 10.24411/2413-8452-2018-10004.]
2. Теплова Ж.С, Виноградова Н.А. Прочность сталежелезобетонных образцов при центральном сжатии. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. Номер 5 (32), С.29-38. [Teplova Zh.S., Vinogradova N.A. Strength of steel-reinforced concrete specimens under central compression. Construction of buildings and structures. 2015. No. 5 (32), P. 29-38.]
3. Бабалич В.С., Андросов Е.Н. Сталежелезобетонные конструкции и переспектива их применения в строительной практике России. Успехи современной науки. 2017. Номер 4, С. 205-208. [Babalich V.S., Androsov E.N. Steel-reinforced concrete structures and the prospect of their application in the construction practice of Russia. Success of modern science. 2017. No. 4, P. 205-208.]
4. Настоящий В.А., Дариенко В.В. История возникновения и практика применения сталежелезобетонных конструкций для объектов дорожного и гражданского строительства. Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2014. Номер 1, С.467-470. [Real V.A., Darienko V.V. The history of the emergence and use of steel-reinforced concrete structures for the construction of road and nearby construction. Modernization and scientific research in the transport complex. 2014. No. 1, P. 467-470.]
5. Yuanlong Yang, Wentao Liang. QingjieYang, Yu Cheng. Flexural behavior of web embedded steel-concrete composite beam. Engineering Structures. 2021. Volume 240.
6. Yinghui Li, Huanjun Jiang, T.Y.Yang. Damage Deformation of Flexure-Yielding Steel-Reinforced Concrete Coupling Beams: Experimental and Numerical Investigation, Advances in Civil Engineering, 2019.
7. Du, Y.; Zhang, X.; Liu, L.; Zhou, F.; Zhu, D.; Pan, W. Flexural Behaviour of Carbon Textile-Reinforced Concrete with Prestress and Steel Fibres. Polymers 2018, 10, 98. https://doi.org/10.3390/polym10010098
8. Замалиев Ф.С. Численные и натурные эксперименты преднапряженных сталежелезобетонных балок. Вестник МГСУ. 2018. Вып. 3(11). С.309-321. [Zamaliev F.S. Numerical and natural experiments of prestressed steel-reinforced concrete beams. Bulletin of MGSU. 2018. Iss. 3(11). P.309-321.]
9. Isaac Montava, Ramon Irles, Jorge Segura, Jose Maria Gadea and Ernesto Juliá. Numerical Simulation of Steel Reinforced Concrete (SRC) Joints, 2019.
10. Замалиев Ф.С., Тамразян А.Г. К расчету сталежелезобетонных ребристых плит для восстанавливаемых перекрытий. Строительство и реконструкция. 2021;(5):3-15. DOI: 10.33979/2073-7416-2021-97-5-3-15 [Zamaliev F.S., Tamrazyan A.G. To the calculation of

steel-reinforced concrete ribbed slabs for restored ceilings. Construction and reconstruction. 2021;(5):3-15. DOI: 10.33979/2073-7416-2021-97-5-3-15]
11. Dmitriev, A., Novozhilov, Yu., Mikhalyuk, D., Lalin, V., Calibration and Validation of the Menetrey-Willam Constitutive Model for Concrete; 2020; Construction of Unique Buildings and Structures; Volume 88 Article No 8804. DOI:10.18720/CUBS.88.4
12. Ilshat Mirsayapov and George Apkhadze /Modified trilinear stress-strain diagram of concrete designed for calculation of beams with fiberglass rebar// STCCE-2020 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Kazan, Russia, 2020, 517, Vol. 890, 012079
13. M.Rabie, W.Zaki and S.Zaky. STRENGTHENING STEEL I-BEAM WITH CONCRETE FLANGE. Strengthening steel I-beam with concrete flange. Proc. of Fifth International Conference On Advances in Civil, Structural and Mechanical Engineering -ACSM 2016, 4-8 DOI: 10.15224/978-1-63248-105-4-21.
14. Мирсаяпов Ил.Т. Обеспечение безопасности железобетонных балок по наклонному сечению при многократно повторяющихся нагрузках/ Ил.Т.Мирсаяпов// Жилищное строительство. – Москва. 2016, №1. – С. 23-27. [Mirsayapov Il.T. Ensuring the safety of reinforced concrete beams along an inclined section under repeated loads / Il.T. Mirsayapov / / Housing construction. - Moscow. 2016, No. 1. - P. 23-27]/
15. Mirsayapov Ilshat. Endurance of reinforced concrete beams with small shear spans// © Springer Nature Switzerland AG 2020 B. Anatolijs et al. (eds.), Proceedings of EECE 2019, Lecture Notes in Civil Engineering – P. 763-775.

Информация об авторах.

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

Information about the authors.

Ilshat Talgatovich Mirsayapov, doctor of technical sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: mirsayapovit@mail.ru
Ilnur Mansurovich Gimatdinov, post-graduate student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: akkfok@mail.ru

УДК: 665.775.5
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_17
EDN: NACQDE

Стабилизация битумполимерных дисперсий поверхностно-активными веществами

Д.А. Аюпов[1]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Полимербитумные вяжущие широко применяются в дорожном и кровельном строительстве, для производства гидроизоляционных, герметизирующих и антикоррозионных материалов. Однако их хранение и, особенно, транспортировка затруднены ввиду высокой расслаиваемости. Для агрегационной и седиментационной стабилизации дисперсий при этом широко применяются поверхностно-активные вещества. Кроме того, они широко применяются в полимербитумных вяжущих, но не как стабилизаторы, а в качестве адгезионных присадок. Стабилизирующая эффективность их в вяжущих до сих пор не изучена. Эффективность поверхностно-активных веществ для стабилизации битумполимерных дисперсий известна на примере битумно-латексных водных эмульсий. Поверхностно-активные вещества в них используются в качестве эмульгаторов, однако эмульсии имеют, как правило, ещё бо́льшую расслаиваемость, чем полимербитумные вяжущие, что связано с низкой вязкостью дисперсионной среды. Всё это ограничивает возможности широкого производства и применения битумполимерных дисперсий: вяжущих и эмульсий. Поэтому исследование стабилизирующей эффективности применяемых в них поверхностно-активных веществ является актуальной задачей. Целью исследования является изучение стабилизирующей эффективности применяемых в полимербитумных вяжущих поверхностно-активных веществ и разработка эффективного поверхностно-активного вещества для получения устойчивых битумных эмульсий.
Для достижения цели решались следующие задачи:

1. Изучение состава применяемых в полимербитумных вяжущих поверхностно-активных веществ.
2. Определение их влияния на свойства вяжущих.
3. Изучение стабилизирующей эффективности применяемых поврехностно-активных веществ.
4. Разработка эффективного поверхностно-активного вещества для стабилизации битумных эмульсий.
5. Изучение реологических свойств битумных эмульсий.
6. Изучение свойств битумполимерных вяжущих, получаемых коагуляцией битумных эмульсий.

Результаты. Основным результатом исследования поврехностно-активных веществ в полимербитумных вяжущих является вывод о их невысокой стабилизирующей эффективности. Для стабилизации битумных эмульсий разработано бинарное поверхностно-активное вещество. *Выводы.* Поверхностно-активные вещества для стабилизации полимербитумных вяжущих малоэффективны. Разработан эффективный бинарный эмульгатор для битумных эмульсий, позволяющий получать устойчивые битумные эмульсии.

Ключевые слова: стабильность ПБВ, расслаиваемость ПБВ, битумная эмульсия, ПБВ, напыляемая гидроизоляция, жидкая резина, эмульгатор.

Для цитирования: Аюпов Д.А. Стабилизация битумполимерных дисперсий поверхностно-активными веществами // Известия КГАСУ 2023 № 2 (64),с.17-26, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_17, EDN: NACQDE

Stabilization of bituminous polymer dispersions by surfactants

D.A.Ayupov[1]
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation

Abstract: *Problem statement.* Polymer bitumen binders are widely used in road and roof construction, as well as for the production of waterproofing, sealing and anti-corrosion materials. One of the most significant and common for all polymer modified bitumens (PMB) is their tendency to delamination, which complicates their storage and transportation. At the same time, it is known that surfactants can be effective stabilizers of dispersed systems. In addition, surfactants are widely used in PMBs, not as stabilizers, but as adhesive additives. Their stabilizing effectiveness in binders has not yet been studied. The effectiveness of surfactants for stabilizing bitumen-polymer dispersions is known by the example of bitumen-latex aqueous emulsions. Surfactants are used in them as emulsifiers, however, emulsions still have, as a rule, even greater stratification than PMB, which is associated with the low viscosity of the dispersion medium. All this significantly limits the possibilities for the wide production and use of bituminous polymer dispersions: binders and emulsions. Therefore, the study of the stabilizing effectiveness of the surfactants used in them is an urgent task.
The aim of the research is to study the stabilizing effectiveness of surfactants used to stabilize polymer bitumen binders and to develop an effective surfactant for stabilizing bitumen emulsions.
To achieve the goal, the following tasks were solved:
1. To study the composition of surfactants used in PMBs.
2. To determine their influence on the properties of binders.
3. To study the stabilizing effectiveness of the applied surfactants.
4. To develop an effective surfactant for the stabilization of bitumen emulsions.
5. To study the rheological properties of bitumen emulsions.
6. To study the properties of bitumen polymer binders obtained by coagulation of bitumen emulsions.
Results. The main result of the study of surfactants in PMB is the conclusion about their low stabilizing efficiency. A binary surfactant has been developed to stabilize bitumen emulsions.
Conclusions. Surfactants for PMB stabilization are ineffective. Alternative methods are needed to solve this problem. An effective binary emulsifier for bitumen emulsions has been developed.
Keywords: PMB stability, PMB delamination, bitumen emulsion, PMB, sprayed waterproofing, liquid rubber, emulsifier.

For citation: Ayupov D.A. Stabilization of bituminous polymer dispersions by surfactants // News KSUAE 2023 № 2 (64), с. 17-26, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_17, EDN: NACQDE

1. Введение

Нефтяные битумы широко применяются в дорожном и кровельном строительстве, а также для производства гидроизоляционных, герметизирующих и антикоррозионных материалов [1-3]. Они обладают уникальным комплексом свойств: высокой адгезией к большинству строительных материалов, водостойкостью, водонепроницаемостью, химстойкостью, доступностью и относительно низкой стоимостью. Недостатки битумов: низкую теплостойкость, хрупкость при пониженных температурах, низкую эластичность и подверженность атмосферному старению - сегодня принято устранять модификацией - введением в битум полимеров, главным образом, бутадиен-стирольных термоэластопластов (СБС) [4-6].

За последние годы полимербитумные вяжущие (ПБВ) в значительной степени вытеснили с рынка немодифицированные битумы. Объем производства ПБВ в РФ за последние 11 лет увеличился в 30 раз, а доля их производства в общем объёме битумных вяжущих в РФ при этом выросла с 0,6% до 10,4%. В мире эта доля составляет 13%, а в

Европе 17%. Прогноз объемов производства ПБВ в РФ предполагает их увеличение до 2032 года ещё на 71%.

Применение ПБВ ограничено технологическими сложностями их хранения и, особенно, транспортировки ввиду высокой седиментационной неустойчивости. Согласно ГОСТ 52056-2003, ПБВ запрещается хранить без перемешивания в нагретом состоянии более 8 ч. А при транспортировании битумовоз каждые 2 ч должен останавливаться с целью перемешивания вяжущего. Поэтому сегодня асфальтобетонные заводы стараются не хранить модифицированное вяжущее, производя его лишь под конкретный объект целью быстрой выработки, а транспортное плечо для ПБВ намного ниже чистых битумов. Схожие проблемы и у других производителей и потребителей ПБВ, например, кровельных орагнизаций.

Проблему агрегирования и седиментации в дисперсных системах успешно решают применением поверхностно-активные веществ (ПАВ) [7-9]. Кроме того, ПАВ широко применяются в ПБВ, но не как стабилизаторы, а в качестве адгезионных присадок [10]. Стабилизирующая эффективность их в вяжущих до сих пор не была изучена.

Эффективность ПАВ для стабилизации битумполимерных дисперсий известна на примере систем другого типа - битумно-латексных водных эмульсий. ПАВ в них используются в качестве эмульгаторов, однако эмульсии всё же имеют, как правило, ещё бо́льшую расслаиваемость, чем ПБВ, что связано с низкой вязкостью дисперсионной среды. В то же время возможность получения гидроизоляционных покрытий путем напыления таких дисперсий имеет ряд существенных преимуществ, главные из которых технологичность и бесшовность получаемых гидроизоляционных покрытий. Однако водно-битумные эмульсии, как и битумполимерные вяжущие, считаются строительным материалом с небольшим сроком хранения.

Всё это существенно ограничивает возможности широкого производства и применения битумполимерных дисперсий: вяжущих и эмульсий. Поэтому исследование стабилизирующей эффективности применяемых в них ПАВ является актуальной задачей.

Целью исследования является изучение стабилизирующей эффективности применяемых для стабилизации полимербитумных вяжущих ПАВ и разработка эффективного ПАВ для стабилизации битумных эмульсий.

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. Изучение состава применяемых в ПБВ поверхностно-активных веществ.
2. Определение их влияния на свойства вяжущих.
3. Изучение стабилизирующей эффективности применяемых ПАВ.
4. Разработка эффективного ПАВ для стабилизации битумных эмульсий.
5. Изучение реологических свойств битумных эмульсий.
6. Изучение свойств битумполимерных вяжущих, получаемых коагуляцией битумных эмульсий.

2. Материалы и методы

Объектом модификации был выбран нефтяной битум марки БНД 100/130 (ГОСТ 33133), (ООО Газпром нефтехим Салават).

В качестве СБС-модификатора применялся дивинилстирольный термоэластопласт марки ДСТ-30-01 производства АО «Воронежсинтезкаучук» (ГК Сибур).

В работе изучались следующие ПАВ:

Амдор-20Т (ЗАО «Амдор») - продукт на основе эфиров фосфорной кислоты. Производитель характеризует свой продукт как кислотно-полимерную присадку. В отличие от многих битумных ПАВ не является веществом аминного типа.

Азол 1002 (ОАО «Котласский химический завод») - катионный ПАВ на основе амидоаминов и имидазолинов жирных кислот.

Азол 1003В (ОАО «Котласский химический завод») - ПАВ амфотерного типа на основе природных продуктов и фосфатидов растительных масел.

Dinoram SL («Arkema Group») – катионный ПАВ. По описанию производителя, производное Н-алкил «жир» полипропилен полиамина. В воде не растворяется. Как и другие катионные ПАВ, более активен в виде соли после обработки кислотами.

Secabase 200 («Arkema Group») - смесь алкил амидо-полиаминов и алкил имидазо-полиаминов. Secabase 200 является термостабильной адгезионной добавкой для чистого или полимер-модифицированного битума.

Флотогудрон (ФГ) (ГК «Нэфис», г. Казань, ТУ 9147-146-00336562-2008) – это смесь вторичных гудронов, являющихся кубовым остатком от дистилляции жирных кислот, выделенных гудронов первичных растительных масел. Представляет собой смесь высших жирных кислот.

Дефекат (ОАО «Буинский сахарный завод») – фильтрационный осадок дефекации сахарного сока. Визуально представляет собой порошкообразную массу серого цвета. В процессе дефекации подогретый сахарный сок перемешивается с известью. Накопленный осадок называют дефекатом. Состав фильтрационного осадка включает:

- безазотистые органические вещества – пектиновые вещества, кальциевые соли лимонной, щавелевой, яблочной кислот и сапонин;
- азотистые соединения - скоагулированный белок;
- минеральная часть - кальциевые соли фосфорной кислоты, сульфаты.

СБС вводился в битум при температуре 165 °С. Амдор 20Т, Secabase 200 и ФГ вводились в битум одновременно с полимерным модификатором. Азолы 1002 и 1003В, а также Dinoram SL вводились при той же температуре в готовые ПБВ с последующим перемешиванием в течение 10 мин.

Для приготовления битумных эмульсий в разогретый до 50 °С водный раствор эмульгатора, находящийся в работающей коллоидной мельнице, тонкой струйкой, во избежание закипания воды, вливалась смесь битума с флотогудроном температурой 90 °С.

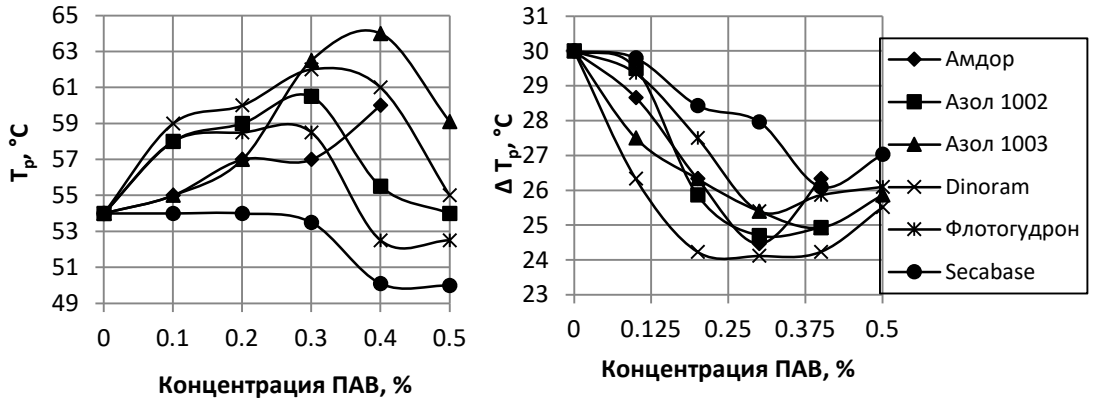
Составы выбранных ПАВ изучались методом ИК-спектроскопии. Спектры соединений регистрировали на Фурье-спектрометре Vector 22, (Bruker, Германия) в среднем ИК диапазоне (4000-400 см-1), оптическое разрешение 4 см-1, накопление 64 скана, время регистрации 16 сек. Программное обеспечение – OPUS фирмы Bruker.

Расслаиваемость, согласно ГОСТ EN 13399-2013, оценивалась по разнице температур размягчения верхней и нижней третьих частей вертикального цилиндра после 72 часов изотермической выдержки при температуре 180 °С.

3. Результаты и обсуждение

Методом ИК-спектроскопии изучены составы выбранных ПАВ. По наличию функциональных групп было выявлено, что Амдор 20Т является неионогенным, флотогудрон – анионактивным, Азол 1003В – амфолитным, а Азол 1002, Dinoram SL и Secabase 200 – катионактивными.

Зависимость температуры размягчения ($T_р$) битумполимерных вяжущих от концентрации ПАВ показана на рис. 1а.



а б

Рис. 1. Зависимости свойств ПБВ от концентрации ПАВ
а – температура размягчения, б – расслаиваемость (иллюстрация авторов)
Fig.1. Dependence of PMB properties on surfactant concentration
a - softening temperature, b – delamination (illustration by the authors)

Почти все ПАВ повышают $T_р$ вяжущих, при этом кривые имеют максимумы при 0,3-0,4%. Положительный эффект, вероятно, связан с более равномерным распределением полимера в битуме, дальнейшее же снижение $T_р$ связано с пластифицирующим действием избытка ПАВ на ПБВ. Secabase 200 является исключением и не увеличивает $T_р$. Амдор-20Т во всем интервале исследованных концентраций увеличивает теплостойкость вяжущего, что, вероятно, объяснимо большей молекулярной массой добавки. Наибольший прирост $T_р$ – 10 °С – показал Азол 1003. Отметим также, что Азол 1002 оказался эффективнее Secabase 200, несмотря на их схожесть по составу.

На рис. 1б представлены зависимости расслаиваемости, определяемой по $T_р$, от концентрации ПАВ. Практически во всех образцах наблюдается расслоение: в верхней трети велико содержание полимера, в то время как нижняя треть представляет собой почти чистый битум. Наилучшим стабилизатором оказался Dinoram SL, но расслаиваемость оценивалась также и по пенетрации, температуре хрупкости, эластичности, где лучше других показал себя Амдор 20Т. Наименее эффективным оказался Secabase 200. По абсолютной величине стабилизирующий эффект ПАВ невелик: расслаиваемость снижается не более, чем на 20%.

Многие ПАВ проявляют поверхностную активность за счёт содержащихся в них свободных кислот и эфиров, что характеризуется числом омыления, которое и было определено (таблица 1).

Таблица 1

Числа омыления изучаемых ПАВ

№	ПАВ	Число омыления
1	Амдор 20Т	14,6
2	ФГ	11,4
3	Dinoram SL	8,66
4	Азол 1003 В	8,42
5	Азол 1002	7,50
6	Secabase 200	7,43

Как видно, в катионактивных ПАВ кислот и эфиров меньше, чем в анионактивном ФГ и неионогенном Амдор-20Т. Среди катионактивных ПАВ наибольшее число омыления имеет Dinoram SL. Наименьшее – Secabase 200, что коррелирует с отстутвием положительного эффекта на теплостойкость вяжущего при его введении. Схожие по составу Азол 1002 и Secabase 200 показали почти одинаковые результаты. Отметим, что для катионактивных ПАВ стабилизирующая эффективность коррелирует с их числами омыления.

Невозможно, однако, прямо утверждать, что катионактивные ПАВ имеют меньшие числа омыления. Так, например, амфолитный Азол 1003В оказался в таблице ниже Dinoram SL. Корреляция чисел омыления со стабилизирующей эффективностью ПАВ была подтверждена сталагмометрически по их влиянию на поверхностное натяжение вазелинового масла, моделирующего легкую фракцию битума (рис. 2).

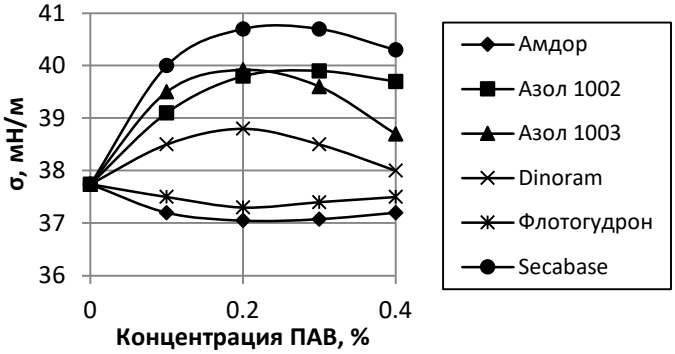


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения вазелинового масла от концентрации ПАВ (иллюстрация авторов)

Fig. 2. The dependence of the vaseline oil surface tension on the concentration of surfactants (illustration by the authors)

По абсолютным значениям влияние ПАВ на поверхностное натяжение вазелинового масла невелико, поскольку масло не является электролитом. Кроме того, некоторые ПАВ даже повышают поверхностное натяжение масла. Интересно, однако, что порядок ПАВ по силе влияния на поверхностное натяжение совпадает с порядком ПАВ из таблицы 1. Значит, влияние ПАВ на поверхностное натяжение масла зависит от их чисел омыления, то есть от содержания в них свободных кислот и сложных эфиров.

Более эффективны ПАВ в битумных эмульсиях (БЭ). Однако неустойчивость эмульсий остается главным фактором, ограничивающим широкое их применение. Строительство при этом, являясь наиболее материалоёмкой отраслью, зачастую способно эффективно утилизировать отходы [11]. Широко применяются эмульгаторы из числа отходов [12]. Для анионных битумных эмульсий известны эмульгаторы, представляющий собой натриевые соли карбоновых кислот [13-16], однако по большей части такие эмульгаторы являются экзотическими, т.е. не имеют достаточной для внедрения тоннажности производства. Нами разработан комплексный эмульгатор, представляющий собой смесь в соотношении 3:2 дефеката (ДФ) и ФГ. Выбор обоих веществ обусловлен наличием в них карбоновых кислот. При этом если углеводородный радикал кислот флотогудрона содержит 14-18 атомов углерода, то радикал дефеката значительно короче – C_2-C_6, что при совместном их использовании может вызвать формирование смешанных адсорбционных слоев со сверхаддитивными эффектами. Кроме того, дефекат содержит неорганическую часть, что может повлечь структурно-механическую стабилизацию системы.

Эффективность смесевого эмульгатора видна из рис. 3.

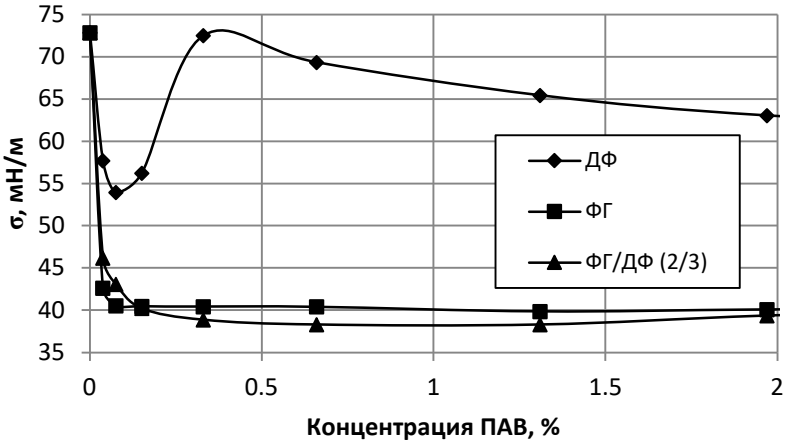


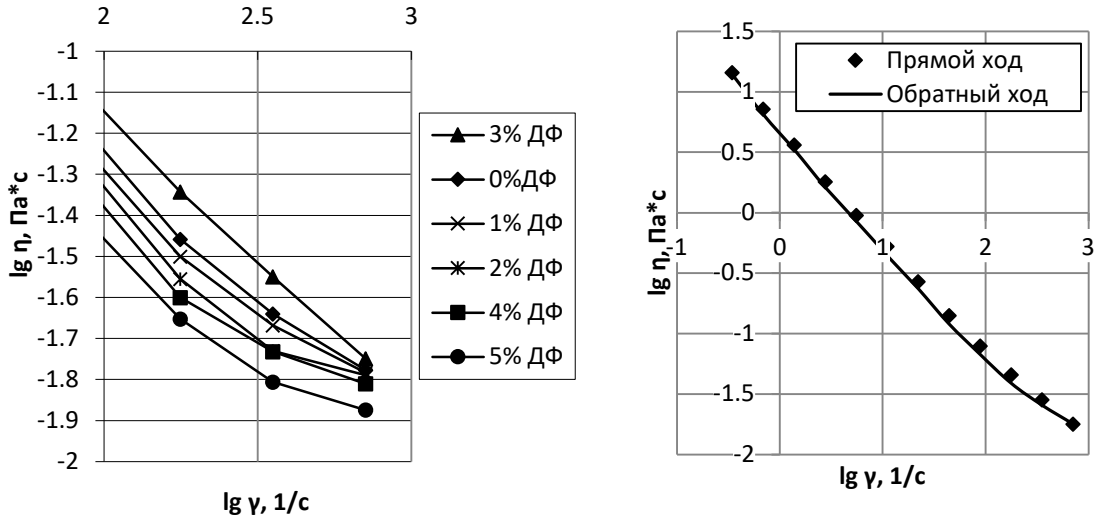
Рис. 3. Изотермы поверхностного натяжения водных растворов эмульгаторов (иллюстрация авторов)

Fig. 3. Emulsifiers aqueous solutions surface tension isotherms (illustration by the authors)

На рисунке приведены сравнительные данные исследования ДФ и ФГ. Как видно, ДФ снижает значение поверхностного натяжения при малом содержании в воде. С повышением концентрации ДФ поверхностное натяжение резко возрастает, а затем постепенно убывает. ФГ более эффективен. Поверхностное натяжение смесевого эмульгатора (ФГ+ДФ) изучалось при различных соотношениях компонентов (1:3; 2:3; 1:1; 3:2; 3:1). Наиболее эффективной оказалась смесь ДФ/ФГ в соотношении 3:2. Учитывая, что мицеллы ПАВ почти не снижают поверхностного натяжения раствора, резкое его понижение приходится на область концентраций до критической концентрации мицеллообразования (ККМ). Формирование смешанных адсорбционных слоев в мицеллах подтверждается смещением критической концентрации мицеллообразования смесевого ПАВ в область больших значений по сравнению с каждым ПАВ в отдельности.

Исследование динамической вязкости БЭ с бинарным эмульгатором осуществлялось при концентрации ФГ=2% (рис. 4а). Выявлено, что для всех эмульсий, за исключением оптимальной (ДФ=3%) при скорости сдвига $\lg\gamma = 2{,}3$ c^{-1} наблюдается излом

реологической кривой в сторону перехода к ньютоновскому течению, что говорит о распаде эмульсии и снижении структурированности жидкости.



а б

Рис. 4. Реологические кривые водных растворов ПАВ

а - зависимость вязкости битумных эмульсий от скорости сдвига при температуре 25 °С (по истечении 1 суток); б - реологический гистерезис битумной эмульсии при содержании смеси ПАВ 5% (иллюстрация авторов)

Fig. 4. Aqueous solutions of surfactants rheological curves

a - dependence of the bitumen emulsions viscosity on the shear rate at a temperature of 25 °C (after 1 day); b - rheological hysteresis of bitumen emulsion with surfactant mixture content of 5% (illustration by the authors)

Устойчивость БЭ с оптимальным содержанием эмульгатора (ФГ/ДФ = 2/3) подтверждается реологическими кривыми, приведенными на рис. 4б. Верхняя кривая была получена при увеличении скорости сдвига в реометре, а нижняя – при уменьшении. Видно, что эмульсия восстанавливает свою структуру после снятия нагрузки.

Результаты модификации латексами разработанной БЭ на смесевом ПАВ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Свойства битумных композиций, полученных из битумных и битумно-полимерных эмульсий

Свойства	Вид эмульгатора и модификатора						
	ДФ:ФГ (3:2)	ДФ:ФГ (3:2) + Dispercoll 10%	ДФ:ФГ (3:2) + Luprene 10%	ДФ:ФГ (3:2) + СКС 10%	ДФ:ФГ (3:2) + ДВХБ-70 10%	ДФ:ФГ (3:2) + ДВХБ-Ш 10%	ГОСТ 33133
Температура размягчения, ºС	50	58	57	55	54	53	45
Пенетрация, 0,1 мм - при 25 ºС - при 0 ºС	105 28,6	57 27	59 26	65 30	90 48	103 39	101-130 30
Дуктильность, см	47	14	15	16	33	31	70
Эластичность, %	29,4	91	85	71	60	44	-

Введение в битумные эмульсии полимерных модификаторов существенно улучшает основные свойства битумных композиций, полученных из этих эмульсий. Наиболее эффективными показали себя винилиденхлоридные латексы, увеличивающие теплостойкость, твёрдость и эластичность вяжущих.

Построение концентрационных зависимостей свойств показало, что оптимальной концентрацией латексов в БЭ следует считать 6%, при которой свойства и самих эмульсий, и вяжущих, выделенных из них, не только отвечают требованиям ГОСТ, но и превышают их.

4. Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований получены следующие реузльтаты:

1. Методом ИК-спектроскопии изучены составы выбранных ПАВ. По наличию функциональных групп было выявлено, что Амдор 20Т является неионогенным, флотогудрон – анионактивным, Азол 1003В – амфолитным, а Азол 1002, Dinoram SL и Secabase 200 – катионактивными.
2. Концентрационные зависимости свойств носят экстремальный характер с максимумами при 0,3-0,4%. Экстремальные концентрации, вероятно, являются критическими концентрациями мицеллобразования.
3. Secabase 200 не оказывает положительного влияния на высокотемпературные свойства и термостабильность вяжущих, эффективнее других себя проявил Амдор-20Т.
4. Стабилизирующая эффективность ПАВ не превышает 20%.
5. Отход производства сахарной свеклы – дефекат – может выступать эффективным эмульгатором анионного типа при производстве битумных эмульсий.
6. Разработана реологически устойчивая битумная эмульсия на бинарном ПАВ.
7. При модификации эмульсий латексами повышается теплостойкость, твердость, эластичность битумно-латексных композиций.

Список литературы/References

1. Казаринов А.Е., Каменчуков А.В., Лопашук А.В., Лопашук В.В., Рудакова Я.М. Современные нежесткие дорожные одежды с расстоянием между температурными трещинами более 1000 метров // В сборнике: Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения. Межвузовский сборник научных трудов. Хабаровск. 2023. С. 35-42. [Kazarinov A.E., Kamenchukov A.V., Lopashuk A.V., Lopashuk V.V., Rudakova Ya.M. Modern non-rigid pavement with a distance between thermal cracks of more than 1000 meters // In the collection: Far East. Highways and traffic safety. Interuniversity collection of scientific papers. Khabarovsk. 2023. P. 35-42].
2. Ярцев В.П., Мамонтов С.А., Сучков К.О., Сучкова И.Г. Опыт модификации битумного вяжущего кожевенными отходами // Эксперт: теория и практика. 2023. № 1 (20). С. 163-166. [Yartsev V.P., Mamontov S.A., Suchkov K.O., Suchkova I.G. Experience in modifying bituminous binder with leather waste // Expert: theory and practice. 2023. No. 1 (20). P. 163-166].
3. Хафизов Э.Р., Минкин Б.М. Битум-полимерные вяжущие для дорожного строительства с применением продукции нефтехимического комплекса Республики Татарстан // В сборнике: Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 406-409. [Khafizov E.R., Minkin B.M. Bitumen-polymer binders for road construction using products of the Republic of Tatarstan petrochemical complex // In the collection: Innovative materials, technologies and equipment for the construction of modern transport facilities. Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov. 2013. P. 406-409].
4. Khamad R. Estimation of fuel resistance of asphalt concrete and polymer modified asphalt concrete // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. Т. 3. № 11 (75). С. 35-38. [Khamad R. Estimation of fuel resistance of asphalt concrete and polymer modified asphalt concrete // Eastern European Journal of Advanced Technologies. 2015. Vol. 3. No. 11 (75). P. 35-38].

5. Joohari I.B., Giustozzi F., Maniam S. Enhancing the storage stability of SBS-plastic waste modified bitumen using reactive elastomeric terpolymer // International Journal of Pavement Research and Technology. 2023. 16. – P. 304-318.
6. Соломенцев А.Б., Режист М., Жозеф Ш.М. Оценка технологических температур асфальтобетонных смесей для улично-дорожной сети с использованием различных пластификаторов полимерно-битумных вяжущих // Наукосфера. 2023. № 2-1. С. 196-205. [Solomentsev A.B., Regist M., Joseph Sh.M. Evaluation of technological temperatures of asphalt concrete mixtures for the road network using various plasticizers, polymer-bitumen binders // Science sphere. 2023. No. 2-1. P. 196-205].
7. Маммедова П.Б., Велиева М.Н., Агамалиева А.Дж. Приготовление наноэмульсии на основе нафталановой нефти современной технологией // Sciences of Europe. 2023. № 111 (111). С. 22-27. [Mammedova P.B., Velieva M.N., Agamalieva A.J. Preparation of nanoemulsions based on naftalan oil using modern technology // Sciences of Europe. 2023. No. 111 (111). P. 22-27].
8. Легкий Ф.В., Друзь Ю.И., Удоратина Е.В. Использование нанокристаллической целлюлозы как стабилизатора эмульсии нефть-вода для устранения загрязнения сырой нефтью. // Химия в интересах устойчивого развития. 2023. Т. 31. № 1. С. 40-48. [Legky F.V., Druz Yu.I., Udoratina E.V. Use of nanocrystalline cellulose as an oil-water emulsion stabilizer to eliminate crude oil contamination. // Chemistry for sustainable development. 2023. V. 31. No. 1. P. 40-48].
9. Тенников А.А., Горячев А.А., Емельянычева Е.А., Башкирцева Н.Ю. Исследование и подбор компонентов для водо-битумных эмульсий // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2023. № 1. С. 9-13. [Tennikov A.A., Goryachev A.A., Emelyanycheva E.A., Bashkirtseva N.Yu. Research and selection of components for water-bitumen emulsions // Oil refining and petrochemistry. Scientific and technical achievements and best practices. 2023. No. 1. P. 9-13].
10. Ядыкина В.В., Денисов В.П., Акимов А.Е. Старение битума, модифицированного полимерно-битумным концентратом // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 1 (757). С. 22-30. [Yadykina V.V., Denisov V.P., Akimov A.E. Aging of bitumen modified with polymer-bitumen concentrate // Proceedings of higher educational institutions. Construction. 2022. No. 1 (757). P. 22-30].
11. Николаева Л.А., Вдовин Е.А., Голубчиков М.А., Мавлиев Л.Ф. Способы утилизации отработанного сорбента нефтепродуктов на основе шлама химводоочистки казанской ТЭЦ-1 // Экология и промышленность России. 2014. № 7. С. 18-20. [Nikolaeva L.A., Vdovin E.A., Golubchikov M.A., Mavliev L.F. Ways of utilization of the used sorbent of oil products based on the sludge of the chemical water treatment of the Kazan CHPP-1 // Ecology and Industry of Russia. 2014. No. 7. P. 18-20].
12. Мурафа А.В., Сибгатуллина Л.Ш., Макаров Д.Б., Хозин В.Г. Новые анионактивные битумные эмульсии для дорожных, кровельных и гидроизоляционных покрытий//Строительные материалы.2005. №11. С. 22-25. [A.V. Murafa, L. S. Sibgatullina, D. B. Makarov, V. G. Khozin New anionic bitumen emulsions for road, roofing and waterproofing coatings // Construction Materials. 2005. P. 22-25].
13. Хозин В.Г., Макаров Д.Б., Мурафа А.В., Рахматуллина А.П., Ахмедьянова Р.А., Лиакумович А.Г., Гибадуллин Т.К., Мошков В.И. Битумная эмульсия / Патент на изобретение RU 2185878 C1, 27.07.2002. Заявка № 2001125205/04 от 13.09.2001. [Khozin V.G., Makarov D.B., Murafa A.V., Rakhmatullina A.P., Akhmedyanova R.A., Liakumovich A.G., Gibadullin T.K., Moshkov V.I. Bituminous emulsion / Patent for invention RU 2185878 C1, 27.07.2002. Application No. 2001125205/04 dated 09/13/2001].
14. RazaliM. N., EzatieMohd IsaS. N., MdSalehanN. A., MusaM., Abd AzizM. A., NourA. H., Yunus R. M. Formulation of Emulsified Modification Bitumen from Industrial Wastes //Indonesian Journal of Chemistry. 2020. Vol. 20 (1).P.96 – 104.DOI:10.22146/ijc.40888.
15. Гарипов А.Р., Макаров Д.Б., ХозинВ.Г., Степанов С.В. Тонкодисперсная битумная эмульсия для модификации цементного бетона дорожного назначения//Construction and Geotechnics. 2022. Т. 13. № 3. С. 85-97 [Garipov A.R., Makarov D.B., Khozin V.G., Stepanov S.V. Finely dispersed bitumen emulsion for the modification of cement concrete for road use//Construction and Geotechnics. 2022. Vol. 13. № 3. P. 85-97].

16. Nogueira, R. L., Soares, J. B., Soares, S. de A. Rheological evaluation of cotton seed oil fatty amides as a rejuvenating agent for RAP oxidized asphalts//Construction and Building Materials.2019. Vol.223. P. 1145–1153. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2019.06.

Информация об авторах

Дамир Алиевич Аюпов, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация.
Email: ayupov_damir@rambler.ru

Information about the authors

Damir A. Ayupov, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: ayupov_damir@rambler.ru

УДК: 691.545
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_27
EDN: LCQWVC

Свойства бетона на цеолитсодержащем вяжущем

Н.Н. Морозова[1], Е.Г. Гуляков[1]
[1] Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: Улучшение технических свойств цементов и бетонов на их основе, как из наиболее широко применяемых строительных материалов, обуславливает их постоянное совершенствование. Одним из способов повышения качества цементов является разбавление его другими материалами, что позволяет при этом управлять свойствами и структурообразованием бетонов, снижать их стоимость, повышать экологичность и долговечность. К таковым материалам относятся цеолитсодержащие минеральные вещества. В Республике Татарстан находится одно из крупнейших в России промышленно разрабатываемых месторождений природных цеолитсодержащих пород. Их сочетание с цементом расширяет сырьевую базу и снижает клинкерозависимость региона. Цель исследований – выявление и обоснование эффективного применения природных цеолитсодержащих пород в качестве активной минеральной добавки в цементных бетонах, замещающей часть цемента и положительно влияющей на долговечность и физико-механические свойства бетона. Задачи: - определить характеристики цеолитсодержащих пород; - оценить контракцию цеолитсодержащего вяжущего; - исследовать влияние цеолитсодержащих пород на сульфатостойкость бетона на основе цеолитсодержащего вяжущего; - оценить показатели прочности на сжатие и водопоглощения тяжелого бетона на цеолитсодержащем вяжущем, с твердением при тепловой обработке, с оптимальной дозировкой цеолитосодержащей породы совместно с химическими добавками и без них.
Результаты. В результате исследований была определена активность цеолитсодержащих пород двух месторождений. Оценена удельная поверхность размолотых цеолитсодержащих пород. Проведены испытания образцов цементного камня с добавлением цеолитсодержащих пород на сульфатостойкость, по результатам которых установлено, что образцы с цеолитсодержащей породой месторождения 1 имеют меньшие значения относительных деформаций, чем у контрольных и образцов с добавкой цеолитсодержащей породы месторождения 2. С целью выявления закономерности применения цеолитсодержащих пород в составе цементосодержащих материалов целесообразно оценить составы на контракционную усадку. В результате были разработаны составы бетонов на цеолитсодержащем цементном вяжущем, испытания которых показали, что применение цеолитсодержащей породы месторождения 1 является эффективным способом экономии основного компонента в бетоне – цемента.
Выводы. Ценность выявленных результатов заключается в обосновании применения цеолитсодержащих пород в качестве замены части цемента в составе бетона, что способствует эффективному использованию самого дорогостоящего компонента. При этом сохраняются физико-механические свойства материалов и повышается стойкость к сульфатной коррозии.

Ключевые слова: бетон, активная минеральная добавка, цеолит, цемент, пуццолановая активность, сульфатостойкость, контракция.

Для цитирования: Морозова Н.Н., Гуляков Е.Г. Свойства бетона на цеолитсодержащем вяжущем // Известия КГАСУ, 2023 № 2 (64), с. 27-39, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_27, EDN: LCQWVC

Properties of concrete based on zeolite-containing binder

N.N. Morozova[1], E.G. Gulyakov[1]
[1] Kazan State University of Architecture and Engineering
Kazan, Russian Federation

Abstract: The improvement of the technical properties of cements and concretes based on them, as the most widely used building materials, leads to their continuous improvement. One of the ways to improve the quality of cements is to dilute it with other materials, which at the same time allows controlling the properties and structure formation of concretes, reduce their cost, increase environmental friendliness and durability. These materials include zeolite-containing minerals. The Republic of Tatarstan has one of the largest industrially developed deposits of natural zeolite-containing rocks in Russia. Their combination with cement expands the raw material base and reduces the clinker dependence of the region. The purpose of the research is to identify and justify the effective use of natural zeolite-containing rocks as an active mineral additive in cement concrete, replacing part of the cement and positively affecting the durability and physical and mechanical properties of concrete.
Results. As a result of the research, the activity of zeolite-containing rocks deposit 1 and the deposit 2 was determined. The specific surface of ground zeolite-containing rocks has been estimated. Tests of cement stone samples with the addition of zeolite-containing rocks for sulfate resistance were carried out, according to the results of which it was found that samples with zeolite-containing rock of the deposit 1 have lower values of relative deformations than control and samples with the addition of zeolite-containing rock of the deposit 2. In order to identify patterns in the use of zeolite-containing rocks in the composition of cement-containing materials, it is advisable to evaluate the compositions for contraction shrinkage. As a result, concrete compositions based on a zeolite-containing cement binder were developed, the tests of which showed that the use of the zeolite-containing rock of the deposit 1 is an effective way to save the main component in concrete - cement.
Conclusions. The value of the revealed results lies in the justification for the use of zeolite-containing rocks as a replacement for part of the cement in the concrete composition, which contributes to the effective use of the most expensive component. At the same time, the physical and mechanical properties of the materials are preserved and the resistance to sulfate corrosion is increased.

Keywords: concrete, active mineral additive, zeolite, cement, pozzolanic activity, sulfate resistance, contraction.

For citation: Morozova N.N., Gulyakov E.G. Properties of concrete based on zeolite-containing binder//News KSUAE, 2023 № 2 (64).p. 27-39, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_27, EDN: LCQWVC

1. Введение

Улучшение свойств цементных материалов является актуальным направлением для многих исследователей. Известно множество способов повышения характеристик и увеличения долговечности материалов на основе цемента, и наиболее простые из них, применение модифицирующих добавок [1], например, активных минеральных.

Активные минеральные добавки (АМД) имеют широкое распространение и применение в производстве цементных вяжущих, сухих строительных смесей и цементных бетонах различной структуры [2-5]. Они позволяют регулировать свойства портландцемента и бетонов на их основе в процессе структурообразования и эксплуатации [6-8]. АМД способствуют улучшению технических свойств портландцемента, таких как водостойкость, сульфатостойкость, а также понижению экзотермии в процессе гидратации [9]. Степень влияния АМД на бетоны на основе минеральных вяжущих, в особенности традиционного портландцемента, различная, поскольку АМД по химическим свойствам могут быть кислые, щелочные и амфотерные,

а по пуццоланической активности, согласно ГОСТ Р 56592-2015, высокой, средней и низкой. Проведено немало исследований по изучению свойств цементов модифицированных АМД, выявлена существенная эффективность тех или иных добавок, однако, ряд минеральных добавок имеют полиминеральный состав [10,11], что требует дополнительного их изучения в составе портландцемента, тоже полиминерального материала. Цеолитсодержащие породы (ЦСП) также являются полиминеральными. В составе цементных систем ЦСП интенсивно вступает в реакцию с CaO [12]. Это обусловлено высокой адсорбционной активностью минералов, входящих в состав ЦСП [13-15]. Замена части цемента ЦСП в количестве до 30% повышает прочность образцов цементно-песчаного раствора [16].

Важными сведениями являются следующие процессы гидратации цементов: вначале образуются гидросиликаты и гидроалюминаты кальция с повышенным содержанием воды, которые с течением времени переходят в гидраты с пониженным числом молекул воды. Этот переход сопровождается значительным уменьшением абсолютных объемов твердых фаз при одновременном выделении воды в жидком состоянии. Несомненно, такое явление приводит к снижению напряжений расширения в твердеющей системе. В результате происходит контракция (стяжение) системы. Вяжущие с высокой контракцией придают цементному камню, а, следовательно, и бетону повышенную пористость и проницаемость для воды, газов и т. п. При образовании пор в системе возникает вакуум, под влиянием которого они заполняются водой или воздухом в зависимости от условий твердения цементного камня или бетона [17]. Микропористость цеолитсодержащих пород, являющихся сорбентами по природе, оказывает влияние на процессы контракции [12], возникающие при гидратации. В нашей работе следует детально изучить контракцию цементных систем с цеолитсодержащими породами.

Долговечность бетона снижается при действии на цементный камень агрессивной внешней среды. В результате взаимодействия составных частей цементного камня с кислотами и солями, находящимися в окружающей бетон среде, и обменных реакций образуются продукты в виде аморфной массы, которые растворяются и выносятся из тела бетона. Так начинаются коррозионные процессы.

Коррозия возникает также при действии на бетон сульфата натрия, который вступает во взаимодействие с гидроксидом кальция по реакции: $Na_2SO_4 + Ca(OH)_2 + 2H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O + 2NaOH$, при этом образующийся гипс повышает кристаллизационное давление в порах и капиллярах цементного камня.

Полагают, что основной причиной разрушения при сульфатной коррозии служат не только физические силы кристаллизации, а сколько осмотические, связанные с усадкой и набуханием в цементе алюминатов. В связи с этим сульфатостойкость можно повысить снижением осмотического давления поровой жидкости путем связывания максимально большого количества извести в период ранней гидратации. Растворы сульфата алюминия и аммония оказывают аналогичное действие [18].

Цель данного исследования – определить влияние цеолитсодержащих пород на контракцию цеолитсодержащих вяжущих и свойства бетонов на их основе.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- определить характеристики цеолитсодержащих пород (химический и минералогический составы, дисперсность);
- оценить контракцию цеолитсодержащего вяжущего;
- исследовать влияние цеолитсодержащих пород на сульфатостойкость бетона на основе цеолитсодержащего вяжущего;
- оценить показатели прочности на сжатие и водопоглощения тяжелого бетона на цеолитсодержащем вяжущем, с твердением при тепловой обработке, с оптимальной дозировкой ЦСП совместно с химическими добавками и без них.

2. Материалы и методы

Для исследования были использованы следующие материалы:

– портландцемент ПЦ 500-Д0 (ЦЕМ I 42,5Н АО «Мордовцемент»);

– цеолитсодержащие породы месторождения 1 (далее ЦСП-1) и месторождения 2 (далее ЦСП-2);

– суперпластификатор на основе поликарбоксилатных эфиров Sika ViscoCrete 5 New (водный раствор плотностью – 1,08 г/см^3);

– ускоритель твердения цемента – нитрит натрия (азотнокислый натрий);

– песок строительный ($М_{кр}$=2,2) и щебень фракции 5-10 мм (лещадность – 7,9%, марка по дробимости – 1400).

Главным материалом в настоящем исследовании была природная цеолитсодержащая порода месторождения 1. Производится ЦСП-1 по принятой нормативной документации (ТУ 2163-001-27860096-2016) различных фракций. В данном эксперименте применяли ЦСП-1 фракции 0-40 мкм. Породообразующий минерал - клиноптилолит. Химический и минеральный составы породы приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Для сравнения, но с бóльшим содержанием породообразующего минерала, выбрана природная цеолитсодержащая порода месторождения 2. Породообразующий минерал – тоже клиноптилолит. Химический и минеральный составы породы приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Химический состав цеолитсодержащих пород разных месторождений [19]

Наименование показателя	SiO_2	$A1_2O_3$	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	Прочее
ЦСП-1							
Значение показателя, %	54,48-62,39	4,64-7,99	1,44-2,19	12,25-19,29	0,06-0,15	0,96-1,34	16,80-22,37
ЦСП-2							
Значение показателя, %	65-71,3	11,5-13,1	0,7-1,9	2,7-5,2	0,2-1,3	2,2-3,4	3,8-17,7

Таблица 2

Минеральный состав цеолитсодержащих пород разных месторождений [19]

Наименование показателя	Цеолит (клиноптилолит)	Кварц	Кальцит	Монтмо-риллонит	Слюда	Глинист. материалы	Полевой шпат
ЦСП-1							
Значение показателя, %	14-28	13-19	18-28	16	5	24-26	1±0,5
ЦСП-2							
Значение показателя, %	Более 70	до 10	3	2-4	1-3	-	5-10

По минеральному составу ЦСП-1 имеет наименьшее содержание клиноптилолита и наибольшее количество кварца и кальцита, чем в ЦСП-2. Существенные отличия ЦСП-2 от ЦСП-1 по химическому составу. Наличие бóльшего количества CaO в составе ЦСП-1 является признаком возможной бóльшей активности данной породы в составе цементных композиций.

Распределение частиц по размерам исходных образцов исследуемых пород проводили на универсальном лазерном анализаторе распределения частиц Horiba LA-950. Для выявления наличия агрегатов измерения размера частиц проведена ультразвуковая обработка в течение 60 сек.

Пуццолановая активность цеолитсодержащих пород определялась по поглощению CaO из насыщенного раствора извести с pH=12-15. Добавки в количестве 1 г затворяли насыщенным раствором CaO в количестве 100 мл, тщательно перемешивали колбы и ставили на хранение. Через двое суток после смешивания из раствора с добавкой отбирали 50 мл раствора и титровали. В качестве титра использовали 0,05 Н раствор соляной кислоты. Затем один раз в сутки колбу со 100 мл раствора встряхивали, и

раствор через каждые двое суток отбирался для титрования. Отфильтрованная смесь насыщенного раствора в количестве 50 мл использовалась для титрования. После каждого титрования в колбу добавляли 50 мл нового насыщенного раствора извести. Таким образом, раствор титровали 15 раз в течение 30 суток. Общее количество CaO, поглощаемое 1 г минеральной добавки определяли путем суммирования всех замеров.

Оценка контракции производили по методике В. В. Некрасова в обыкновенном стеклянном сосуде с резиновой пробкой, через которую устанавливали узкой частью бюретки емкостью от 25 до 50 мл с ценой деления 0,1 мл. Стеклянный сосуд изнутри покрывали тонким слоем битума. Для контрольного состава навеска цемента в 350 г затворяется 175 г воды (В/Ц=0,5) и после тщательного перемешивания полученное тесто в количестве 450 г вводили в сосуд через воронку. Исследовали составы с 5, 10 и 15% замены цемента порошками цеолитсодержащих пород.

В работе анализируются составы тяжелого бетона, приведенные в табл. 3. Количество суперпластификатора Sika Viscocrete 5 New (для составов №2-6) и нитрита натрия (для составов №4 и №6) принималось в количестве 1% от массы цемента. Бетонная смесь – жесткая, марка Ж2 (11-13 с), запроектирован класс бетона В30. Условия твердения – тепловлажностная обработка, температура 40°С, общее время - 16 часов.

Таблица 3

Составы тяжелого бетона

№	Расход материалов, кг/м^3							В/Ц
	Цемент	Песок	Щебень	Вода	ЦСП	Sika Viscocrete 5 New	Нитрит натрия	
1	430	645	1208	170	-	-	-	0,39
2	387	625	1208	147	43	4,3	-	0,38
3	366	818	1220	151	65	3,66	-	0,41
4	366	818	1220	151	65	3,66	3,66	0,41
5	344	604	1208	162	86	3,44	-	0,47
6	344	604	1208	162	86	3,44	3,44	0,47

Образцы бетона испытывали на сульфатостойкость по ГОСТ Р 56687-2015 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Метод определения сульфатостойкости бетона». Метод заключается в испытании образцов бетона на исследованном цементе, в том числе с вводимыми дополнительно минеральными и химическими добавками, определении группы сульфатостойкости цемента и оценке сульфатостойкости бетона с учетом водопоглощения бетона. Оценку сульфатостойкости осуществляли измерением деформаций через 7, 14 и 28 сут после изготовления и подготовки образцов к испытаниям. Образцы размером 25×25×254 мм устанавливаются в устройство – металлическую скобу для измерения линейных деформаций с помощью индикатора часового типа ИЧ-10, с точностью 0,01 мм.

Для оценки прочности бетона на основе цеолитсодержащих вяжущих образцы с размерами 10х10х10 см испытывали на сжатие на испытательном прессе МС-500 согласно ГОСТ 10180-2019. Для определения водопоглощения в соответствии с ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения» применялись образцы 7,07х7,07х7,07 см.

3. Результаты

Результаты измерения среднего размера частиц порошков ЦСП-1 и ЦСП-2 приведены в табл. 4.

Таблица 4

Средний размер частиц ЦСП

Наименование порошка	Удельная поверхность, см^2/г	Средний размер частиц, мкм	
		без УЗ обработки	с УЗ обработкой - 60 сек.
ЦСП-1	10 050	16,3	3,6
ЦСП-2	16 539	26,14	24,9

Общее количество CaO, поглощаемое 1 г порошка цеолитсодержащей породы определяли путем суммирования всех замеров. Результаты приведены на рисунке 1.

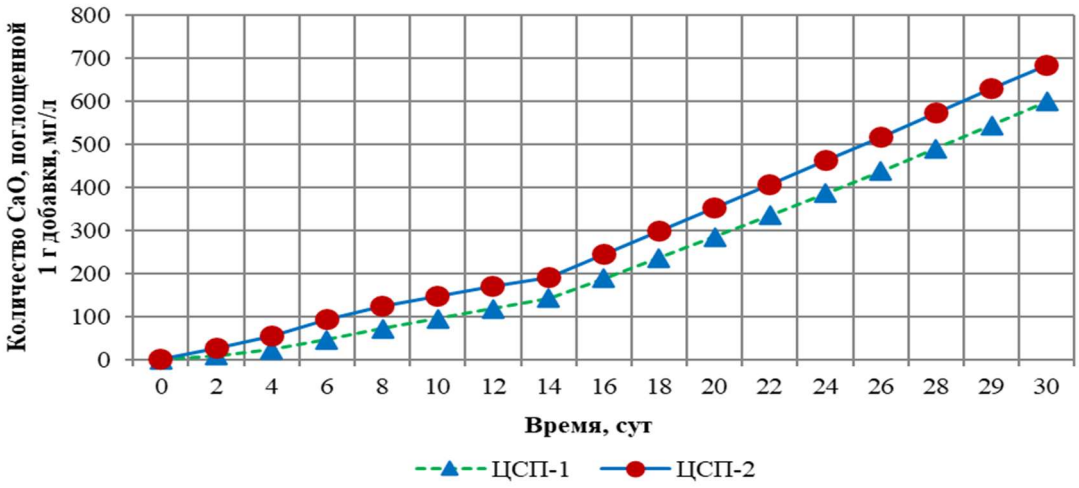


Рис. 1. Активность ЦСП по поглощению CaO из насыщенного раствора извести (иллюстрация авторов)
Fig. 1. The activity of ZCR in the absorption of CaO from a saturated solution of lime (illustration by the authors)

Результаты измерений деформаций образцов бетона, выдержанных в среде 5%-ного раствора сульфата натрия, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты испытания на сульфатостойкость бетона на основе цеолитсодержащего вяжущего

Количество ЦСП, %	Средние относительные деформации, %, через		
	7 сут	14 сут	28 сут
Контрольный			
0	0,078	0,078	0,085
ЦСП-1			
5	0,013	0,000	0,002
10	0,039	0,000	0,003
15	0,039	0,013	0,008
ЦСП-2			
5	0,039	0,026	0,048
10	0,085	0,013	0,027
15	0,000	0,039	0,052

В целях корреляции показателей сульфатостойкости и контракционной усадки составов с содержанием ЦСП было принято решение оценить величину изменения объема камня на основе цеолитсодержащего вяжущего в результате стяжения системы. Результаты измерений контракционной усадки приведены на рисунке 2.

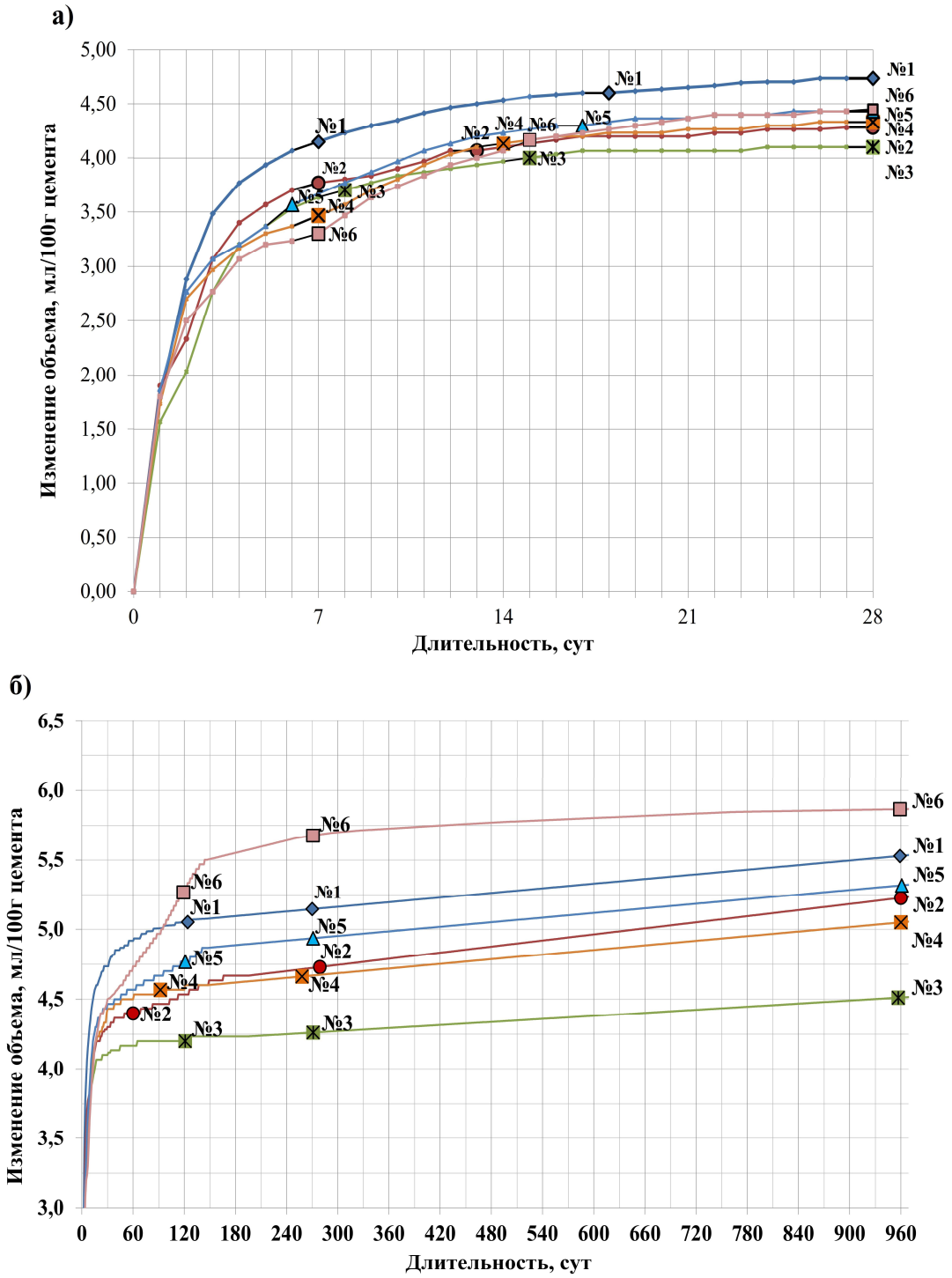


Рис. 2. Контракционная усадка цеолитсодержащего вяжущего за 28 сут (а) и за 960 сут (б) твердения в зависимости от количества ЦСП (составы: №1 – контрольный, №2 – с 5% ЦСП-1, №3 – с 15% ЦСП-1, №4 – с 5% ЦСП-2, №5 – с 10% ЦСП-2, №6 – с 15% ЦСП-2) (иллюстрация авторов)

Fig. 2. Contraction shrinkage of zeolite-containing binder for 28 days (a) and for 960 days (b) of hardening depending on the amount of ZCR (compositions: №1 - control, №2 - with 5% ZCR-1, №3 - with 15% ZCR-1, №4 - with 5% ZCR-2, №5 - with 10% ZCR-2, №6 - with 15% ZCR-2) (illustration by the authors)

Таблица 6

Относительные изменения объема составов при измерении контракционной усадки

Составы	Относительное изменение объема, мл/100г цемента	Отклонение от контрольного образца	
		мл/100г цемента	%
15% ЦСП-2	5,87	+0,34	+6,1
Контрольный	5,53	0	0
10% ЦСП-2	5,32	-0,21	-3,8
5% ЦСП-1	5,23	-0,3	-5,4
5% ЦСП-2	5,05	-0,48	-9,5
15% ЦСП-1	4,52	-1,01	-18,3

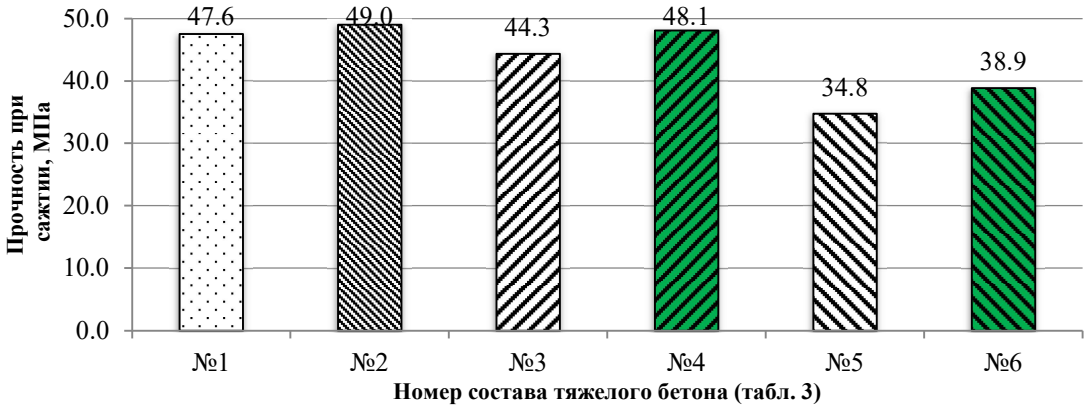


Рис. 3. Влияние различного содержания ЦСП-1 на прочность тяжелого бетона с суперпластификатором Sika ViscoCrete 5 New, марка по удобоукладываемости смеси - Ж2 (* - дополнительно с ускорителем твердения «нитрит натрия») (иллюстрация авторов)
Fig. 3. Influence of different content of ZCR-1 on the strength of heavy concrete with superplasticizer Sika ViscoCrete 5 New, grade for mix workability - thick "level 2" (* - additionally with hardening accelerator "sodium nitrite") (illustration by the authors)

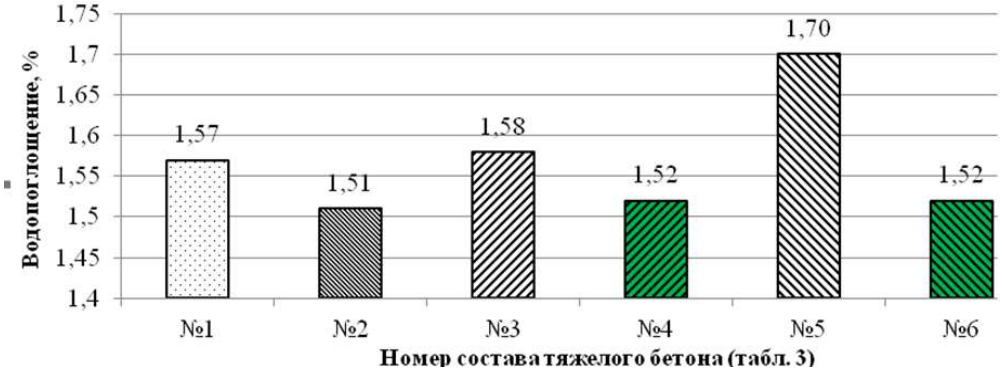


Рис. 4. Водопоглощение бетонов с различным содержанием ЦСП-1 и с суперпластификатором Sika ViscoCrete 5 New (* - дополнительно с ускорителем твердения «нитрит натрия») (иллюстрация авторов)
Fig. 4. Water absorption of concretes with different content of ZCR-1 and with superplasticizer Sika ViscoCrete 5 New (* - additionally with hardening accelerator "sodium nitrite") (illustration by the authors)

4. Обсуждение

Как видно из результатов измерений среднего размера частиц порошков (табл. 4), при ультразвуковой обработке агрегаты ЦСП-1 разбиваются на более мелкие частицы, уменьшение происходит в 4,5 раза (с 16,3 мкм до 3,6 мкм), тогда как частицы ЦСП-2 не поддаются диспергации ультразвуком.

Минеральные добавки с активностью по поглощению оксида кальция более 200 мг/л принято называть активными (АМД). По результатам (рисунок 1) ЦСП-1 и ЦСП-2

уже на 17 сутки имеют показатели поглощения CaO больше 200 мг/л, что предопределяет их как активные минеральные добавки и согласуются с результатами исследований [20]. Сравнение порошков ЦСП-2 с ЦСП-1 показало, что первый более активный, чем второй, и превышение составляет 12%.

Сульфатостойкость портландцемента с минеральными добавками регламентируется в ГОСТ 22266-2013. Так, содержание трехкальциевого алюмината C_3A должно быть не более 5%, оксида алюминия Al_2O_3 не более 5%, и оксида магния MgO - не более 5%.

Для испытания образцов бетона на основе цеолитсодержащих вяжущих на сульфатостойкость были подобраны составы с 5, 10 и 15% содержанием цеолитовых материалов ЦСП-1 и ЦСП-2. Результаты приведены в табл. 5. По результатам испытаний можно заключить, что все составы на 21 сут испытаний обладают сульфатостойкостью, но контрольный состав без ЦСП обладает наибольшим средним значением относительной деформации. Наименьшей интенсивностью изменений относительных деформаций на 28 сут обладают образцы с ЦСП-1: на 90,5% меньше значение средних относительных деформаций (у состава с 15% ЦСП-1) по сравнению с контрольным составом и на 84,6% меньше, чем состав с 15% ЦСП-2.

Сопротивление бетона проникновению агрессивных веществ, зависящее от плотности, имеет большое значение при эксплуатации разного вида бетона. Вода и агрессивные среды проникают в тело бетона через капиллярные и другие открытые поры (седиментационные, поры в контактной зоне цементного камня и заполнителя и др.), а также через микротрещины, вызванные усадочными деформациями [21,22].

Из рисунка 2 видно, что на седьмые сутки исследования контрольный состав имеет наибольшие показатели стяжения или контракции. Среди исследуемых составов смесь цемента и 15% ЦСП-2 имеет наименьшее снижение абсолютного объема, тогда как с 5% ЦСП-1 – наибольшие показатели среди цеолитсодержащих вяжущих.

Исследования цеолитсодержащего вяжущего в интервале от 7-ми до 28-ми суток (рисунок 2) показывают, что в составе на основе ЦСП-1 снижается интенсивность контракции, а с ЦСП-2 наоборот – сохраняется рост контракции и наблюдаются наибольшие изменения абсолютных объемов, кроме контрольного. В период после 30-и по 100-ые сутки темп изменений контракции сохраняется. Самое низкое значение контракции имеет цеолитсодержащее вяжущее с 15% ЦСП-1. Контрольный состав на всем протяжении исследования имеет наибольшее значение контракции, но после 100-ых суток твердения контракция в составе с 15% ЦСП-2 становится больше, чем у остальных составов. Величины относительного изменения объема цеолитсодержащих составов по сравнению с контрольным прописаны в табл. 6. По результатам испытаний можно заключить, что наименьшей интенсивностью изменений относительных деформаций обладают образцы с наличием в составе 15% ЦСП-1. По сравнению с контрольным составом наличие 15% ЦСП-1 позволяет снизить изменение относительных деформаций на 18,3%.

По результатам, которые приведены на рисунке 3, можно сделать следующий вывод, что наиболее эффективен по техническим показателям состав №4 с 15%-ым содержанием ЦСП-1 от массы цемента при наличии 1% от цемента – добавок Sika ViscoCrete 5 New и нитрита натрия. При этом достигнута 100% отпускная прочность для класса В30. В случае требования 90% отпускной прочности после ТВО, либо класса бетона В25 количество ЦСП-1 может быть увеличено до 20%. Основные образцы внешне имеют гладкую поверхность с четкими гранями, тогда как на поверхности контрольных образцов имеются поры, раковины и каверны.

Было исследовано водопоглощение образцов этих же составов. На водопоглощение бетона на основе цеолитсодержащего вяжущего существенное влияние должно оказывать наличие в составе бетонной смеси ЦСП-1 (фракция 0-0,4 мкм) и химических добавок Sika VC 5 New и нитрита натрия. Для испытания изготовили образцы тех же составов на основе цеолитсодержащих вяжущих, которые испытывали на прочность при сжатии. Результаты приведены на рисунке 4. В результате, минимальные значения в 1,5% характерно для составов с 10, 15 и 20% содержанием ЦСП-1, в двух последних – комплексная химическая добавка. Судя по рисунку 4 можно сделать вывод, что состав с

15% содержанием ЦСП-1 обладает оптимальными показателями водопоглощения и прочности среди других составов.

5. Заключение

1. По результатам измерения контракции материалов на основе цеолитсодержащих вяжущих наименьшей усадкой обладает состав с 15% ЦСП-1, затем с 5% ЦСП-2 и на третьей позиции состав с 5% ЦСП-1. Примененные цеолитсодержащие породы оказались эффективными в абсолютном изменении объема цементных систем по сравнению с контрольным составом.
2. Разработаны составы тяжелого бетона с использованием ЦСП-1 с 90% и 100% отпускной прочностью через 1 сутки при твердении в условиях гидротермальной обработки при температуре 40°С, характеризуются классами по прочности В25, В30.
3. Проведены испытания образцов бетона на основе цеолитсодержащего вяжущего на сульфатостойкость, по результатам которых ЦСП-1 имеет меньшие значения относительных деформаций по сравнению с контрольным составом и составами с добавкой ЦСП-2. Сульфатостойкость коррелируется с измерениями показателей контракционной усадки приведенных составов.
4. И так, цеолитсодержащая порода месторождения 1 по определенной в работе гидравлической активности относится к активным минеральным добавкам для бетонов, способствует повышению сульфатостойкости, уменьшению водопоглощения и клинкероемкости бетонов, а также сокращению контракционных усадок в цементных системах.

Список литературы / References

1. Рахимов, Р. З. Строительство и минеральные вяжущие прошлого, настоящего, будущего / Р. З. Рахимов, Н. Р. Рахимова // Строительные материалы. – 2013. – № 5. – С. 57-59. – EDN QBDWAR.
   [Rakhimov, R. Z. Construction and mineral binders of the past, present, future / R. Z. Rakhimov, N. R. Rakhimova // Building materials. - 2013. - № 5. - P. 57-59. – EDN QBDWAR]
2. Трофимов Б.Я., Шулдяков К.В. Регулирование сульфатостойкости цементов и бетонов добавками микрокремнезёма // в сборнике: Строительство и экология: теория, практика, инновации. Сборник докладов I Международной научно-практической конференции. 2015. С. 160-168.
   [Trofimov B.Ya., Shuldyakov K.V. Regulation of sulfate resistance of cements and concretes with microsilica additives // in the collection: Construction and ecology: theory, practice, innovations. Collection of reports of the I International Scientific and Practical Conference. 2015, P. 160-168.]
3. Коваль И.В., Калиновская Н.Н., Аль-Мусави К.С. Использование минеральных добавок в технологии монолитного бетона и производстве сборного железобетона // Технологии бетонов. 2020. № 11-12 (172-173). С. 25-31.
   [Koval I.V., Kalinovskaya N.N., Al-Musavi K.S. The use of mineral additives in the technology of monolithic concrete and the production of prefabricated reinforced concrete // Concrete technologies. 2020. № 11-12 (172-173). P. 25-31.]
4. Кузнецова Г.В., Морозова Н.Н. Добавка для автоклавного газобетона на быстрогасящейся извести // Строительные материалы. 2020. № 9. С. 4-8.
   [Kuznetsova G.V., Morozova N.N. Additive for autoclaved aerated concrete on quick-extinguishing lime // Construction materials. 2020. № 9. P. 4-8.]
5. Качко, М. С. Шлаки металлургического производства как активные минеральные добавки цементных систем / М. С. Качко, О. В. Хохряков, В. Г. Хозин // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов : Сборник материалов XVI Международной научно-технической конференции молодых учёных, посвященной 80-летию со дня рождения профессора В.И. Калашникова, Пенза, 20–22

октября 2021 года / Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2021. – С. 82-88. – EDN MEUCHN.
[Kachko, M. S. Slags of metallurgical production as active mineral additives for cement systems / M. S. Kachko, O. V. Khokhryakov, V. G. Khozin // Theory and practice of improving the efficiency of building materials: Proceedings of the XVI International Scientific and Technical conference of young scientists dedicated to the 80th anniversary of the birth of Professor V.I. Kalashnikova, Penza, October 20–22, 2021 / Penza State University of Architecture and Construction. - Penza: Penza State University of Architecture and Construction, 2021. - P. 82-88. – EDN MEUCHN.]

6. Мухаметрахимов Р.Х. Цементно-волокнистые композиции модифицированные флоккулирующими добавками // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 10 (73). С. 28-37.
[Mukhametrahimov R.Kh. Cement-fiber compositions modified with flocculating additives // Construction of unique buildings and structures. 2018. No. 10 (73). P. 28-37]
7. Коровкин М.О., Короткова А.А., Ерошкина Н.А. Эффективность комплексной минеральной добавки в мелкозернистом самоуплотняющемся бетоне // Региональная архитектура и строительство. 2021. № 3 (48). С. 114-122.
[Korovkin M.O., Korotkova A.A., Eroshkina N.A. Efficiency of a complex mineral additive in fine-grained self-compacting concrete // Regional architecture and construction. 2021. № 3 (48). P. 114-122.]
8. Зазнаева Е.П., Демиденко Е.И. Роль тонкодисперсных минеральных добавок в составе сухих строительных смесей // Техника и технологии строительства. 2018. № 3 (15). С. 8-12.
[Zaznaeva E.P., Demidenko E.I. The role of finely dispersed mineral additives in the composition of dry building mixtures // Construction Engineering and Technologies. 2018. № 3 (15). P. 8-12.]
9. Мохонько Я.Ю., Яковлева К.С., Маштакова К.В. Искусственные минеральные добавки для производства цементов// Научный альманах №10-3(12), 2015. С. 174-177.
[Mokhonko Ya.Yu., Yakovleva K.S., Mashtakova K.V. Artificial mineral additives for the production of cements // Scientific almanac № 10-3 (12), 2015. P. 174-177.]
10. Буров А.И., Тюрин А.Н., Якимов А.В., Ишкаев Т.Х., Изотов В.С. и др. Цеолитсодержащие породы Татарстана и их применение. – Казань: Изд-во «ФЭН» АН РТ, 2001. – 176 с.
[Burov A.I., Tyurin A.N., Yakimov A.V., Ishkaev T.Kh., Izotov V.S. et al. Zeolite-containing rocks of Tatarstan and their application. - Kazan: Publishing house "FEN" of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2001. - 176 p.]
11. Изотов В.С. Особенности формирования прочности бетона с повышенными дозировками золы и гипса. // Строительные материалы, 1998, № 2. – С. 16.
[Izotov V.S. Features of the formation of the strength of concrete with increased dosages of ash and gypsum. // Building materials, 1998, № 2. - P. 16.]
12. Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Исследование продуктов гидратации портландцемента, модифицированного комплексной добавкой / Неорганические материалы. - 2015. - № 2(51). - С. 228. [Izotov, V. S. Ibragimov R.A. Study of hydration products of portland cement modified with a complex additive / Inorganic materials. - 2015. - № 2(51). - P. 228.]
13. Изотов В.С., Морозова Н.Н. Смешанное вяжущее для бетонов, твердеющих при пропаривании. // Строительные материалы, 1998, № 12. – С. 19-20.
[Izotov V.S., Morozova N.N. Mixed binder for concrete hardening during steaming. // Building materials, 1998, № 12. - P. 19-20.]
14. Изотов В.С., Кириленко О.Б. Оптимизация состава смешанного вяжущего и особенности процессов его твердения. // Цемент и его применение, 2001, № 6. – С. 25-26.
[Izotov V.S., Kirilenko O.B. Optimization of the composition of the mixed binder and features of its hardening processes. // Cement and its application, 2001, № 6. - P. 25-26.]

15. Герасимов В.В., Кириленко О.Б., Изотов В.С. Бетоны на смешанном вяжущем для теплофикационного строительства. // Известия вузов. Строительство, 2004, № 1. – С. 24-27.
[Gerasimov V.V., Kirilenko O.B., Izotov V.S. Mixed binder concretes for heating construction. // News of universities. Construction, 2004, № 1. - P. 24-27.]
16. Ланкин, С. В. Использование цеолитсодержащих пород и серы в производстве бетона / С. В. Ланкин // . – 2012. – Т. 14. – С. 61-66. – EDN TQORJT.
[Lankin, S.V. The use of zeolite-containing rocks and sulfur in the production of concrete / S.V. Lankin // - 2012. - Vol. 14. - P. 61-66. – EDN TQORJT.]
17. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства). Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.
[Volzhensky A. V. Mineral binders: (technology and properties). Textbook for high schools. – 4th ed., revised and supplemented - M.: Stroyizdat, 1986. - 464 p.]
18. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов: Учебник для хим.-технол. спец. вузов. – М: Высш. шк., 1989. – 384с.
[Kuznetsova T.V., Kudryashov I.V., Timashev V.V. Physical chemistry of binders: Textbook for chemical-technol. specialist. universities. - M: Higher. school, 1989. - 384p.]
19. Кайс, Х. А. Природные цеолиты разных стран в цементных бетонах / Х. А. Кайс, Е. Г. Гуляков, Н. Н. Морозова // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2019. – № 11. – С. 235-239. – EDN LMPCTM.
[Kais, H. A. Natural zeolites from different countries in cement concrete / H. A. Kais, E. G. Gulyakov, N. N. Morozova // Resource and energy efficient technologies in the construction complex of the region. - 2019. - № 11. - P. 235-239. – EDN LMPCTM.]
20. Кайс Х. А. Сравнительные свойства цементного вяжущего с цеолитовыми и цеолитсодержащими породами разных месторождений / Х. А. Кайс, Е. Г. Гуляков, Н. Н. Морозова // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов : Материалы XIV Международной научно-технической конференции молодых ученых, посвященной памяти профессора В.И. Калашникова, Пенза, 23–25 октября 2019 года / Под общей редакцией М.О. Коровкина. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2019. – С. 49-53. – EDN SYNHPO.
[Kais, H. A. Comparative properties of a cement binder with zeolite and zeolite-containing rocks from different deposits / H. A. Kais, E. G. Gulyakov, N. N. Morozova // Theory and practice of improving the efficiency of building materials: Proceedings of the XIV International scientific and technical conference of young scientists dedicated to the memory of Professor V.I. Kalashnikov, Penza, October 23-25, 2019 / Under the general editorship of M.O. Korovkin. - Penza: Penza State University of Architecture and Construction, 2019. - P. 49-53. – EDN SYNHPO.]
21. Borovskikh I.V., Khozin V.G., Khokhryakov O.V., Makarenko S.V. Resistance Of Basalt Fiber To Alkaline Environment Of Hydrated Portland Cement// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Baikal Investment and Construction Forum "Spatial Restructuring of Territories"" 2021. С. 012115.
22. Изотов В.С., Морозова Н.Н. Коррозионная стойкость бетонов на смешанном вяжущем// Известия высших учебных заведений. Строительство. 1997. № 12. С. 50.
[Izotov V.S., Morozova N.N. Corrosion resistance of concretes based on a mixed binder// News of higher educational institutions. Construction. 1997. № 12. P. 50.]

Информация об авторах

Морозова Нина Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.
Email: ninamor@mail.ru
Гуляков Евгений Геннадьевич, аспирант, инженер, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.
Email: steepsam17@gmail.com

Information about the authors

Nina N. Morozova, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: ninamor@mail.ru

Evgeny G. Gulyakov, post-graduate student, engineer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: steepsam17@gmail.com

УДК: 691.666.43.532
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_40
EDN: CYJBBS

Рециклинг межсланцевой глины и шлака от выплавки ферротитана в производство клинкерного кирпича

В.З. Абдрахимов[1]
[1]Самарский государственный экономический университет
Самара. Российская Федерация

Аннотация. ***Постановка задачи***. С учетом истощения запасов и дефицита природного традиционного алюмосиликатного кондиционного сырья для изготовления высокообжиговых (более 1200ºС) керамических материалов, необходимо изыскать и исследовать отходы производств взамен традиционного сырья. Передовые западные страны показали такой опыт, параллельно используя его как инструментарий по защите окружающей среды от различных последствий негативного характера. ***Целью работы*** является получение клинкерного кирпича с повышенными физико-механическими показателями. ***Задачами исследования*** являются изучение возможности использования техногенного сырья, разработка составов для получения клинкерного кирпича, исследование влияние шлака от выплавки ферротитана на физико-механические показатели клинкерного кирпича на основе межсланцевой глины.
Результаты. В статье показано, что получить кирпич клинкерный только из межсланцевой глины без использования алюмосодержащего ($A1_2O_3$>70%) шлака от выплавки ферротитана недостижимо. Введение в межсланцевую глину шлака от выплавки ферротитана способствует получению клинкерного кирпича с высокими физико-механическими показателями.
Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли и для экологии состоит в том, что использование техногенного сырья (отходов производств) позволяет получить клинкерный кирпич без потребления природного традиционного сырьевого материала, расширяет сырьевую базу для создания керамических материалов строительного направления и способствует решению экологических вопросов за счет утилизации отходов.

Ключевые слова: межсланцевая глина, шлак от выплавки ферротитана, клинкерный кирпич, рециклинг, физико-механические показатели.

Для цитирования: Абдрахимов В.З. Рециклинг межсланцевой глины и шлака от выплавки ферротитана в производство клинкерного кирпича // Известия КГАСУ 2023 №. 2(64) с.40-49, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_40, EDN: CYJBBS

Recycling of inter-shale clay and slag from ferrotitanium smelting into clinker brick production

V.Z. Abdrakhimov[1]
[1]Samara State University of Economics
Samara. Russian Federation

Abstarct: ***Problem statement.*** Considering the depletion of reserves and the shortage of natural traditional aluminosilicate conditioned raw materials for the manufacture of high-burning (more than 1200ºC) ceramic materials, it is necessary to find and investigate production waste instead of traditional raw materials. Advanced Western countries have shown this experience, and they also used it as a tool to protect the environment from various negative consequences. The aim of the work is to obtain clinker bricks with improved physical and mechanical properties. The

objectives of the research are to study the possibility of using technogenic raw materials, the development of compositions for the production of clinker bricks, and to study the effect of slag from the smelting of ferrotitanium on the physical and mechanical properties of clinker bricks based on intershale clay. ***Results.*** The article shows that it is possible to obtain a clinker brick based on intershale clay without the use of aluminum-containing ($A1_2O_3$ >70%) slag from ferrotitanium smelting. The introduction of slag from ferrotitanium smelting into the compositions of ceramic masses contributes to the production of clinker bricks with high physical and mechanical properties. ***Conclusions.*** The significance of the results obtained for the construction industry and for the environment is that the use of man-made raw materials (industrial waste) makes it possible to obtain clinker bricks without the use of traditional natural raw materials, expands the raw material base for the production of building materials and promotes waste disposal.

Keywords: inter-shale clay, slag from ferrotitanium smelting, clinker brick, recycling, physical and mechanical parameters.

For citation: Abdrakhimov V.Z. Recycling of inter-shale clay and slag from ferrotitanium smelting into clinker brick production // News KSUAE 2023 № 2 (64), p.40-49, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_40, EDN: CYJBBS

1. Введение

Экологическая ситуация. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат), топливно-энергетический комплекс (ТЭК), к которому относится, изучаемая в настоящей работе – межсланцевая глина, занимает первое место по степени загрязнения окружающей среды, металлургическая промышленность, к которой относится шлак от выплавки ферротитана – второе место, а в самой металлургической отрасли доминирует цветная металлургия, за которой следует чёрная.

Таким образом, данные Росстата показали, что главными отходообразующими сегментами экономики стали в России ТЭК, доля которой составляет в районе 57% (2,8 млрд. т) техногенного сырья совместно с добычей, агломерацией и обогащением; цветная металлургия – 15% (740 млн. т) совместно с добычей, обогатительными фабриками, добычей ториевых и урановых руд, и переработкой различных цветных металлов; черная металлургия – 11% (535 млн. т) также и включая переработку и обогащение железных руд [1-3].

За последние несколько десятилетий огромные объемы техногенного сырья образовались в «хвостохранилищах», шламонакопителях, золошлакоотвалах различных тепловых электростанциях (ТЭС), полигонах и т.д., что в конечном итоге может привести к кризису [2-4]. Такая экологическая проблема XXI века скорее всего станет кризисом редуцентов, когда они уже будут не в состоянии разлагать значительно увеличивающиеся объемы отходов, особенно произведенное человечеством количество техногенного сырья, которое не имеет в природе аналогов по химическому составу [5]. Следует отметить, что и микроорганизмов для утилизации вновь образовавшегося техногенного сырья и расщепление их в исходные химические элементы также недостаточно [6, 7].

Применение крупнотоннажного техногенного сырья ТЭК и металлургии в производстве массовых керамических стеновых материалов будет способствовать утилизации техногенного сырья (производственные отходы), расширит сырьевую основу для керамических изделий и внесет большой вклад в экологию государства.

Теоретической основой для разработки основных направлений по использованию отходов производств и созданию безотходных технологий в настоящее время является комплексное материаловедение. Комплексное материаловедение − это когда связи, относящиеся к корреляционным, представлены в триаде, которая состоит из: а) структуры; б) вещественного состава; в) характеристик.

В настоящее время практически отсутствует финансирование на геологоразведочные изыскания сырьевых материалов для получения массовых керамических материалов, поэтому актуальными становятся вопросы по замене

традиционного природного сырья на техногенные отходы металлургии [8, 9]. Использование техногенного сырья для выпуска кирпича клинкерного предоставит возможность изъять работы геологоразведочные, строительные по благоустройству карьеров, их эксплуатации и содержанию. При этом необходимо отметить, что большая часть земельных территорий значительно очистится от влияния факторов негативного характера.

Для защиты окружающей среды в директиве ЕС 2008/98/ЕС указано, что в этом случае будет эффективна именно переработка техногенного сырья с целью их вторичного применения в новом каком-либо продукте необходимом для общества [10].

Клинкерный кирпич - это долговечное неестественное каменное фиксированной формы изделие, произведенное из подобранного керамического состава, состоящего из глинистого связующего и отощителя, обработнное при температурах от 1350 до 2500ºС. Имеет невысокую пористость, но повышенную плотность, эксплуатация его допускается практически в любых погодных условиях (от низкой до аномально высокой температуры). Термообработанное изделие не должно иметь поверхностного остекловывания и иметь водопоглощение в пределах 0,5-6% [11, 12].

Клинкерные материалы, термообработанные до водопоглощения менее 6%, квалифицируются как материалы каменные с черепком грубым, обладают отличительной особенностью от таких изделий, как кирпич обыкновенный, черепица и т.д., кроме низкого водопоглощения еще и высокой прочностью, и морозостойкостью [13-15].

Кирпич клинкерный можно использовать как стеновой облицовочный материал, так как фасад здания приобретает в этом случае более насыщенный и выразительный вид. С учетом повторяющихся попеременных устранений дефектов, реставраций, обновлений поверхности стены, а возможно и ее реконструкций – стоимость стены из кирпича клинкерного в 2-4 раза дешевле, чем из глиняного обыкновенного кирпича.

Высокие показатели клинкерному кирпичу придают плотная без разнообразных пустот, каверн, крупных включений и сама структура, которая относится к микрозернистой. Ряд работ [13-15] показывают, что именно плотная структура и фазовый состав придают клинкерному кирпичу высокие эксплуатационные показатели.

С учетом истощения запасов и дефицита природного традиционного алюмосиликатного кондиционного сырья для изготовления высокообжиговых (более 1200ºС) керамических материалов необходимо изыскать и исследовать взамен традиционного сырья отходы производств. Передовые западные страны такой опыт показали, причем еще и использовали его как инструментарий по защите окружающей среды от различных последствий негативного характера.

Целью работы является получение клинкерного кирпича с повышенными физико-механическими показателями.

Объектом исследований являются техногенные материалы: отход топливно-энергетического комплекса (горючие сланцы) – межсланцевая глина, отход металлургии - шлак от выплавки ферротитана и полученный клинкерный материал на основе отходов производств без применения традиционных природных материалов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучение возможности использования техногенного сырья
- разработка составов для получения клинкерного кирпича
- исследование влияние шлака от выплавки ферротитана на физико-механические показатели клинкерного кирпича на основе межсланцевой глины

2. Материалы и методы

В настоящей работе применялись для исследования сырьевых компонентов и полученных образцов современные методы тонкого химического анализа: для поэлементного анализа –микроскоп электронный растровый JSM 6390A японский фирмы Jeol; анализ петрографический с использованием прозрачных аншлифов и шлифов с применением микроскопа МИН-8 и МИН-7 и иммерсионных жидкостей. В соответствие с разработанной и утвержденной методикой СамГТУ «Методические указания по исследованию и определению химических составов порошковых и твердых тел с использованием рентгеновского энергодисперсионного спектрометра в составе

растрового электронного микроскопа» по определению различных свойств сырьевых материалов. Для определения технических показателей использовался ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камни керамические», в котором было указано, что водопоглощение должно быть не более 6%, кислотостойкость не менее 95%, а морозостойкость не ниже 75 циклов померенного замораживания и оттаивания.

Процессы структурообразования в клинкерных материалах, полученных на основе техногенного сырья без применения природных традиционных материалов заметно отличаются от подобных процессов, совершающихся при использовании традиционного природного сырья. Такие отличия вызваны наложением добавочных эффектов на изученные, поэтому чрезвычайно осложняют изучение новых материалов и требуют более подробного исследования отходов производств.

Для получения кирпича клинкерного в качестве глинистого компонента использовалась — межсланцевая глина, а в качестве отощителя - шлак от выплавки ферротитана. Химические составы: оксидный и поэлементный используемых отходов производств представлены в табл. 1 и 2, электронное фото на рис.1, фракционный (гранулометрический) состав в табл. 3, а минералогический состав на рис. 2.

Таблица 1

Усредненный оксидный химический состав сырьевых материалов

Компонент	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O	П.п.п.
Межсланцевая глина	45,4	13,87	5,6	11,3	2,3	3,5	18,03
Шлак от выплавки ферротитана	1,82	72,13	0,3	14,52	7,72	3,51	

Таблица 2

Поэлементный химический состав сырьевых материалов

Компонент	Содержание элементов, мас. %								
	C	O	Na	Mg	Al+Ti	Si	K	Ca	Fe
Межсланцевая глина	5,73	52,85	0,46	1,04	7,20	18,66	1,75	10,53	3,35
Шлак от выплавки ферротитана	–	35,08	2,35	5,68	36,48+6,3	1,28	0,89	11,78	0,23

а) **б)**

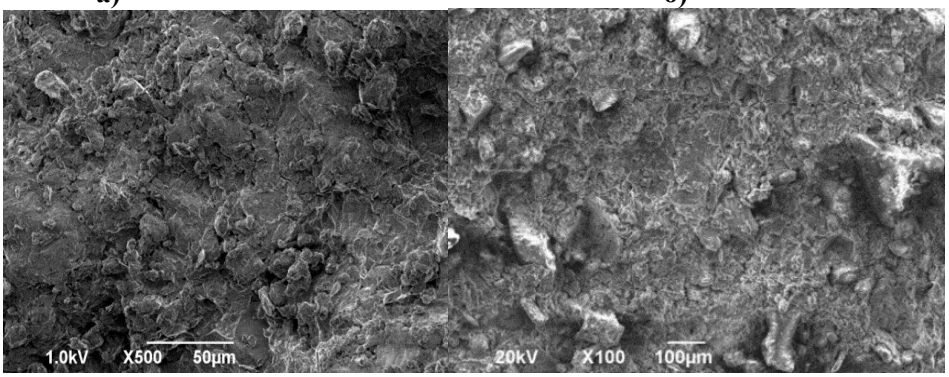


Рис. 1 – Микроструктура исследуемых сырьевых материалов:
а) межсланцевая глина; б) – шлак от выплавки ферротитана. Увеличение: а) х500; б) Х100 (иллюстрация авторов)

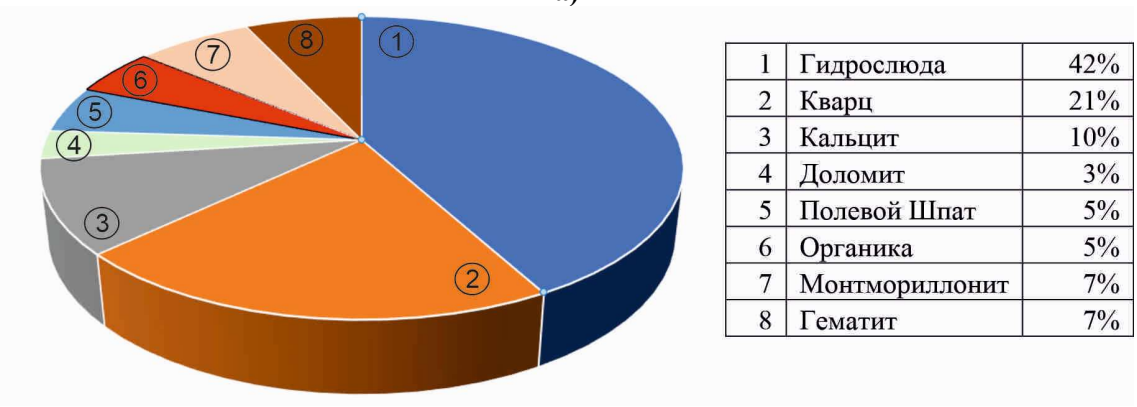
Figure 1 – Microstructure of the raw materials under study: a) shale clay; b) slag from ferrotitane smelting. Magnification: a) x500; b) X100 (illustration by the authors)

Таблица 3

Фракционный состав сырьевых материалов

Компонент	Содержание фракций в %, размер частиц в мм				
	>0,063	0,063-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
Межсланцевая глина	7	10	13	15	55
Шлак от выплавки ферротитана	10,83	25,43	25,52	12,.85	25,37

а)



б)

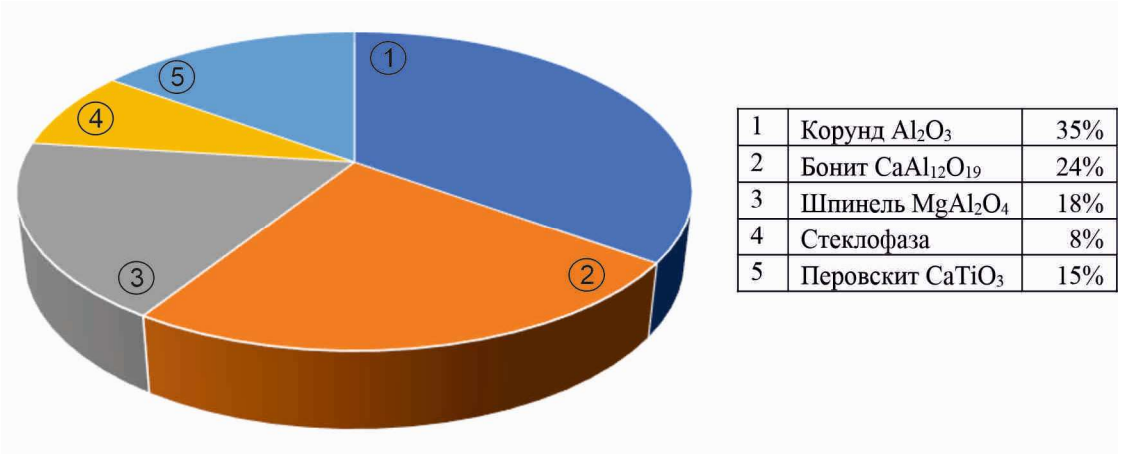


Рис. 2 – Минералогический состав отходов производств: а) –Межсланцевая глина; б) Шлак от выплавки ферротитана (иллюстрация авторов)

Figure 2 – Mineralogical composition of industrial waste: a) – GCI; b) Slag from ferrotitane smelting (illustration by the authors)

Межсланцевая глина. Исследуемый связующий компонент формируется при добывании в шахтах горючих сланцев (или при утилизации на сланцеперерабатывающих заводах межсланцевой глины), поэтому межсланцевая глина типизируется как техногенное сырье горючих сланцев. Межсланцевая глина классифицируется по числу пластичности как к среднепластичное глинистое сырье (число пластичности 18-24) с истинной плотностью 2,55-2,62 г/см^3. Химический усредненный оксидный состав исследуемого компонента (табл. 1) диагностировал незначительное количество оксида алюминия (Al_2O_3 <15%) и повышенное количество оксида железа (Fe_2O_3>5%) а представленный в табл. 3, гранулометрический (фракционный) состав показал, что исследуемое техногенное сырье относится к группе дисперсного глинистого сырья. Глинистые минералы в межсланцевой глине в основном представлены гидрослюдой (рис. 2) и частично монтмориллонитом, которые образуется в виде лепестков (рис. 1).

Шлак от выплавки ферротитана. Фундаментальным отличием шлака от выплавки ферротитана от практически всех аналогичных шлаков цветной и черной металлургии, химической промышленности и теплоэнергетики является то, что химическая основа изучаемого шлака – это глинозем, среднее содержание которого не менее 70 % масс, содержание MgO - более 7%, CaO – более 12%, а количество SiO_2 не превышает 2–3 % масс (табл. 1). Поэтому состав шлака от выплавки ферротитана может быть описан трехкомпонентной системой $MgO–CaO–Al_2O_3$ [16]. В легированных сталях ферротитан используют для раскисления. Использование в составах керамических масс шлака позволит значительно повысить термостойкость и кислотостойкость кислотоупоров за счет повышенного содержания в нем Al_2O_3 [5].

Получение клинкерного кирпича. Приготавливали керамическую массу (шихту) из составов, представленных в табл. 4, при влажности 22-24 % пластическим способом. Формовали кирпич размером 120Х120Х60 мм, которые высушивали до остаточной влажности 5%, полученный кирпич-сырец обжигали при температурах 1250ºС и 1300ºС.

Таблица 4

Составы экспериментальных масс

Компонент	Содержание компонентов, мас. %		
	1	2	3
1. Межсланцевая глина	100	60	50
2. Шлак от выплавки ферротитана	–	40	50
Характеристики керамической шихты и кирпиче-сырца			
Пластичность шихты	20	14	10
Усадка высушенного кирпича-сырца в течение 12 часов при 40ºС, %	5,8	4,8	4,0
Время сушки кирпича (до постоянной усадки) в интервале температур 100-120ºС, час	6,5	2,8	1,7

3. Результаты и обсуждение

В табл. 5 — представлены технические показатели клинкерного кирпича, обожжённого при температурах 1250ºС и 1300ºС.

Таблица 5

Физико-механические показатели клинкерного кирпича

Показатели	Составы		
	1	2	3
Температура обжига. 1250º С			
1. Водопоглощение, %	6,5	5,2	4,8
2. Кислотостойкость, %	91,4	96,87	97,7
3. Предел прочности при сжатии, МПа	34,2	60,1	59,8
4. Предел прочности при статическом изгибе, МПа	26,2	28,3	25,8
5. Морозостойкость, циклы	18	79	78
6. Термическая стойкость, теплосмены	1	6	8
Температура обжига. 1300ºС			
1. Водопоглощение, %	5,4	3,5	3,8
2. Кислотостойкость, %	93,4	97,4	97,7
3. Предел прочности при сжатии, МПа	41,5	65,3	65,1
4. Предел прочности при статическом изгибе, МПа	27,7	37,8	36,7
5. Морозостойкость, циклы	23	86	83
6. Термическая стойкость, теплосмены	2	8	9

Как видно из табл. 5 образцы из состава №1 не соответствуют требованию ГОСТа по кислотостойкости и морозостойкости, обработке при температурах 1250-1300ºС, а по водопоглощению соответствуют только при температуре обжига 1300ºС. Таким образом

межсланцевая глина не пригодна для производства клинкерного кирпича как самостоятельное сырье, так как имеет повышенное содержание оксида железа (Fe_2O_3>5%, табл. 1). В работах [17-19] было показано, что повышенное содержание оксида железа (Fe_2O_3>5%) снижает кислотостойкость и термостойкость.

Введение в составы керамических масс шлака от выплавки ферротитана повышает кислотостойкость, термостойкость, морозостойкость и прочность, так как содержит повышенное количества оксида алюминия ($A1_2O_3$>70%, табл. 1) [17-19].

Повышение температуры обжига до 1300ºС значительно повышает все физико-механические показатели, причем увеличение содержания в состав керамических масс содержания шлака от выплавки ферротитана более 40% не улучшает технические показатели клинкерного кирпича. Таким образом, оптимальным составом будет состав №2 (табл. 5)

Под оптимальным содержанием шлак от выплавки ферротитана в настоящей работе принимается такое его количество, при котором число пластичности керамической массы (шихты) снижается с 20 до 10 (табл. 4), так как при меньшем числе пластичности шихты на изделиях при формовании появляются трещины.

Электронно-микроскопические фото исследуемых составов №1 и №2: представлены на рис. 3, состав №1 без применения шлака от выплавки ферротитана взят для сравнения, а состав №2 – это оптимальный состав, содержащий 40% шлака от выплавки ферротитана.

а) **б)**

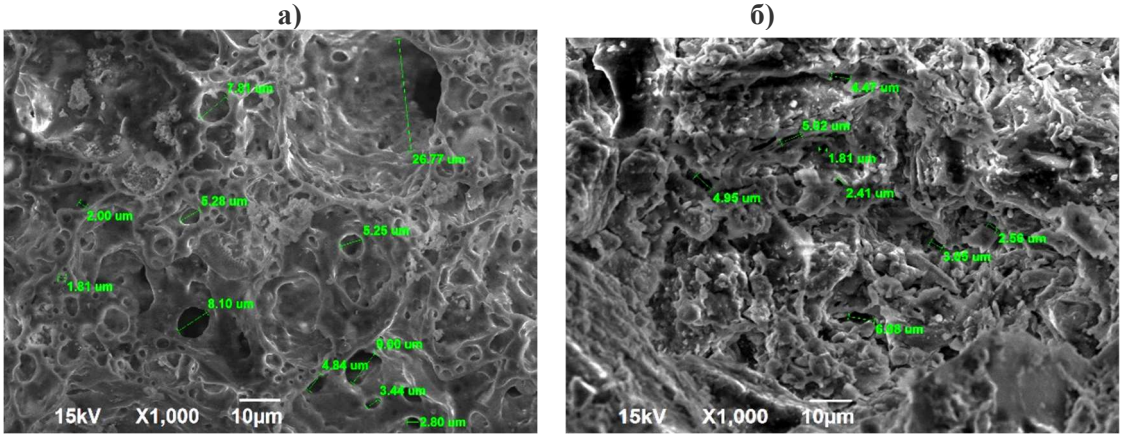


Рис. 3 – Микроструктура исследуемых образцов различных составов:
а) – состав №1; б) – состав №2. Увеличение: а) и б) X1000 (иллюстрация авторов)
Figure 3 – Microstructure of the studied raw materials: a) interstitial clay; b) slag from ferrotitane smelting. Magnification: a) x500; b) X100 (illustration by the authors)

Неоднородность керамического материала, следовательно, наличие пор, не способствуют повышению прочности и морозостойкости клинкерного кирпича. В работах [20-23] проведенные исследования показали, что в керамических стеновых материалах в основном интенсивнее всего встречаются три категории пор: щелеобразные, равномерные (изометрические) и поры овальной формы, что подтверждается и представленными исследованиями (рис. 3 а и б). Изометрические поры встречаются в виде «каналов».

Наличие пор, а, следовательно, неоднородности материала, неблагоприятно сказываются на свойства керамических изделий, причем вредное влияние на механическую прочность вытянутых (щелевидных) пор оценивается приблизительно в 5 раз больше, чем округлых [20]. Кроме того, присутствие щелеобразных пор демонстрирует, что процессы спекания не завершились. Представленные исследования показывают, что в образцах оптимального состава (рис. 3, б) поры представлены в основном овальной (округлой) формы, а в образцах состава №1 больше щелевидных (рис. 3, а). Причем в образцах состава №1 присутствуют более крупные поры размером: 7,87; 8,10; 9,00; 26,77 um, а в образцах оптимального состава поры не превышают размера 6,08 um (рис. 3, б).

4. Заключение

1. Установлено, что выпуск клинкерного кирпича без алюмосодержащего отощителя только используя межсланцевую глину недостижимо, так как полученное изделие не будет соответствовать требованиям ГОСТа даже при термообработке 1250-1300ºС.

2. Выявлено, что фундаментальным отличием шлака от выплавки ферротитана от аналогичных шлаков является то, что химическая основа изучаемого шлака – это глинозем, среднее содержание которого не менее 70 % масс, содержание MgO - более 7%, CaO – более 12%, а количество SiO_2 не превышает 2–3 % масс. Поэтому состав шлака от выплавки ферротитана вероятно поддается описанию формулой трехкомпонентной системой $MgO–CaO–Al_2O$.

3. Исследования показали, что введение в межсланцевую глину алюмосодержащего шлака повышает кислотостойкость, термостойкость, морозостойкость и прочность, так как шлак содержит повышенное количества оксида алюминия ($A1_2O_3$>70%).

Список литературы / References

1. Волынкина Е.П. Анализ состояния и проблем переработки техногенных отходов в России // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2017. №2. С. 43-49. [Volynkina E.P. Analysis of the state and problems of processing technogenic waste in Russia // Bulletin of the Siberian State Industrial University. 2017. No.2. P. 43-49]

2. Романов П.С., Романова И.П. Рециклинг отходов металлургической промышленности как способ сбережения природных ресурсов и снижения экологической напряженности / Синергия. 2016. №2. С. 94-99. [Romanov P.S., Romanova I.P. Recycling of metallurgical industry waste as a way to save natural resources and reduce environmental tensions // Synergy. 2016. No. 2. P. 94-99]

3. 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 waste from the metallurgical industry in the construction industry as a way to save natural resources and reduce environmental stress // The territory of science. 2016. No.2. P. 53-57]

4. Бутин В.М., Мыска С.Ю. Направления развития системы переработки расходов промышленно производственных подсистем АРК // Территория науки. 2015. №6. С. 91-97. [Butin V.M., Myska S.Yu. Directions of development of the system of processing expenses of industrial production subsystems of the ARC // Territory of Science. 2015. No. 6. P. 91-97]

5. Абдрахимова Е.С. Рециклинг шлака от выплавки ферротитана в производство сейсмостойкого кирпича на основе бейделлитовой глины // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. №7. С. 32-36. DOI: 10.18412/1816-0395-2021-7-32-36. [Abdrakhimova E.S. Recycling of slag from ferrotitanium smelting into the production of earthquake-resistant bricks based on beidellite clay // Ecology and industry of Russia. 2021. Vol. 25. No. 7. P. 32-36. DOI: 10.18412/1816-0395-2021-7-32-36]

6. Кальнер В.Д. Экологически ориентированная среда обитания -интегральный критерий качества жизни// Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. №11. С. 50-54. [Kalner V.D. Ecologically oriented habitat - an integral criterion of quality of life// Ecology and industry of Russia. 2019. Vol. 23. No. 11. P. 50-54]

7. Кряжев А.М. Гусев Т.В., Тихонова И.О., Очеретенко Д.П., Алмгрен Р. Целлюлозно-бумажное производство: устойчивое развитие и формирование экономики замкнутого цикла. Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. №11. С. 48-53. [Kryazhev A.M. Gusev T.V., Tikhonova I.O., Ocheretenko D.P., Almgren R. Pulp and paper production: sustainable development and the formation of a closed-cycle economy. Ecology and industry of Russia. 2020. Vol. 24. No. 11. P. 48-53]

8. Дадыкин В.С., Дадыкина О.В. Методика расчета необходимого прироста запасов в управлении воспроизводством минерально-сырьевой базы. // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2019. №3. С. 54-57.

[Dadykin V.S., Dadykina O.V. Methodology for calculating the necessary increase in reserves in the management of reproduction of the mineral resource base. // Bulletin of Samara State University of Economics. 2019. No.3. P. 54-57]

9. Абдрахимова В.З., Абдрахимова Е.С. Пористый заполнитель на основе аспирационной пыли от феррохрома и жидкостекольной композиции // Экология промышленного производства. 2023. №1. С. 3-6. DOI: 10.52190/2073-2589_2023_1_. 2. [Abdrakhimova V.Z., Abdrakhimova E.S. Porous filler based on aspiration dust from ferrochrome and liquid glass composition // Ecology of industrial production. 2023. No.1. P. 3-6. DOI: 10.52190/2073-2589_2023_1_2]

10. Дубовик О.Л. Реформа Европейского Законодательства об отходах // Российское право: образование, практика, наука. 2010. №5-6. С. 80-84. [Dubovik O.L. Reform of the European Legislation on waste // Russian law: education, practice, science. 2010. №5-6. P. 80-84]

11. Котляр В.Д., Терехина Ю.В., Котляр А.В. Особенности свойств, применение и требования к клинкерному кирпичу // Строительные материалы. 2015. №4. С. 72-74. [Kotlyar V.D., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V. Features of properties, application and requirements for clinker brick // Building materials. 2015. No. 4. P. 72-74]

12. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Получение клинкерных керамических изделий из отходов производства цветной металлургии и алюмосодержащего техногенного сырья // Перспективные материалы. 2018. №3. С. 49-56. [Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. Production of clinker ceramic products from non-ferrous metallurgy production waste and aluminum-containing technogenic raw materials // Perspective Materials. 2018. No. 3. P. 49-56.]

13. Кайракбаев А.К., Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Влияние высокоглиноземистых нанотехногенных отходов нефтехимии на термостойкость клинкерного кирпича // Стекло и керамика, 2015. №9. С. 32-38. [Kairakbayev A.K., Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z. The influence of high-alumina nanotechnogenic waste of petrochemistry on the heat resistance of clinker bricks // Glass and ceramics, 2015. No. 9. P. 32-38]

14. Куликов В.А., Абдрахимов В.З., Ковков И.В. Использование необогащенного каолина и алюминийсодержащего техногенного сырья в производстве клинкерных керамических материалов // Башкирский химический журнал. 2010. Том 17. №4. С. 54.-56. [Kulikov V.A., Abdrakhimov V.Z., Kovkov I.V. The use of non-enriched kaolin and aluminum-containing technogenic raw materials in the production of clinker ceramic materials // Bashkir Chemical Journal. 2010. Volume 17. No. 4. P. 54.-56]

15. Ковков И.В., Куликов В.А., Абдрахимов В.З. Клинкерный кирпич на основе необогащенного каолина и шлама щелочного травления // Стекло и керамика. 2011. № 1. С. 21-23. [Kovkov I.V., Kulikov V.A., Abdrakhimov V.Z. Clinker brick based on non-enriched kaolin and alkaline etching sludge // Glass and ceramics. 2011. No. 1. P. 21-23]

16. Рытвин В. М., Перепелицын В.А., Понамаренко А.А., Гильванг С.И. Феррохромовые алюминотермические шлаки – техногенное сырье многофункционального применения. Часть 1. Вещественный состав и свойства феррохромовых шлаков. // Новые огнеупоры. 2017.- №10. С. 8-14. [Rytvin V. M., Perepelitsyn V.A., Ponamarenko A.A., Gilvang S.I. Ferrochrome aluminothermal slags are technogenic raw materials for multifunctional use. Part 1. The material composition and properties of ferrochrome slags. // New refractories. 2017.- No.10. P. 8-14]

17. Рыщенко А.С., Рыщенко Т.Д., Питак Я.Н. Муллитокорундовые огнеупоры на основе синтезированного высокоглиноземистого шамота. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2011. №6. С. 64-68. [Ryshchenko A.S., Ryshchenko T.D., Pitak Ya.N. Mullite-corundum refractories based on synthesized high-alumina chamotte. // Eastern European Journal of Advanced Technologies. 2011. No.6. P. 64-68]

18. Астапова Е.С., Ванина Е.А., Голубева И.А. Влияние изотермического отжига на механические свойства и микроструктуру высокоглиноземистой керамики // Физика и химия обработки материалов. 2007. №3. С 28-32. [Astapova E.S., Vanina E.A., Golubeva I.A. Influence of isothermal annealing on mechanical properties and microstructure of high-alumina ceramics // Physics and Chemistry of Materials Processing. 2007. No. 3. P. 28-32]

19. Тюлькин Д. С., Плетнев П.М. Характеристики отечественного сырья для производства термостойких высокотемпературных корундомуллитовых огнеупоров // Сборник научных трудов Международной конференции «СТРОЙСИБ 2016»: Ресурсы и ресурсосберегающие технологии в материаловедении. – Новосибирск, 2016 – С. 204–209. [Tyulkin D. S., Pletnev P.M. Characteristics of domestic raw materials for the production of heat-resistant high-temperature corundomullite refractories // Collection of scientific papers of the International conference "STROYSIB 2016": Resources and resource-saving technologies in materials science. – Novosibirsk, 2016 P. 204-209]

20. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. М.: Стройиздат. 1977. 272 с. [Pavlov V.F. Physical and chemical bases of firing of building ceramics products. M.: Stroyizdat. 1977. 272 p.]

21. Bulanov P.E., Vdovin E.A., Mavliev L.F., Kuznetsov D.A. Development of road soil cement compositions modified with complex additive based on polycarboxylic ether // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 327 (2018) 032014 doi:10.1088/1757-899X/327/3/032014

22. Богданов А.Н., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г Модификация керамических масс пластифицирующими добавками. В сборнике: Наукоемкие технологии и инновации. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 46-49. [Bogdanov A.N., Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G. Modification of ceramic masses with plasticizing additives. In the collection: High-tech technologies and innovations. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2014. P. 46-49.]

23. Богданов А.Н., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г Модификация кирпичных суглинков углеродными нанотрубками для выпуска стеновой керамики // Строительные материалы. 2017. № 9. С. 14-17. [Bogdanov A.N., Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G. Modification of brick loams with carbon nanotubes for the production of wall ceramics//Construction materials. 2017. № 9. P. 14-17]

Информация об авторах

Абдрахимов Владимир Закирович, докт.техн. наук, профессор, Самарский государственный экономический университет, г. Самара, Российская Федерация
Email: 3375892@mail.ru

Information about the authors

Abdrakhimov Vladimir Zakirovich, doctor of technical sciences, professor, Samara State University of Economics, Samara, Russian Federation
Email: 3375892@mail.ru

УДК: 697.133, 692.22
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_50
EDN: CTNNZV

Климатические данные для расчета нестационарных теплопотерь через ограждающие конструкции в грунте

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

Аннотация. *Постановка задачи*. Климатическая модель - важный фактор при оценке теплопотерь через ограждающие конструкции. В зависимости от целей расчета, требуемой частоты данных, временного периода существующей нормативной литературы может быть недостаточно. Кроме того, целый ряд задач предполагает использование реальных климатических данных за выбранный промежуток времени, что также не позволяет применять нормативные источники, где приведены средние значения за многолетний период. В статье описан подход к выбору климатических данных, проведен анализ актуальных источников с архивными данными о погоде.
Цель данной работы заключается в подготовке данных о температуре воздуха для расчета нестационарной теплопередачи через ограждающие конструкции в грунте. Для достижения поставленной цели были решены следующие *задачи*: поиск достоверных источников архивных климатических данных, обработка и анализ полученных климатических данных на примере среднесуточных температур наружного воздуха.
Актуальность. Полученные результаты могут быть применены для проведения численных экспериментов, а также применения в инженерной методике определения теплопотерь ограждающих конструкций.
Результаты. В статье представлены результаты обработки данных из архивов погоды за 10 лет для г. Казань.
Выводы. Значимость полученных результатов состоит в том, что использование данных в ходе численных исследований позволит повысить точность и достоверность результатов.

Ключевые слова: температура, климатические данные, теплопотери, ограждающая конструкция.

Для цитирования: Крайнов Д.В., Масленников И.А. Климатические данные для расчета нестационарных теплопотерь через ограждающие конструкции в грунте // Известия КГАСУ. 2023 № 2 (64), с 50-59, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_50, EDN: CTNNZV

Climatic data for calculating non-stationary heat losses through building envelopes 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 climate model is an important factor in assessing heat loss through building envelopes. Depending on the purpose of the calculation, as well as the period of observation, the choice of climate data may be different. In this regard, the existing normative literature may not be enough. The article describes an approach to the selection of climate data. The analysis of current sources with archival weather data was carried out.
The purpose of this work is to prepare climatic data for calculating heat transfer through building envelopes in non-stationary mode. To achieve this goal, the following tasks were

solved: search for reliable sources of archival climate data, processing and analysis of the obtained climatic data on the example of average daily outdoor temperatures.
Relevance. The results obtained can be used for numerical experiments, as well as application in engineering methods for determining the heat loss of enclosing structures.
Results. The article presents the results of processing data from weather archives for 10 years for Kazan.
Conclusions. The significance of the obtained results is that their use in the course of numerical studies will improve the accuracy and reliability of the results.

Keywords: temperature, climate data, heat loss, building envelope.

For citation: Kraynov D.V., Maslennikov I.A. Climatic data for calculating non-stationary heat losses through building envelopes in the ground // News of KSUAE 2023 №2 (64), p.50-59, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_50, EDN: CTNNZV

1. Введение

Задача поиска оптимальных климатических данных рассматривалась в трудах многих исследователей. Сформированы подходы, среди которых можно выделить вероятностно-статистический [1, 2], модель типового года [3]. Преимущество первого подхода, заключается в отсутствии необходимости поиска и отбора большого количества статических данных. Это важно, так как, доступность и достоверность климатических данных для городов России одна из сложностей, с которой приходится сталкиваться при создании климатической модели. Для ее решения был проведен анализ отечественных и зарубежных источников, сравнения данных из различных ресурсов.

Для формирования требований к климатическим данным необходимо было разобраться в специфике задачи, к которой они будут применяться. При рассмотрении нестационарного режима строительных конструкций с низкой тепловой инерцией, важным является изменение температуры в течении суток. С ростом тепловой инерции влияние предыдущих периодов на теплопотери становиться значимым. Так, при рассмотрении заглубленной в грунт стены максимум теплопотерь может приходиться на теплое время года.

В задаче, к которой требуется найти климатические данные, исследуется нестационарный режим теплопередачи заглубленной в грунт конструкции. Так как для формирования достоверного поля температур при нестационарном режиме требуется продолжительное время [4], обусловленное инерцией грунта, необходимо найти климатические данные за продолжительный период. Это объясняется особенностями подобных задач. При выполнении расчета, для получения установившегося режима теплопередачи необходимо задаваться определенными начальными условиями. Граничные условия задаются в виде изменения температуры в течении года. «Холодная волна» может доходить до внутренней поверхности стены в грунте с опозданием в несколько месяцев. При выполнении моделирования тестовых задач было определено, что влияние начальных условий нивелируется на 7-10 год расчета зависимости от глубины расположения стены в грунте. В связи с этим искомый массив климатических данных был ограничен периодом в 10 лет. При заданных условиях допустимо, чтобы данные на начальном периоде имели невысокую частоту измерений, так как их влияние на итоговый результат ограничено. В то же время, более детализированные данные для последних 3-х лет повысят точность при умеренно возросших требованиях к вычислительным ресурсам. Для задания граничных условий расчетной модели используется температура наружного воздуха. Также на температурный режим грунта оказывает влияние солнечная радиация и теплотехнические характеристики самого грунта (плотность, теплопроводность, теплоемкость, влажность). Учет солнечной радиации осложняется тем, что влияние этой поправки в значительной степени зависит от ориентации по сторонам (солнечной или теневой) [5, 6].

Широкий круг исследователей отмечают тенденцию к изменению климата [7, 8, 9], что ставит под сомнения использование средних многолетних значений для расчетов

тепловой защиты зданий. Применение их для расчетов с последующим натурным подтверждением невозможно, вследствие погодных аномалий [10, 11], которые периодически случаются и влияют на итоговые результаты. Отметим, что ведутся работы над составлением прогноза климатических изменений [12], исследуется вопрос правильного выбора и обработки накопленных данных. Это особенно важно, в случае, когда данные неполные или их недостаточно.

Решение этой проблемы имеет несколько подходов. При обработке данных можно использовать методы статистики [13], заменяя отсутствующие данные интерполяцией, при наличии нескольких источников данных, например близко расположенных метеостанций, заменить показания. Некоторые авторы [14, 15] предлагают при обнаружении нестационарности по одному из специализированных климатических показателей привлекать для рассмотрения другой (близкий к рассматриваемому) климатический показатель, характеризующий стационарный процесс.

Особо стоит отметить использования типового климатического года, для теплофизических расчетов. Подходы к его получению развиваются [16, 17], методика получила широкое применение за рубежом и нормативно подкреплена [18], а автоматизация нахождения типового года [19] позволит применять его в инженерной методике. Кроме того, развиваются методы, использующие нестационарные исследования для определения теплотехнических свойств здания [20], что подтверждает востребованность климатических данных для такого рода расчетов.

Цель данной работы заключается в подготовке данных о температуре воздуха для расчета нестационарной теплопередачи через ограждающие конструкции в грунте. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- поиск достоверных источников архивных климатических данных за последние с частотами 1 день, 3 часа;
- обработка и анализ полученных климатических данных на примере среднесуточных температур наружного воздуха.

2. Материалы и методы

Основные климатические параметры, используемые в строительной отрасли, представлены в СП 131.13330.2020 и ряде других нормативных документов. В СП Строительная климатология представлены данные для более чем 400 городов России с показателями подготовленными к применению в существующей инженерной методике. Согласно принятой методике, средние многолетние значения вычисляются как среднее взвешенное значение за многолетний период - порядка 40 лет. К сожалению, эти данные не применимы, когда требуется подготовить климатическую модель для расчета нестационарного режима. Для рассматриваемой авторами задачи, необходимы ежедневные данные за последние 10 лет, и показания с более мелким разрешением за последние два года наблюдений. Таких данных в готовом виде не существует, поэтому для их подготовки потребовалось получить архивные данные о погоде с ближайших к исследуемому объекту метеостанций.

Изучение климата важно для многих отраслей и сфер деятельности человека. В России первая метеостанция появилась в 1725 г. в Санкт-Петербурге, а после принятия «Декрета об организации метеорологической службы в РСФСР» в 1921 г. началось планомерное развитие сети метеорологических станций. В настоящее время существует 156 станций, которые осуществляют непрерывный мониторинг с начала 20 века. Наряду со станциями Государственной Гидрометеорологической службы, существуют и отраслевые метеостанции, наиболее развитая сеть - метеостанции при аэропортах. Каждая метеостанция имеет синоптический индекс - ее уникальное обозначение, согласно международному соглашению.

На территории Татарстана функционирует 12 метеорологических станций, 1 авиаметеорологическая станция, доплеровский метеорологический локатор, 10 автоматических метеостанций, 2 агрометеорологических поста [21].

Таблица 1

Виды метеорологических наблюдений и количество станций, производящих измерения на территории России

№ п/п	Название массива	Количество станций, шт
Ежедневные данные		
1	Температура воздуха и количество осадков	600
2	Температура почвы на глубинах до 320 см	458
3	Данные о температуре почвы (по термометру Савинова)	315
4	Характеристики снежного покрова	620
5	Маршрутные снегосъемки	517
Срочные данные		
6	Основные метеопараметры	518
7	Атмосферные явления	518
8	Срочные данные радиозондовых наблюдений	12

Доступ к данным с 1991 г. предоставлялся на платной основе, однако, начиная с 2006 г. в России начали появляться открытые источники с архивами погоды.

В России научно-техническим центром, работающим в области создания и внедрения информационных технологий сбора, контроля, обработки и хранения гидрометеорологической информации, является Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации - Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). Целью деятельности ВНИИГМИ-МЦД является обеспечение потребностей населения, органов государственной власти, Вооруженных Сил Российской Федерации, секторов экономики в гидрометеорологической информации.

Доступ к данным ВНИИГМИ-МЦД осуществляется посредством электронного портала Автоматизированной Информационной Системы Обработки Режимной Информации (АИСОРИ), где данные представлены в нормализованном виде для 600 метеостанций. Отметим, что не все метеостанции осуществляют полный перечень наблюдений. Список измерений и количество станций для суточных и срочных данных приведены в (табл. 1). Информация хранится в различный форматах в таблицах метеорологических станционных (ТМС) в месячных (ТМСМ) и суточных (ТМСС) форматах.

Подходы к хранению данных на протяжении лет претерпевали изменения (табл. 2). В предыдущие периоды архивы с данными различной срочности составлялись для обработки счетно-перфорационными машинами, что приводило к ошибкам и дублированиям при копировании. В настоящее время архивы ВНИИГМИ-МЦД представлены в бинарном виде, имеют древовидную структуру, описанную средствами языка описания гидрометеорологических данных (ЯОД).

Таблица 2

Архивы метеорологических наблюдений

Данные	1881 (1936) – 1965	1966 – 1975	1976 – 1983	1984 – 1990	1991 – н.в.
Срочные (только с 1936)	ТМ1-СРОКИ	ВОСХОД	ТММ1	ТММ1	ТМС
Суточные	ТМ1-СУТКИ	СУТКИ-76	–	ТМСС	ТМСС
Месячные	–	–	–	ТМСМ	ТМСМ

Для составления массива климатических данных были использованы показания с метеостанций г. Казань, доступные в открытых источниках [22-23]. Так удалось найти ежесуточные данные о максимальной, минимальной и средней температуре, атмосферном давлении, скорости ветра и количестве осадков с 1992 г. [24]. В сервисе АИСОРИ для метеостанции г. Казань с индексом 27595 доступны данные с 1881 г., доступна средняя температура и количество осадков. Почасовые данные для городов по всему миру можно найти с помощью сервиса [22]. В России такую статистику предоставляет гидрометцентр России.

Массивы климатических данных могут иметь ряд неточностей, обусловленных погрешностью оборудования, его неисправностью, сменой прибора или методики измерения. Для нивелирования этих факторов при создании климатической модели используются методы статистической обработки. Для обработки большого массива данных, требуется автоматизированный подход по контролю ошибок. Данные из архивов ВНИИГМИ-МЦД нормализованы, поэтому при составлении архива проблемы отсутствия данных и ошибки были устранены.

Отметим, что зарубежные ресурсы предоставляют большую функциональность для работы с климатическими данными: возможность скачивания в форматах .json и .csv, наличие web api, возможность скачать готовый типовой климатический год для выбранного города. Эта функциональность будет востребована и на отечественных ресурсах. Также из анализа зарубежных источников и сервисов, можно сделать вывод: применение для расчетов типового климатического года за рубежом нашло большое распространение.. Считаем, что в российской инженерной и научной практике обосновано применение доступных климатических данных для теплотехнических расчетов и моделирования энергопотребления зданий.

Первым этапом в обработке данных чаще всего выступает их визуализация. Так становится легче понять закономерности, выявить нетипичные выбросы и отклонения. Существует множество способов обработки данных для визуального отображения. Сортировка данных по возрастанию или убыванию выбранной величины - для выявления экстремальных значений и амплитуды. Группировка данных по интервалам - таким образом можно определить распределение вероятности. Построение кумулятивной кривой распределения вероятности, называемой также огивой.

3. Результаты

Для последних 10 лет наблюдения найдена относительная частота распределения температуры, т.е. ее фактическая вероятность на протяжения этого отрезка времени. После сортировки были найдены максимальные и минимальные зафиксированные температуры. Размах вариации составил 58 градусов. Согласно формуле Стерджесса, определено оптимальное количество интервалов - 12, таким образом, длина каждого интервала (h) составила 5 градусов. Найдено количество случаев (ni), когда среднедневная температура воздуха попала в тот или иной диапазон. После чего относительная вероятность, wi, находилась как отношение количества случаев к мощности совокупности - общему количеству дней. По вычислениям составлена (табл. 3) и построена гистограмма (рис.1) и распределение вероятности среднесуточной

температуры (рис. 2), где xi - середина интервала, wi/h плотность вероятности на интервале, wn - относительные накопленные частоты.

Таблица 3

Результаты обработки интервального вариационного ряда данных среднесуточных температур

Интервалы,°C		xi	ni	wi	wi/h	wn
-29,883	-24,883	-27,383	20	0,005	0,001	0,005
-24,883	-19,883	-22,383	52	0,013	0,003	0,018
-19,883	-14,883	-17,383	140	0,035	0,007	0,053
-14,883	-9,883	-12,383	259	0,065	0,013	0,118
-9,883	-4,883	-7,383	408	0,102	0,020	0,220
-4,883	0,117	-2,383	604	0,151	0,030	0,372
0,117	5,117	2,617	508	0,127	0,025	0,499
5,117	10,117	7,617	412	0,103	0,021	0,602
10,117	15,117	12,617	490	0,123	0,025	0,725
15,117	20,117	17,617	592	0,148	0,030	0,873
20,117	25,117	22,617	419	0,105	0,021	0,978
25,117	30,117	27,617	87	0,022	0,004	1,000

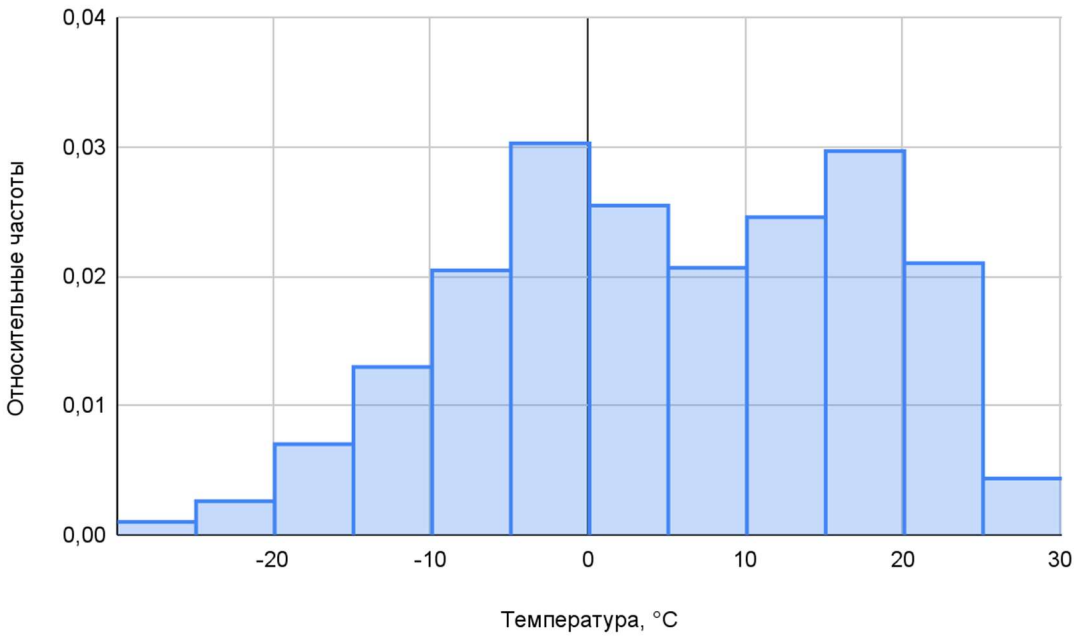


Рис. 1. Относительные частоты распределения температуры (иллюстрация авторов)
Fig. 1. Relative frequencies of temperature distribution (illustration by the authors)

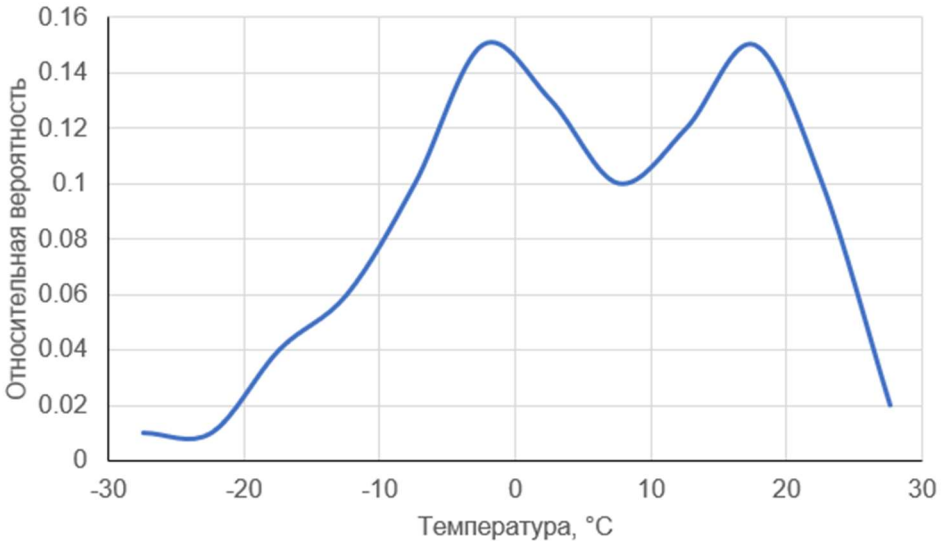


Рис. 2. Функция распределения температуры (иллюстрация авторов)
Fig. 2. Temperature distribution function (illustration by the authors)

На основе полученных данных были рассчитаны среднемесячные температуры наружного воздуха и выполнено сравнение с нормативными данными СП 131.13330.2020 (рис. 3). Значения находились как среднеарифметическое за календарный месяц.

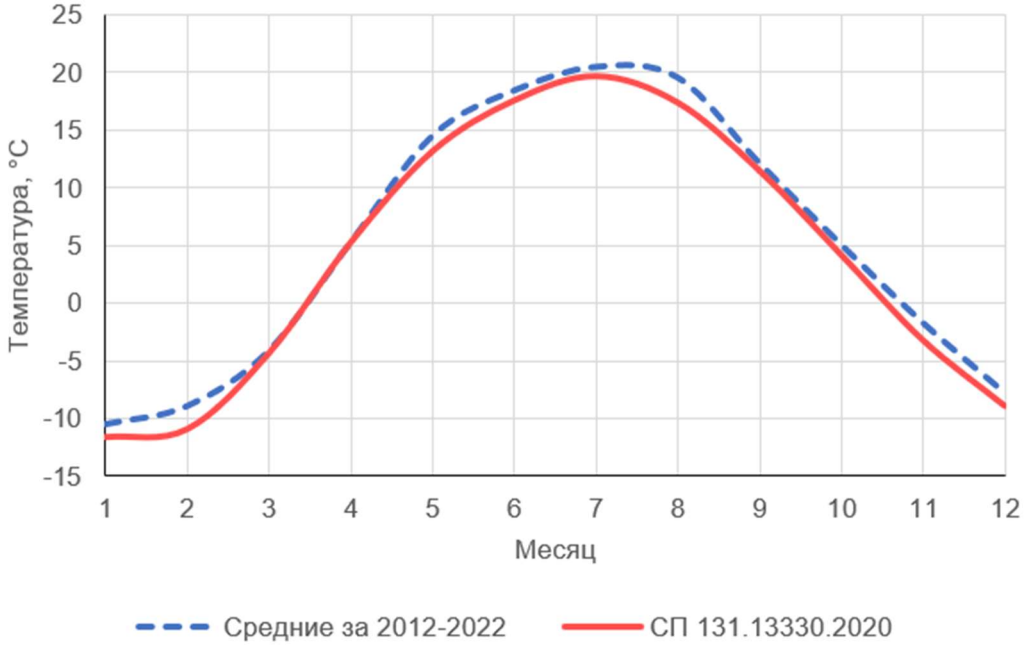


Рис. 3. Среднемесячные температуры наружного воздуха для г. Казань за период 2012-2022 г.г. (иллюстрация авторов)
Fig. 3. Average monthly outdoor temperatures for Kazan for the period 2012-2022 (illustration by the authors)

По итогам анализа климатических данных г. Казани для периода наблюдений 2012-2022 г.г. средняя температура за год составила 5,33 °С. Так как распределение близко к нормальному, другие показатели, характеризующие центральную тенденцию, близки к среднему арифметическому - медиана 5,2 °С. Найдены среднемесячные температуры за рассмотренный период, проведено их сравнение с многолетними значениями из нормативной литературы, которая показало максимальное отклонение в 2 °С.

Полученные данные, в совокупности с почасовыми данными, применимы для проведения расчетов нестационарного теплового режима строительных конструкций

грунте. Также, эти данные могут быть использованы для сравнения результатов моделирования температурных полей с результатами натурного эксперимента, который в данный момент выполняется авторами. Рассмотренные источники являются в полной мере достоверными, а доступный массив данных применим для разработки типового климатического года.

4. Заключение

В результате проведенного анализа определены достоверные источники климатических данных, предоставляющие открытый доступ к архивам за многолетний период. Доступны среднесуточные температура и относительная влажность воздуха, а также почасовые данные из более чем 500 метеостанций России. Для подготовки граничных условий для расчета нестационарного режима теплопередачи заглубленных в грунт строительных конструкций обработаны среднесуточные температуры наружного воздуха в г. Казань. Найдены среднемесячные температуры, относительное распределение температур за последние 10 лет.

В дальнейшем планируется рассчитать специализированный типовой климатический год для г. Казань. Его особенность будет состоять в том, что он станет более представительным для расчета нестационарного режима заглубленных в грунт конструкций за счет придания большего веса параметрам, влияющим на температуру грунта.

Список литературы/References

1. Малявина Е.Г., Лыонг Фан Ван. Предлагаемый подход к выбору расчётных параметров климата для тёплого периода года // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2019. № 2. С. 72–75. [Malyavina E.G., Luong Phan Van. The proposed approach to the selection of calculated climate parameters for the warm period of the year // Plumbing, Heating, Air conditioning. 2019. № 2. P. 72-75].
2. Самарин О. Д. Вероятностно-статистическая взаимосвязь климатических параметров для оценки энергопотребления здания // Вестник МГСУ. 2014. №1. С. 146-152. EDN: RTUKLR [Samarin O.D. Probabilistic-statistical relationship of climatic parameters for assessing the energy consumption of a building // Bulletin of MGSU. 2014. № 1. P. 146-152].
3. Малявина Е. Г., Иванов Д. С., Фролова А. А. Климатическая информация в форме специализированного «типового» года // СтройПРОФИ. 2014. № 18. С. 34–36. [Malyavina E.G., Ivanov D. S., Frolova A. A. Climate information in the form of a specialized "Typical Meteorological Year" // StroyPROFI. 2014. № 18. P. 34-36].
4. Куприянов, В. Н. Прогнозирование переувлажнения ограждающих конструкций при конденсации в них водяного пара // Приволжский научный журнал. 2021. № 2(58). С. 84-91. – EDN OSHNAU. [Kupriyanov, V. N. Prediction of waterlogging of enclosing structures during condensation of water vapor in them // Privolzhsky scientific journal. 2021. № 2. P. 84-91].
5. Иванцов, А. И. Температурный режим поверхности ограждающих конструкций зданий в климатических условиях РФ // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2017. – № 3(19). – С. 44-50. – EDN ZSMCKH. [Ivantsov, A.I. Temperature regime of the surface of enclosing structures of buildings in the climatic conditions of the Russian Federation // Biospheric compatibility: man, region, technology. 2017. № 3(19). P. 44-50]
6. Тышова, Ю. В. Влияние солнечной радиации на неравномерное промерзание и оттаивание мерзлых грунтов // Молодой ученый. 2020. № 51. С. 50-54. [Tyshova, Yu. V. Influence of solar radiation on uneven freezing and thawing of frozen soils // Young scientist. 2020. № 51. P. 50-54].
7. Задорожная Т.Н., Закусилов В.П., Бучнев Д.В. Сравнительная оценка изменений климатических показателей температуры воздуха на европейской территории россии в холодный период года // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2019 № 9 С. 135-148.EDN: HIJJYA [Zadorozhnaya T.N., Zakusilov V.P., Buchnev D.V. Comparative

assessment of changes in climatic indicators of air temperature in the European territory of Russia during the cold season // Aerospace forces. Theory and practice. 2019. № 9. P. 135-148].
8. Акимов Л.М., Задорожная Т.Н., Закусилов В.П. Анализ климатических параметров температуры воздуха на европейской территории России в летний период : сб. ст. международной научно-практической конференции. Посвящается 85-летию факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ. Том 1. / Цифровая полиграфия. Воронеж, 2019. С. 13-19. [Akimov L.M., Zadorozhnaya T.N., Zakusilov V.P. Analysis of climatic parameters of air temperature in the European territory of Russia in summer: Proceedings of the international scientific and practical conference. Dedicated to the 85th anniversary of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism of the Voronezh State University. Volume 1. / Digital printing. Voronezh, 2019. P. 13-19].
9. Рабинович М.В. Надежная и безаварийная эксплуатация зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах в условиях изменения климатических параметров территорий крайнего севера российской федерации // Экономика строительства. 2022. №2 (74). С. 83-89. [Rabinovich M.V. Reliable and trouble-free operation of buildings and structures on permafrost soils in the conditions of changing climatic parameters of the territories of the Far North of the Russian Federation // Economics of construction. 2022. № 2 (74). P. 83-89].
10. Копылов В. Н. Современные тенденции изменения в сибири климатических параметров, влияющих на строительную отрасль // Труды сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института. 2021. №107 С. 186-197. [Kopylov V.N. Modern trends in climate change in Siberia affecting the construction industry // Proceedings of the Siberian Regional Research Hydrometeorological Institute. 2021. № 107. P. 186-197].
11. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. М.: Росгидромет, 2023. 110 с. [Report on climate features on the territory of the Russian Federation for 2022. M.: Rosgidromet, 2023. 110 p.]
12. Иванова А.А., Слагода Е.А. Моделирование пространственного распределения климатических параметров на севере западной сибири // Географический вестник. 2020 №2 (53) С. 119-129. EDN: WZKVVQ [Ivanova A.A., Slagoda E.A. Modeling the spatial distribution of climatic parameters in the north of Western Siberia // Geographical Bulletin. 2020. № 2 (53). P. 119-129].
13. Кобышева Н.В., В. Э. Ницис К вопросу об учете нестационарности метеорологических рядов при осреднении // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2019. № 594. С. 7-14. – EDN KHAIQZ. [Kobysheva N.V., Nitsis, V.E. On the issue of taking into account the non-stationarity of meteorological series in averaging // Proceedings of the main geophysical observatory named after A.I. Voeikov. 2019. №. 594. P. 7-14].
14. Гагарин В.Г., Чжибо Ч. Учет градусо--суток отопительного периода при сравнении потребления энергии зданиями // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2016. № 6(982). С. 58-59. EDN VZKYOP. [Gagarin V.G., Chzhibo Ch. Consideration of degree-days of the heating period when comparing energy consumption of buildings // BST: Construction Machinery Bulletin. 2016. № 6. P. 58-59].
15. Салль М.А. Статистический анализ температурных изменений на территории Российской Федерации в летний период (за 1966-2010 годы) // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2013. № 569. С. 113-123. EDN RVQHFN. [Sall M.A. Statistical analysis of temperature changes on the territory of the Russian Federation during the summer period (for 1966-2010) // Proceedings of the main geophysical observatory named after A.I. Voeikov. 2013. № 569. P. 113-123].
16. X. Fan: A method for the generation of typical meteorological year data using ensemble empirical mode decomposition for different climates of China and performance comparison analysis / Energy 2022. № 240. DOI: 10.1016/j.energy.2021.122822
17. T. Cebecauer, M. Suri: Typical Meteorological Year Data: SolarGIS Approach / Energy Procedia. 2015 № 69. P. 1958-1969. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.03.195
18. S. Wilcox, W. Marion: Users Manual for TMY3 Data Sets. Technical Report NREL/TP-581-43156, 2008. 58 p.

19. K. Skeiker, B. A. Ghani: A software tool for the creation of a typical meteorological year / Renewable Energy. 2009. № 34. P. 544-554. DOI: 10.1016/j.renene.2008.05.046
20. D. Bienvenido-Huertas, C. Rubio-Bellido , J. A. Pulido-Arcas , A. Pérez-Fargallo: Towards the implementation of periodic thermal transmittance in Spanish building energy regulation / Journal of Building Engineering 2020. № 31. DOI: 10.1016/j.jobe.2020.101402
21. Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Татарстан // tatarmeteo.ru : информационный портал. URL: http://www.tatarmeteo.ru/ru/meteorologiya-i-klimat/set-meteorologicheskix-stanczij-i-postov.html (дата обращения: 02.04.2023). [Administration for hydrometeorology and environmental monitoring of the Republic of Tatarstan // tatarmeteo.ru: information portal. URL: http://www.tatarmeteo.ru/ru/meteorologiya-i-klimat/set-meteorologicheskix-stanczij-i-postov.html (reference date: 04/02/2023).]
22. Специализированные массивы для климатических исследований // aisori-m.meteo.ru : информационный портал. URL:http://aisori-m.meteo.ru/waisori/ (дата обращения: 02.04.2023). [Specialized arrays for climate research // aisori-m.meteo.ru: information portal. URL: http://aisori-m.meteo.ru/waisori/ (reference date: 04/02/2023).]
23. Национальный центр экологической информации // ncei.noaa.gov : информационный портал. URL: https://www.ncei.noaa.gov/cdo-web/ (дата обращения: 02.04.2023). [National Center for Environmental Information // ncei.noaa.gov: information portal. URL: https://www.ncei.noaa.gov/cdo-web/ (reference date: 04/02/2023).]
24. Гидрометцентр России // meteoinfo.ru : информационный портал. URL:https://meteoinfo.ru (дата обращения: 02.04.2023). [Hydrometeorological Center of Russia // meteoinfo.ru: information portal. URL: https://meteoinfo.ru (reference date: 04/02/2023).]

Информация об авторах

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

Information about the authors

Dmitriy Vladimirovich Kraynov, candidate of technical sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: dmitriy.kraynov@gmail.com

Ilya Aleksandrovich Maslennikov, post-graduate student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: maslennikov.ilya.a@gmail.com

УДК: 628.171.001.24
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_60
EDN: ZAEWGC

Исследование режима отбора воды смесителем из системы водоснабжения

Д.Е. Поливанов[1], А.А. Семенов[1]
[1]Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Применяемые в настоящее время детерминированные модели и методы расчета расходов воды в системах водоснабжения, и прогнозирования их распределения по трубопроводной сети не вполне точно отражают стохастический характер водопотребления, фактически определяющий режим функционирования реальной системы водоснабжения. Одним из основных факторов, определяющих формирование и изменение во времени расходов воды, подаваемой на хозяйственно-питьевые нужды и транспортируемой по трубопроводам систем водоснабжения, является режим функционирования водоразборной арматуры и/или оборудования. Целью работы является исследование режима функционирования смесителя, установленного в конкретной точке системы водоснабжения. Задачами исследования являются: получение статистических данных о работе водоразборной арматуры (смесителя) за определенный промежуток времени; обработка полученных данных и сравнение эмпирических результатов с расчетными (теоретическими); построение графика временного ряда, графика плотности распределения и графика функции распределения секундного расхода воды смесителем; выбор теоретического закона распределения величины секундного расхода воды смесителем на основе имеющихся данных.
Результаты. В работе представлены результаты исследования режима отбора воды смесителем из системы водоснабжения. В виде графиков наглядно показано, что режим функционирования смесителя не может быть охарактеризован конкретным значением и подчиняется некоторому распределению, которое в первом приближении (по форме и основным числовым характеристикам) может быть определено, как распределение Вейбулла. Приведено сравнение эмпирических значений секундных расходов воды смесителем с их расчетными (теоретическими) аналогами и показано, что разница составляет от 44,4% до 95,6%.
Выводы. Значимость результатов, полученных в ходе выполнения данного исследования состоит в наглядной демонстрации несовершенства имеющихся расчетных методик, обосновании необходимости проведения исследований в данной области, а также развитии и совершенствовании математических моделей систем водоснабжения.

Ключевые слова: водоразборная арматура, система водоснабжения, режим функционирования, расчетный расход, секундный расход, часовой расход, датчик расхода воды.

Для цитирования: Поливанов Д.Е., Семенов А.А. Исследование режима отбора воды смесителем из системы водоснабжения // Известия КГАСУ 2023 № 2 (64), с. 60-69, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_60, EDN: ZAEWGC

Investigation of the mode of water extraction by a mixer from the water supply system

D.E. Polivanov[1], A.A. Semenov[1]
[1]Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract: *Problem statement.* Currently used deterministic models and methods for calculating water consumption in water supply systems and forecasting their distribution through the pipeline network do not accurately reflect the stochastic nature of water consumption, which actually determines the mode of operation of a real water supply system. One of the main factors determining the formation and change in time of water consumption supplied for household and drinking needs and transported through pipelines of water supply systems is the mode of operation of water sampling valves and/or equipment. The purpose of the work is to study the operating mode of the mixer installed at a specific point of the water supply system. The objectives of the study are obtaining statistical data on the operation of the water intake valve (mixer) for a certain period of time; processing the data obtained and comparing empirical results with calculated (theoretical); plotting a time series graph, a distribution density graph and a graph of the distribution function of the second water flow by the mixer; selection of the theoretical law of the distribution of the value of the second water flow by the mixer based on the available data.
Results. The paper presents the results of a study of the mode of water extraction by a mixer from the water supply system. In the form of graphs, it is clearly shown that the operating mode of the mixer cannot be characterized by a specific value and is subject to a certain distribution, which in the first approximation (in form and basic numerical characteristics) can be defined as a Weibull distribution. The comparison of the empirical values of the second water flow by the mixer with their calculated (theoretical) analogues is given and it is shown that the difference ranges from 44,4% to 95,6%.
Conclusions. The significance of the results obtained during the implementation of this study consists in a visual demonstration of the imperfection of the available calculation methods, justification of the need for research in this area, as well as the development and improvement of mathematical models of water supply systems.

Keywords: water-collecting valves, water supply system, operating mode, calculated flow rate, second flow rate, hourly flow rate, water flow sensor.

For citation: Polivanov D.E., Semenov A.A. Investigation of the mode of water extraction by a mixer from a water supply system // News KSUAE 2023 No. 2 (64), p. 60-69, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_60, EDN: ZAEWGC

1. Введение

Системы инженерно-технического обеспечения являются неотъемлемой частью любого объекта капитального строительства. Без них, в соответствии с действующими нормативными правовыми актами и нормативно-техническими документами, невозможно обеспечить безопасную эксплуатацию объекта. Системы водоснабжения, предназначенные для подачи воды, используемой в том числе для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд потребителей, не являются исключением [1–4].

Качество выполнения системой водоснабжения своих функций, бесперебойность и безаварийность ее работы, а также экономическая эффективность материальных вложений на ее строительство и эксплуатацию напрямую зависят от правильности решений, принятых на стадии разработки проектной и рабочей документации.

При проектировании систем водоснабжения одним из основных параметров, на основании которого принимаются технические решения, является расчетный расход воды, непосредственно влияющий в том числе на энергозатраты в системах

водоснабжения при их эксплуатации и даже качество подаваемой потребителям воды [5,6].

Существуют различные разновидности расчетных расходов (расчетные средние суточные расходы, расчетные максимальные суточные, расчетные максимальные часовые расходы, расчетные средние часовые расходы, расчетные минимальные часовые расходы, расчетные максимальные секундные расходы и т.д. [7]), однако основными, которые следует использовать, в соответствии с действующим сводом правил СП 30.13330.2020, при гидравлическом расчете системы водоснабжения, расчете производительности насосных установок, расчете объемов запасных и регулирующих емкостей и проверке предварительно принятых диаметров приборов учета водопотребления являются максимальные расчетные часовые расходы воды, минимальные расчетные часовые расходы воды и максимальные расчетные секундные расходы воды.

Прогнозирование данных типов расходов и их распределения по трубопроводной сети представляет собой наиболее сложную [8,9], но в то же время базовую задачу, решение которой выполняется с использованием детерминированных моделей и методов [10,11].

В действующей нормативной документации расчет максимального секундного и максимального часового расхода выполняется аналитически по методике, которая была разработана Л.А. Шопенским [12]. Хоть при разработке данной методики Л.А. Шопенским и использовался вероятностный подход, методика включает в себя ряд факторов, имеющих детерминированные значения, которые были определенны при выполнении им исследований в шестидесятых годах XX века и частично уточнялись при актуализации норм проектирования [12–14].

Фактический же режим работы систем водоснабжения представляет собой случайный процесс, обусловленный в основном стохастическим характером потребления воды [15–17]. Данный процесс также характеризуется низкой степенью повторяемости его отдельных реализаций. Таким образом гарантировать соблюдение расчетного режима на практике можно лишь с определенной вероятностью, а применение детерминированных методов расчета или не вполне обоснованное введение в расчеты детерминированных факторов лишает возможности оценки вероятности нарушения расчетного режима (обеспеченности), а также анализа фактических режимов функционирования системы водоснабжения, в силу своей однозначности [18,19].

Расчетный максимальный секундный расход воды как в системе водоснабжения в целом, так и в отдельных ответвлениях трубопроводов может быть определен как сумма расходов воды отдельными водоразборными точками (смесителями, посудомоечными и стиральными машинами, смывными бачками унитазов и т.д.) работающими одновременно. Таким образом, расход воды водоразборной арматурой и/или оборудованием, а также периодичность их использования являются основными факторами, определяющими общий расход в системе водоснабжения или ее отдельном ответвлении. Использование детерминированных значений при выполнении расчетов в данном случае может значительно искажать их результат, поскольку расход воды в конкретной точке системы водоснабжения, кроме того, что зависит от типа установленной водоразборной арматуры и/или оборудования и давления воды перед ними, также, в некоторых случаях, является случайной величиной, значение которой определяется в том числе и психофизиологическими потребностями непосредственного потребителя воды (человека) [16].

Данная статья посвящена рассмотрению работы отдельной водоразборной точки в системе водоснабжения, в которой установлен один смеситель, обоснованию методики получения данных о ее работе и анализу режима ее функционирования.

Целью работы является исследование режима функционирования смесителя, установленного в конкретной точке системы водоснабжения.

Объектом исследования является водоразборная точка (смеситель).

Предметом исследования является режим отбора воды смесителем из системы холодного водоснабжения.

Задачами исследования являются:

– получение статистических данных о работе водоразборной арматуры (смесителя) за определенный промежуток времени;

– обработка полученных данных и сравнение эмпирических результатов с расчетными (теоретическими);

– построение графика временного ряда, графика плотности распределения и графика функции распределения секундного расхода воды смесителем;

– предварительный выбор теоретического закона распределения величины секундного расхода смесителем.

2. Материалы и методы

Решение задачи получения статистических данных о работе смесителя потребовало разработки системы, обеспечивающей возможность регистрации секундного расхода воды в трубопроводе, точного времени его появления и длительности. Основными критериями выбора оборудования, включаемого в состав данной системы были приняты:

– соответствие средств измерения требованиям действующих нормативных документов;

– возможность ежесекундной фиксации показаний;

– возможность фиксации системой точного времени в ходе выполнения измерений;

– возможность автоматизированной регистрации, обработки, накопления, хранения и передачи накопленной информации;

– возможность визуального контроля общего водопотребления.

Состав системы регистрации мгновенного расхода был принят следующий:

– счетчик воды dn = 15 мм;

– датчик расхода воды dn = 15 мм;

– программируемый микроконтроллер.

В данном случае датчик расхода позволяет обеспечивать измерение мгновенного расхода воды и трансформировать его в импульсы.

Программируемый микроконтроллер за счет разработанного алгоритма, который был реализован на языке программирования C++, позволяет ежесекундно регистрировать показания датчика, обрабатывать их, записывать во внутреннюю память и передавать пользователю для дальнейшей обработки и изучения.

Датчик, в силу своей чувствительности, позволяет системе реагировать на минимальные расходы воды в трубопроводе, возникающие даже при незначительном открытии смесителя. Минимальный учитываемый расход воды для данного датчика $8{,}3 \cdot 10^{-3}$ л/с, что составляет 9,3 % от расчетного расхода воды бытовым смесителем (0,09 л/с в соответствии с СП 30.13330.2020) и 4,7 % от максимального фактического зарегистрированного расхода холодной воды смесителем (0,176 л/с по результатам выполненного исследования). Принимая во внимание, что использование в бытовых целях расхода воды менее $8{,}3 \cdot 10^{-3}$ л/с очень маловероятно, а также то, что такие маленькие расходы практически не оказывают влияния на результаты гидравлического расчета системы водоснабжения и возникают по большей части в периоды открытия и закрытия смесителя (то есть в периоды неустановившегося водопотребления), автором было принято решение пренебречь ими в силу нецелесообразности усложнения системы для обеспечения возможности их учета.

Опрос микроконтроллером датчика расхода выполняется значительно чаще, чем поступают импульсы от датчика даже при максимально возможном измеряемом расходе воды в трубопроводе (при расходе равном максимальному пределу измерения для датчика). Это гарантирует, что ни один импульс не будет пропущен, а соответственно и расход будет учтен верно.

Передача данных пользователю выполнялась в удобном для восприятия, обработки и последующего анализа виде (текстовый файл) и обеспечивалась посредством сети Интернет.

Счетчик воды, являющийся поверенным средством измерения, в данном случае обеспечивает возможность выполнения периодического визуального контроля в прямоугольных окошках табло правильности передаваемых системой показаний. При этом период контроля определяется пользователем и может быть произвольным.

При выполнении представленного исследования период визуального контроля был принят около 24 часов (одни сутки). Длительность эксперимента (проводимого исследования) составила 14 дней (период с 20.03.2023 г. по 02.04.2023 г. включительно).

Исследование режима работы смесителя было выполнено в следующих условиях:

– назначение здания – жилое;

– место расположения исследуемого смесителя – кухня в квартире;

– тип смесителя – рычажный, набортный;

– количество потребителей – 2 человека;

– место установки датчика – трубопровод системы холодного водоснабжения.

Для обработки и анализа полученных данных использовались методы математической статистики и теории вероятностей. Обработка данных выполнялась в программе для работы с электронными таблицами Microsoft Excel.

3. Результаты и обсуждение

Всего при выполнении исследования было получено 4639 результатов измерения.

Максимальное время непрерывной подачи холодной воды к смесителю составило 119 секунд, минимальное – 1 секунда. Результаты измерения общего времени подачи холодной воды к смесителю в каждый из дней рассматриваемого периода представлены в табл. 1.

Таблица 1

Общее время подачи холодной воды к смесителю

Дата	День недели	Общее время работы смесителя, мин:сек
20.03.2023	Пн	01:25
21.03.2023	Вт	05:04
22.03.2023	Ср	02:08
23.03.2023	Чт	09:27
24.03.2023	Пт	01:09
25.03.2023	Сб	00:21
26.03.2023	Вс	13:36
27.03.2023	Пн	07:39
28.03.2023	Вт	04:01
29.03.2023	Ср	00:00
30.03.2023	Чт	02:30
31.03.2023	Пт	07:40
01.04.2023	Сб	13:29
02.04.2023	Вс	08:50

Максимальный секундный расход воды q_0^c за рассматриваемый период составил 0,176 л/с, минимальный – 0,013 л/с.

Временной ряд секундных расходов воды в трубопроводе холодного водоснабжения представлен на графике (рис. 1). При этом, при построении графика, периоды времени, когда расход воды в трубопроводе отсутствовал или режим водопотребления был неустановившимся, были исключены.

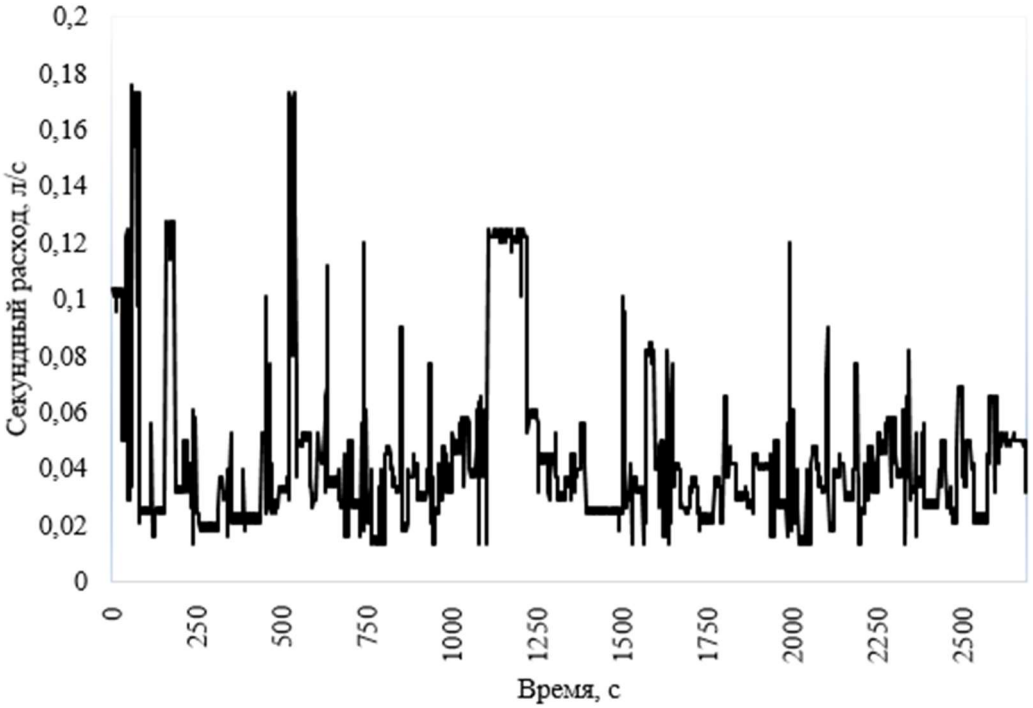


Рис. 1. Временной ряд секундных расходов воды в трубопроводе холодного водоснабжения (иллюстрация авторов)
Fig. 1. Time series of seconds of water consumption in the cold water pipeline (illustration by the authors)

При выполнении наблюдений за изменением значений секундного расхода во времени было замечено, что для каждого непрерывного временного интервала работы смесителя, установившийся режим водопотребления характерен для всего периода, за исключением первых одной – двух и последних одной – двух секунд. Данные периоды времени соответствуют периодам открытия и закрытия смесителя, когда расходы воды в трубопроводе возрастают до определенного значения или уменьшаются до нуля за короткий (1 – 2 с) промежуток времени.

Для исключения влияния значений расхода воды в трубопроводе при неустановившемся режиме водопотребления на числовые характеристики, определяющие особенности распределения секундного расхода воды q_0^c, данные значения были исключены из выборки. Таким образом, на графике (рис. 1) представлен временной ряд секундных расходов воды в трубопроводе холодного водоснабжения только в периоды установившегося водопотребления.

По обработанным данным измерений были построены графики плотности вероятности и функции распределения значений секундного расхода воды в трубопроводе (рис. 2).

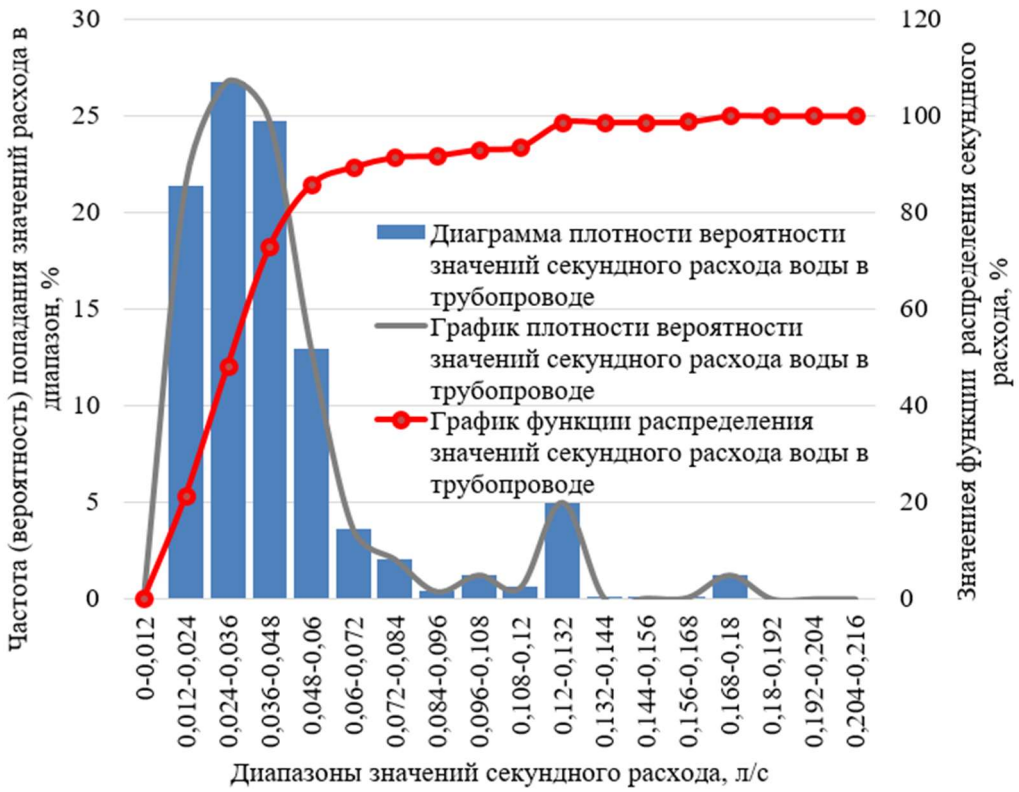


Рис. 2. График плотности распределения и функции распределения значений секундного расхода воды (иллюстрация авторов)

Fig. 2. Graph of the distribution density and the distribution function of the values of the second water flow (illustration by the authors)

Основные числовые характеристики распределения секундного расхода воды за двухнедельный период наблюдения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные числовые характеристики значений секундного расхода воды

Математическое ожидание $E(q_0^c)$, л/с	0,044
Дисперсия $Var(q_0^c)$, $(л/с)^2$	0,00084
Среднеквадратичное отклонение σ_q, л/с	0,029
Коэффициент вариации V_q	0,66

Как видно из представленных графиков, значение секундного расхода воды прибором изменяется во времени (то есть не является детерминированной величиной) в зависимости от степени открытия смесителя, которая в свою очередь определяется психофизиологической потребностью в воде пользователя в конкретный момент времени и рядом других факторов. Изменение значения расхода подчиняется некоторому распределению, по своему графику напоминающему такие законы, как логарифмически нормальное распределение, гамма-распределение или распределение Вейбулла. При этом коэффициент вариации указывает на то, что в данном случае наиболее подходящим теоретическим законом распределения, описывающим распределение значений секундного расхода, является распределение Вейбулла. Однако, поскольку объем статистических данных достаточно мал (период проведения измерений составил всего две недели и все измерения были выполнены на одном водоразборном приборе, эксплуатируемом двумя конкретными потребителями), автор считает преждевременными конкретные выводы о законе распределения величины расхода и распределение Вейбулла, в данном случае, может быть принято лишь в первом приближении. В ходе проводимого эксперимента планируется выполнить накопление достаточного объема

статистических данных о разных типах водоразборной арматуры и затем определить законы распределения секундных, а при необходимости и часовых расходов воды по ним.

В соответствии с СП 30.13330.2020, расход воды отдельным санитарно-техническим прибором (арматурой) следует определять по таблице А.1 данного свода правил. Для исследуемого водоразборной арматуры секундный расход холодной воды имеет определенное значение, которое составляет 0,09 л/с.

Для получения корректных результатов и выводов необходимо, чтобы сравнение эмпирических и расчетных (теоретических) значений секундных расходов было выполнено при одинаковой обеспеченности расчетных нагрузок. В своде правил отсутствуют сведения об обеспеченности приведенных в нем значений секундного расхода. Поэтому было принято решение выполнить сравнение эмпирического и расчетного значения расхода в двух вариантах:

– вариант 1 – сравнить максимальный зарегистрированный расход с расчетным;

– вариант 2 – сравнить эмпирический секундный расход, имеющий обеспеченность Р=0,95-0,99, с расчетным.

Обеспеченность расхода Р=0,95-0,99 принята на основании сведений, приведенных в исследованиях Л.А. Шопенского [12].

При выполнении сравнения было выявлено:

– превышение максимального зарегистрированного расхода (0,176 л/с) над расчетным (0,09 л/с) составило 95,6%;

– превышение секундного расхода воды (0,13 л/с), имеющего обеспеченность Р=0,95-0,99, над расчетным (0,09 л/с) составило 44,4%.

4. Заключение

В ходе выполнения исследования были получены подробные статистические данные о временных и расходных характеристиках режима работы смесителя за двухнедельный период.

Анализ полученных данных, результатов их обработки и построенных графиков показал, что:

– имеются значительные отклонения эмпирических данных о значении секундного расхода холодной воды смесителем от такого же значения, полученного расчетным путем по действующим нормативным документам (≈44,4 – 95,6%);

– секундный расход воды в трубопроводе, вызванный работой одного смесителя, не является детерминированным значением, а подчиняется некоторому распределению;

– в первом приближении в качестве теоретического закона, описывающего распределение значений секундного расхода воды смесителем, может быть принято распределение Вейбулла.

Список литературы / Reference

1. Duan H.-F. и др. State-of-the-art review on the transient flow modeling and utilization for urban water supply system (UWSS) management // Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua. 2020. Vol. 69, Iss. 8. P. 858–893. DOI: 10.2166/aqua.2020.048.
2. Anh* N.T., Hải N.N., Kỳ N.M. Risk assessment and management in domestic water supply system in Pleiku city – Gia Lai province // UD-JST. 2019. P. 50–55.
3. Teichmann M. и др. Modeling and Optimization of the Drinking Water Supply Network—A System Case Study from the Czech Republic: 23 // Sustainability. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020. Vol. 12, Iss. 23. P. 9984. DOI: 10.3390/su12239984.
4. Абитов Р.Н., Селюгин А.С., Низамова А.Х. Проблемы надежности работы водопроводных сетей населенных пунктов // Энергосбережение и водоподготовка. 2022. № 5 (139). С. 9–14 [Abitov R.N., Selyugin A.S., Nizamova A.H. Problems of reliability of water supply networks of settlements // Energy saving and Water Treatment. 2022. Iss. 5 (139). P. 9-14]
5. Подпорин А.В., Сизон Е.К. К вопросу обоснования расчетов проектных расходов воды в системах водоснабжения жилых и казарменных зон военных городков // Военный инженер. 2017. № 4 (6). С. 18–22 [Podporin A.V., Season E.K. On the issue of substantiation of calculations of design water consumption in water supply systems of

residential and barracks zones of military towns // Military Engineer. 2017. Iss. 4 (6). P. 18-22]

6. Салахова И.Ф., Хисамеева Л.Р. Современный подход к проектированию систем внутреннего водоснабжения высотных зданий: материалы XII Национальной конференции с международным участием – Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения / ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. Саратов, 2022. С. 96–101 [Salakhova I.F., Khisameeva L.R. Modern approach to the design of internal water supply systems for high–rise buildings: materials of the XII National Conference with international participation – Modern problems and prospects for the development of construction, heat and gas supply and energy supply / Saratov GAU. Saratov, 2022. P. 96-101]
7. Добромыслов А.Я., Вербицкий А.С., Лякмунд А.Л. Пособие по определению расчетных расходов воды в системах водоснабжения и канализации зданий и микрорайонов. Москва, 2007 [Dobromyslov A.Ya., Verbitsky A.S., Lyakmund A.L. Manual for determining the estimated water consumption in water supply and sewerage systems of buildings and neighborhoods. Moscow, 2007]
8. Chen G. и др. Multiple Random Forests Modelling for Urban Water Consumption Forecasting // Water Resour Manage. 2017. Vol. 31, Iss. 15. P. 4715–4729. DOI: 10.1007/s11269-017-1774-7.
9. Дерюшев Л.Г., Дерюшева Н.Л. О теории вероятного расхода воды потребителями на объектах населенных пунктов. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. С. 167–175 [Deryushev L.G., Deryusheva N.L. On the theory of probable water consumption by consumers at the objects of settlements. National Research Moscow State University of Civil Engineering, 2022. P. 167-175]
10. Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. Москва: Наука, 1985. 278 с. [Merenkov A.P., Khasilev V.Ya. Theory of hydraulic circuits. Moscow: Nauka, 1985. 278 p.]
11. Меренков А.П., Сеннова Е.В., Сумароков С.В. Математическое моделирование и оптимизация систем тепло-, водо-, нефте- и газоснабжения. Новосибирск: Наука, 1992. 405 с. [Merenkov A.P., Sennova E.V., Sumarokov S.V. Mathematical modeling and optimization of heat, water, oil and gas supply systems. Novosibirsk: Nauka, 1992. 405 p.]
12. Шопенский Л.А. Исследование режимов работы водопроводов жилых зданий: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1968. 34 с. [Chopensky L.A. Investigation of the modes of operation of water pipes of residential buildings: Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow, 1968. 34 p.]
13. Исаев В.Н., Мхитарян М.Г. Анализ методик определения расходов во внутреннем водопроводе // Сантехника. Москва, 2003. № 5. С. 6–11 [Isaev V.N., Mkhitaryan M.G. Analysis of methods for determining expenses in internal water supply // Plumbing. Moscow, 2003. Iss. 5. P. 6-11]
14. Вербицкий А.С. Стандарт «Внутренний водопровод и канализация зданий» // Сантехника. Москва, 2007. № 1. С. 18–21 [Verbitsky A.S. Standard "Internal water supply and sewerage of buildings" // Plumbing. Moscow, 2007. Iss. 1. P. 18-21]
15. Díaz S., González J. Temporal Scale Effect Analysis for Water Supply Systems Monitoring Based on a Microcomponent Stochastic Demand Model // Journal of Water Resources Planning and Management. American Society of Civil Engineers, 2021. Vol. 147, Iss. 5. P. 04021023. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001352.
16. Gargano R. и др. A stochastic model for daily residential water demand // Water Supply. 2016. Vol. 16, Iss. 6. P. 1753–1767. DOI: 10.2166/ws.2016.102.
17. Сайриддинов С.Ш. Об особенностях расчета водопотребления при проектировании систем водоснабжения высотных зданий // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 2 (39). С. 29–35. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.5 [Sayriddinov S.Sh. About the peculiarities of calculating water consumption in the design of water supply systems of high-rise buildings // Urban planning and architecture. 2020. Vol. 10, Iss. 2 (39). P. 29-35. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.5]

18. Новицкий Н.Н., Вантеева О.В. Моделирование стохастики потокораспределения в гидравлических цепях // Известия Российской Академии Наук. Энергетика. 2011. № 2. С. 122–131 [Novitsky N.N., Vanteeva O.V. Modeling of flow distribution stochastics in hydraulic circuits // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Energy. 2011. Iss. 2. P. 122-131]
19. Farmani R. и др. Real-time modelling of a major water supply system // Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management. ICE Publishing, 2007. Vol. 160, Iss. 2. P. 103–108. DOI: 10.1680/wama.2007.160.2.103.

Информация об авторах

Дмитрий Евгеньевич Поливанов, аспирант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
Email: dmitry_polivanov@mail.ru
Алексей Александрович Семенов, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Информационных технологий», Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
Email: sw.semenov@gmail.com

Information about the authors

Dmitry E. Polivanov, post-graduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation
Email: dmitry_polivanov@mail.ru
Alexey A. Semenov, candidate of technical sciences, head of the department of Information technologies, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation
Email: sw.semenov@gmail.com

УДК: 539.3
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_70
EDN: YWXCUL

Аналитические решения для криволинейных стержней на основе соотношений для прямолинейного стержня

М.Н.Серазутдинов[1]
[1]Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: В статье представлены аналитические решения и метод расчета криволинейных стержней, основанные на использовании формул для вычисления деформаций прямолинейного стержня. Актуальность полученных результатов обусловлена тем, что элементы конструкций в виде криволинейных стержней традиционно используются в строительстве, а в последнее время значительно расширяется круг приложения криволинейных структур в связи с применением новых конструктивных материалов - композитов с заполнителем из стекла. Основная цель представленного в работе исследования - получить аналитические решения, позволяющие определить напряженно- деформированного состояния криволинейных стержней, показать универсальность, оригинальность и сравнительную простоту метода.
Для достижения этой цели требуется решить следующие задачи: выбрать криволинейный стержень, результаты расчета напряженно-деформированного состояния которого опубликованы в научной литературе; определить вид функций, аппроксимирующих искомые параметры; подробно изложить аналитические выкладки метода; на основе сравнения результатов решения с известными данными, показать достоверность получаемых аналитических результатов.
Результаты. В работе представлены аналитический метод и результаты расчета стержней с продольной осью в виде окружности. Подробно изложен алгоритм получения решения. Обращается внимание на особенности реализации метода. Получены формулы для определения перемещений и углов поворота стержней при различных видах нагружения. Сравнение этих формул с опубликованными в научной литературе данными показывает их хорошее согласование.
Выводы. Представлены аналитические решения задачи расчета напряженно-деформированного состояния криволинейных стержней с использованием соотношений, справедливых для прямолинейных стержней. Показана, сравнительная простота и универсальность предложенного метода. В настоящее время наблюдается усложнение форм строительных конструкций, появляются сооружения, геометрия которых имеет аналитически не задаваемую форму. Эта особенность определяет значимость полученных результатов для расчета строительных конструкций, т.к. наиболее ярко достоинства описанного метода проявляются при расчете криволинейных стержневых систем неканонической формы.

Ключевые слова: криволинейные стержни, вариационный метод, аналитические решения

Для цитирования: Серазутдинов М.Н. Аналитические решения для криволинейных стержней на основе соотношений для прямолинейного стержня // Известия КГАСУ 2023 № 2 (64), с.70-79, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_70, EDN: YWXCUL

Analytical solutions for curved rods based on the relations for a rectilinear rod

M.N. Serazutdinov[1]
[1]Kazan National Research Technological University
Kazan, Russian Federation

Abstract: The article presents analytical solutions and a method for calculating curved rods based on the use of formulas for calculating deformations of a rectilinear rod. The relevance of the results obtained is due to the fact that structural elements in the form of curved rods are traditionally used in construction, and recently the range of applications of curved structures has been significantly expanded due to the use of new structural materials - composites with glass filler. The Kosser-Timoshenko hypotheses are accepted, analytical solutions are obtained by the variational method using the Lagrange functional. The peculiarity of the method is that the formulas for calculating deformations do not include parameters characterizing the curvature of the longitudinal axis of a curved rod. Previously, this method was used to obtain numerous calculations of the statics of rod systems in linear and physically nonlinear formulations, as well as for calculations of thin-walled curved rods. Numerical methods were used. The article presents solutions for curved rods obtained by the analytical method. The main purpose of the research presented in this paper is to obtain analytical solutions that allow determining the stress-strain state of curved rods, to show the versatility, originality and comparative simplicity of the method. To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks: select a curved rod, the results of calculating the stress-strain state of which are published in the scientific literature; determine the type of functions approximating the desired parameters; describe in detail the analytical calculations of the method; show the reliability of the analytical results obtained based on comparing the results of the solution with known data.

Keywords: curved rods, variational method, analytical solutions.

For citation: Serazutdinov M.N. Analytical solutions for curved rods based on the relations for a rectilinear rod // News KSUAE 2023 № 2 (64), p.70-79, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_70, EDN: YWXCUL

1. Введение

Деформируемые элементы в виде криволинейных стержней, в настоящее время достаточно часто используются при создании строительных конструкций. Арки, пилоны мостов, композитные стержневые структуры, ребристые купола, ванты и опоры вантовых конструкций в виде криволинейных стержней имеют широкий круг приложений. В частности, как отмечается в работе [3]: «Доказано, что практически во всех странах мира и на разных континентах велось и ведется проектирование и строительство сложных оболочечных структур и оболочек. Изменился только приоритет в применении конструктивных строительных материалов. Если раньше в основном применялся железобетон, то сейчас в приоритете стержневые криволинейные структуры, композитные оболочки и стержневые структуры с заполнителем из стеклянных панелей»

С развитием технологий усложняется форма и структура создаваемых конструкций [1-3], возникает необходимость исследования новых не простых вопросов использования теории стержней при моделировании технологических [2, 3-6] и сложных динамических процессов [7-8], создаются новые способы определения механических характеристик композиционных материалов, расчетов при нелинейных деформациях на основе анализа деформирования элементов в виде стержней и пластин [9-11]. Существенно увеличиваются возможности использования компьютерных методов моделирования и расчетов.

Соответственно с запросами развиваются, в частности, теория и методы расчетов напряженно-деформированного состояния криволинейных стержневых систем. В известных монографиях по расчету стержней обобщены некоторые результаты достигнутые в этой области.

Одна из особенностей традиционно используемой теории криволинейных стержней заключается в том, что в основные соотношения теории входят радиусы кривизны

продольной оси стержня, а в некоторых случаях и производные радиусов кривизны. Следовательно, в основные соотношения входят производные радиуса-вектора продольной оси стержня не ниже второго порядка. Для некоторых элементов конструкций данные о геометрии стержней задается дискретно, так как они имеют неканонические формы. Поэтому для получения достоверных данных, возникает необходимость при расчетах использовать специальные методы аппроксимации функций, которые позволяют получить для дискретно заданного радиуса-вектора информацию о его производных с требуемой точностью [12, 13].

Для расчета можно применять метод, в котором деформации криволинейного стержня выражаются по формулам для прямолинейного стержня. Особенность метода состоит в том, что в расчетные соотношения не входят кривизны продольной оси криволинейного стержня. Его можно использовать для решения различных линейных и нелинейных задач статики и динамики стержневых систем [14-16]. В указанных публикациях и в ряде других, для получения расчетных данных использовалась численная реализация вариационного метода, которая предполагает вычисление входящих в функционал интегралов с использованием квадратурных формул, т.е. с использованием дискретной информации. Поэтому при интерпретации этого метода может возникнуть ошибочное представление, что криволинейный стержень в точках численного интегрирования заменяется прямолинейным.

Основная цель проведенного исследования состояла в том, чтобы получить аналитические решения задачи расчета напряженно-деформированного состояния криволинейных стержней и продемонстрировать универсальность, оригинальность и сравнительную простоту метода.

Для достижения этой цели требуется решить следующие задачи:
- выбрать криволинейный стержень, результаты расчета напряженно-деформированного состояния которого опубликованы в научной литературе;
- определить вид функций, аппроксимирующих искомые параметры;
- подробно изложить аналитические выкладки метода
- на основе сравнения результатов решения с известными данными, показать достоверность получаемых аналитических результатов.

2. Материалы и методы

Приведем основные формулы и некоторые особенности расчетов криволинейного стержня с продольной осью l_n (рис. 1).

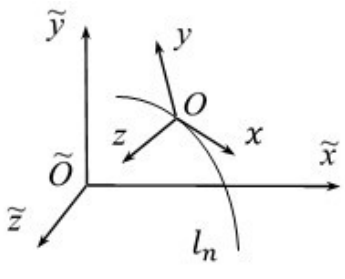


Рис. 1. Участок продольной оси стержня l_n
Fig. 1. Section of the longitudinal axis of the rod l_n

Отметим, что ранее метод определения напряженно-деформированного состояния стержневых систем в котором деформации криволинейного стержня выражаются по формулам для прямолинейного стержня, успешно использовался в сочетании с численными методами расчета [14-16]. Были получены решения для различных, в том числе и сложных линейных и нелинейных задач статики и динамики стержневых систем. Показана достоверность и высокая точность расчетов. Получить аналитические формулы для каких-то случаев ранее не удавалось. Далее представлены основные соотношения, на базе которых находятся аналитических решения в рассмотренных случаях. Описанный

алгоритм и приведенные соотношения могут служить основой для построения аналитических решений и в других случаях.

Для определения напряженно-деформированного состояния стержня вводится глобальная декартова система координат $\tilde{O}\tilde{x}\tilde{y}\tilde{z}$ и локальная – $Oxyz$ (рис.1). Полагается, что оси Ox, Oy, Oz являются главными центральными осями поперечного сечения стержня, а начало координат $Oxyz$ расположено в сечении, для которого нужно вычислить деформации и напряжения.

Введение глобальной систем координат связано с тем, что особенность описанного метода предполагает использование этих двух систем координат. Деформации и напряжения вычисляются в локальной системе координат, а перемещения задаются в глобальной системе координат. В результате, можно использовать для расчетов криволинейных стержней формулы справедливые для прямолинейного стержня и учесть кривизну продольной оси.

Справедливы равенства

$$\{x, y, z\}^T = \{x_o, y_o, z_o\}^T + [A_n]\,\{\tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{z}\}^T. \tag{1}$$

Здесь $\{x_o, y_o, z_o\}^T$ – вектор $\tilde{O}O$ (рис. 1), $[A_n]$ – матрица направляющих косинусов n_{ij} $(i, j = 1,3)$ системы координат Oxy.

Считается, что справедливы закон Гука, гипотезы Тимошенко, стержень является стержнем малой кривизны.

В глобальной системе координат $\tilde{O}\tilde{x}\tilde{y}\tilde{z}$ вводится вектор перемещения $\{\tilde{U}\} = \{\tilde{u}_1,\ \tilde{u}_2,\ \tilde{u}_3\}$ и вектор углов поворота поперечных сечений стержня $\{\tilde{\varphi}\} = \{\tilde{\varphi}_1,\ \tilde{\varphi}_2,\ \tilde{\varphi}_3\}$. Перемещения $\{U\}$ и углы повороты $\{\varphi\}$ связаны с $\{\tilde{U}\}$ и $\{\tilde{\varphi}\}$ соотношениями:

$$\{U\} = [A_n]\,\{\tilde{U}\}, \quad \{\varphi\} = [A_n]\,\{\tilde{\varphi}\}. \tag{2}$$

Линейные ε_{xx} и угловые γ_{xy}, γ_{xz} деформации вычисляются по формулам:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial u_1}{\partial x} - y\frac{\partial \varphi_3}{\partial x} + z\frac{\partial \varphi_2}{\partial x};$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u_2}{\partial x} - y\frac{\partial \varphi_1}{\partial x} - \varphi_3; \quad \gamma_{xz} = \frac{\partial u_3}{\partial x} + z\frac{\partial \varphi_1}{\partial x} + \varphi_2. \tag{3}$$

При вычислении производных по направлению Ox следует иметь ввиду, что направляющие косинусы n_{ij} системы координат $Oxyz$ являются константами. Поэтому справедливы равенства:

$$\frac{\partial}{\partial x}\{U\} = [A_n]\frac{\partial}{\partial x}\{\tilde{U}\}, \qquad \frac{\partial}{\partial x}\{\varphi\} = [A_n]\frac{\partial}{\partial x}\{\tilde{\varphi}\}. \tag{4}$$

В соответствии с законом Гука нормальные и касательные напряжения вычисляются по формулам

$$\sigma = E\varepsilon_{xx}, \quad \tau_{xy} = G\,\gamma_{xy}, \quad \tau_{xz} = G\,\gamma_{xz}\ ,$$

где E, G – модули упругости и сдвига.

Для определения перемещения и углов поворота используется условие стационарности функционала Лагранжа

$$\int_{l_n} [\delta\Pi - \delta' W]\, dl_n = 0. \tag{5}$$

Здесь Π –потенциальная энергия деформации; $\delta' W$ – элементарная работа внешних сил.

Опишем получение аналитических решений для криволинейных стержней с продольной осью в виде окружности и части окружности. На рис. 2 схематически представлены круговые стержни, один из которых имеет форму кольца (рис. 2*a*) и нагружен равномерно распределенной нагрузкой q, второй – на одном конце защемлен, а на другом нагружен сосредоточенной силой F (рис. 2*b*). Изложим методику получения аналитического решения на основе представленных здесь соотношений. Найдем решения вариационным методом и сравним их с результатами, полученными на основе классической теории криволинейных стержней [17].

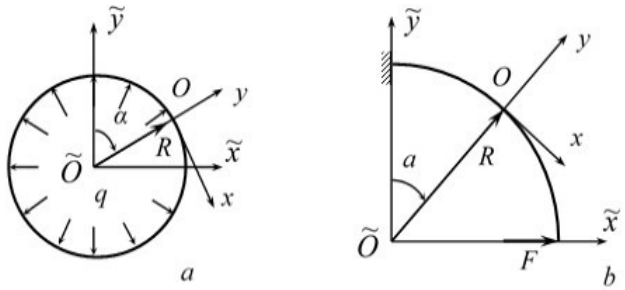


Рис. 2. Стержень с продольной осью в виде окружности (а);
стержень с продольной осью в виде части окружности (б)
Fig. 2. A rod with a longitudinal axis in the form of a circle (a);
A rod with a longitudinal axis in the form of a part of a circle (b)

Так как стержни, показанные на рис. 2, деформируются в плоскости $\tilde{O}\tilde{x}\tilde{y}$, то , $\tilde{u}_3 = u_3 = 0$, $\tilde{\varphi}_1 = \varphi_1 = \tilde{\varphi}_2 = \varphi_2 = 0$.

Полагаем $\tilde{u}_1 = \tilde{u}$, $u_1 = u$, $\tilde{u}_2 = \tilde{w}$, $u_2 = w$, $\tilde{\varphi}_3 = \tilde{\varphi}$, $\varphi_3 = \varphi$. В этом случае

$$\delta\Pi = \frac{1}{2}\delta \iint\limits_A \left[\sigma\varepsilon_{xx} + \tau_{xy}\gamma_{xy} + \tau_{xz}\gamma_{xz}\right] dA =$$

$$= \frac{1}{2}\delta\left[EA\left(\frac{du}{dx}\right)^2 + EJ_z\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + GA\left(\frac{dw}{dx} + \varphi\right)^2\right]$$

и уравнение (5) принимает вид:

$$\int\limits_{l_n} \left\{\frac{1}{2}\,\delta\left[EA\left(\frac{du}{dx}\right)^2 + EJ_z\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + GA\left(\frac{dw}{dx} + \varphi\right)^2\right] - \delta' W\right\} dl_n = 0. \qquad (6)$$

Здесь A – площадь поперечного сечения стержня; J_z - осевой момент инерции.

Для продольных осей этих стержней направляющие косинусы локальной системы координат Oxy

$$n_{11} = n_{22} = \cos\alpha, \qquad n_{21} = -\,n_{12} = \sin\alpha. \qquad (7)$$

Формулы (2), (4), при деформировании стержней плоскости $\tilde{O}\tilde{x}\tilde{y}$, записываются следующим образом:

$$u = \tilde{u}\,n_{11} + \tilde{w}\,n_{12}, \quad w = \tilde{u}\,n_{21} + \tilde{w}\,n_{22}, \quad \varphi = \tilde{\varphi}\,.$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial \tilde{u}}{\partial x} n_{11} + \frac{\partial \tilde{w}}{\partial x} n_{12}\,, \qquad \frac{\partial w}{\partial x} = \frac{\partial \tilde{u}}{\partial x} n_{21} + \frac{\partial \tilde{w}}{\partial x} n_{22}, \qquad \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \tilde{\varphi}}{\partial x}\quad . \qquad (8)$$

Продольные оси стержней, показанных на рис. 2, описываются уравнениями

$$\tilde{x} = R\sin\alpha, \qquad \tilde{y} = R\cos\alpha. \qquad (9)$$

Следовательно,

$$\alpha = arctg\left(\frac{\tilde{x}}{\tilde{y}}\right), \qquad \frac{\partial\alpha}{\partial\tilde{x}} = \frac{1}{R}\cos\alpha, \qquad \frac{\partial\alpha}{\partial\tilde{y}} = -\frac{1}{R}\sin\alpha. \qquad (10)$$

Координаты глобальной и локальной систем координат связаны соотношениями:

$$x = -\,R\sin\alpha + \tilde{x}\,n_{11} + \tilde{y}\,n_{21}; \qquad \tilde{x} = R\sin\alpha + x\,n_{11} + y\,n_{12};$$
$$y = -\,R\cos\alpha + \tilde{x}\,n_{21} + \tilde{y}\,n_{22}; \qquad \tilde{y} = R\cos\alpha + x\,n_{12} + y\,n_{22}. \qquad (11)$$

С учетом формул (6), (11), (12) получаем

$$\frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial\tilde{x}}\,\frac{\partial\tilde{x}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial\tilde{y}}\,\frac{\partial\tilde{y}}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial\tilde{x}} n_{11} + \frac{\partial}{\partial\tilde{y}}\,n_{12} =$$
$$= \frac{\partial}{\partial\alpha}\,\frac{\partial\alpha}{\partial\tilde{x}} n_{11} + \frac{\partial}{\partial\alpha}\,\frac{\partial\alpha}{\partial\tilde{y}} n_{12} = \frac{1}{R}\frac{d}{d\alpha}. \qquad (12)$$

3. Результаты и обсуждения

Стержень в виде кольца, нагруженный равномерно распределенной нагрузкой. Кольцо нагружено равномерно распределенной нагрузкой q (рис.2,*a*) и деформируется симметрично, поэтому $д'W = q\,\delta w,\ \varphi = 0$. Перемещения стержня в локальной системе координат можно считать функциями угла α $(u = u(\alpha),\ w = w(\alpha),\ \ 0 \le \alpha \le 2\pi)$ и записать условие (5) в следующем виде:

$$\int_0^{2\pi} \left\{ \frac{1}{2}\,\delta\left[EA\left(\frac{du}{dx}\right)^2 + GA\left(\frac{dw}{dx}\right)^2\right] - q\,\delta w \right\} d\alpha = 0. \qquad (13)$$

Отметим, что это простейшее условие вариационного принципа Лагранжа в которое не входит кривизна стержня и которое обычно используется для расчетов прямолинейных стержней.

Для симметрично нагруженного кольца в глобальной системе координат можно полагать

$$\tilde{w} = w_0 \cos\alpha, \qquad \tilde{u} = w_0 \sin\alpha. \qquad (14)$$

Учитывая формулы $(2), (4), (7),\ (8), (12), (14),$ получим

$$u = \tilde{u}\,n_{11} + \tilde{w}\,n_{12} = w_0(n_{11}\sin\alpha + n_{12}\cos\alpha) =$$
$$= w_0(\cos\alpha\ \sin\alpha - \sin\alpha\cos\alpha) = 0\,;$$
$$\frac{du}{dx} = \frac{\partial\tilde{u}}{\partial x}n_{11} + \frac{\partial\tilde{w}}{\partial x}n_{12} = n_{11}\frac{1}{R}\frac{d}{d\alpha}w_0\sin\alpha + n_{12}\frac{d}{d\alpha}w_0\cos\alpha =$$
$$= \frac{w_0}{R}\left(n_{11}\frac{d}{d\alpha}\sin\alpha + n_{12}\frac{d}{d\alpha}\cos\alpha\right) = \frac{w_0}{R};$$
$$w = \tilde{u}n_{21} + \tilde{w}n_{22} = w_0\sin\alpha\sin\alpha + w_0\cos\alpha\cos\alpha = w_0\,; \qquad (15)\,,$$
$$\frac{dw}{dx} = \frac{\partial\tilde{u}}{\partial x}n_{21} + \frac{\partial\tilde{w}}{\partial x}n_{22} = n_{21}\frac{\partial\tilde{u}}{\partial x} + n_{22}\frac{\partial\tilde{w}}{\partial x} =$$
$$= n_{21}\frac{1}{R}\frac{d}{d\alpha}w_0\sin\alpha + n_{22}\frac{1}{R}\frac{d}{d\alpha}w_0\cos\alpha = 0$$

Подставляя соотношения (15) в условие (13), находим

$$w_0 = \frac{qR^2}{EA}\,. \qquad (16)$$

На основе классической модели криволинейных стержней [17], для w_0 получается такая же формула.

Стержень нагруженный сосредоточенной силой. На рис. 2*b* показан криволинейный стержень, защемленный на одном конце и нагруженный на другом конце сосредоточенной силой F. Продольная ось стержня – часть окружности радиуса R.

Перемещения и угол поворота сечения стержня в локальной системе координат считаем функциями угла α $(u = u(\alpha),\ w = w(\alpha),\ \varphi = \varphi(\alpha),\ \ 0 \le \alpha \le \pi/2)$. В этом случае условие (6) можно записать в следующем виде:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \left\{ \frac{1}{2}\,д\left[EA\left(\frac{du}{dx}\right)^2 + EJ_z\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + GA\left(\frac{dw}{dx} + \varphi\right)^2\right] - \delta' W \right\} da = 0\,. \qquad (17)$$

Элементарная работа $\delta' W$ сосредоточенной силы F

$$\delta' W = \frac{F}{R}\delta^*\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)\delta w\,, \qquad (18)$$

где $д^*\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)$ – дельта-функция Дирака.

Перемещения и угол поворота поперечных сечений стержня в глобальной системе координат должны удовлетворять геометрическим граничным условиям в месте заделки стержня (при $\alpha = 0$) :

$$\tilde{w}(0) = 0\,, \quad \tilde{u}(0) = 0\,, \quad \tilde{ц}(0) = ц(0) = 0\,.$$

С учетом этих геометрических граничных условий, полагаем

$$\tilde{w} = w_0\sin^2\alpha, \quad \tilde{u} = u_0\,(\alpha - \sin\alpha\cos\alpha), \quad \tilde{\varphi} = \varphi = \varphi_0\ \sin\alpha\,. \qquad (19)$$

Вычислим производные функций, входящих в (17). Используя соотношения $(2), (4), (7),\ (8), (12), (19),$ получим

$$u = \tilde{u}\,n_{11} + \tilde{w}\,n_{12} = u_0\,n_{11}(\alpha - \sin\alpha\cos\alpha) + w_0\,n_{12}\sin^2\alpha =$$

$$= u_0\ \cos\alpha\,(\alpha - \sin\alpha\cos\alpha) - w_0\ \sin\alpha\sin^2\alpha\ , \tag{20}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial \tilde{u}}{\partial x} n_{11} + \frac{\partial \tilde{w}}{\partial x} n_{12} = n_{11}\frac{1}{R}\frac{d}{d\alpha}u_0(\alpha - \sin\alpha\cos\alpha) +\ n_{12}\frac{d}{d\alpha}w_0\sin^2\alpha =$$

$$= \frac{1}{R}(u_0\ (1 + \sin^2\alpha - \cos^2\alpha) - 2w_0\sin^2\alpha)\cos\alpha =$$

$$= \frac{2}{R}(u_0\ - w_0)\sin^2\alpha\cos\alpha\ , \tag{21}$$

$$w = \tilde{u}n_{21} + \tilde{w}n_{22}\ = u_0(\alpha - \sin\alpha\cos\alpha)\sin\alpha + w_0\sin^2\alpha\ \cos\alpha, \tag{22}$$

$$\frac{dw}{dx} = \frac{\partial \tilde{u}}{\partial x} n_{21} +\ \frac{\partial \tilde{w}}{\partial x} n_{22} =$$

$$= n_{21}\ \frac{1}{R}\ u_0\ (1 + \sin^2\alpha - \cos^2\alpha) + n_{22}\frac{1}{R}w_0\ 2\sin\alpha\cos\alpha =$$

$$= \frac{2}{R}(u_0\ \sin^3\alpha +\ w_0\cos^2\alpha\ \sin\alpha)\ , \tag{23}$$

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{\varphi_0}{R}\frac{d\varphi}{d\alpha} = \frac{\varphi_0}{R}\cos\alpha\ . \tag{24}$$

Следует обратить внимание на то, что в этом методе, в соответствии с (8), при вычислении производных функций направляющие косинусы не дифференцируются. В формулах (20), (22) связанные с направляющими косинусами множители выделены жирным шрифтом. Для вычисления производной $\frac{\partial}{\partial x} = \frac{1}{R}\frac{d}{d\alpha}$ можно использовать соотношения (20) и (22) если учесть, что производная $\frac{d}{d\alpha}$ направляющих косинусов (множителей формулах (20), (22), выделенных жирным шрифтом) равна нулю.

С учетом (19), условие (18) можно записать в следующем виде:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \left\{ \frac{1}{2}\ \delta\left[EA\left(\frac{du}{dx}\right)^2 + EJ_z\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + GA\left(\frac{dw}{dx} + \varphi\right)^2\right] - \delta' W \right\} da =$$

$$= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left\{ \left[EA\left(\frac{du}{dx}\right)\delta\,(\frac{du}{dx}) + EJ_z\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)\delta\frac{d\varphi}{dx} + GA\left(\frac{dw}{dx} + \varphi\right)\delta(\frac{dw}{dx} + \text{ц})\right] - \frac{F}{R}\delta^*\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)\delta w \right\} da$$

$$= 0.$$

Используя формулы (21), (23), (24), находим

$$= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[EA\left(\frac{2}{R}(u_0\ - w_0)\sin^2\alpha\cos\alpha\right)\delta\left(\frac{2}{R}(u_0\ - w_0)\sin^2\alpha\cos\alpha\right) + \right.$$

$$+EJ_z\frac{\varphi_0}{R}\cos\alpha\,\delta\left(\frac{\varphi_0}{R}\cos\text{б}\right) +$$

$$+\ GA\left(\frac{2}{R}(u_0\ \sin^3\alpha +\ w_0\cos^2\alpha\ \sin\alpha)\ + \varphi_0\ \sin\alpha\right)\cdot$$

$$\left.\cdot\,\delta\left((\frac{2}{R}(u_0\ \sin^3\alpha +\ w_0\cos^2\alpha\ \sin\alpha) + \varphi_0\ \sin\alpha)\right)\right] = \frac{\pi}{2}\frac{F}{R}\delta u_0\ . \tag{25}$$

Группируя слагаемые и вычисляя входящие в (25) интегралы, получим следующую систему алгебраических уравнений.

$$\begin{gathered} u_0(EA + 5GA\ ) + w_0(GA - EA) + 3\ GAR\ \varphi_0\ =\ 4FR \\ u_0(GA\ - EA) + w_0(EA\ +\ GA)\ + \varphi_0 GAR\ = 0 \\ 3u_0 GA\ + w_0 GA + 2\ \varphi_0 R\left(\frac{EJ_z}{R^2}\ + GA\ \right) = 0 \end{gathered} \tag{26}$$

Решение этой системы уравнений

$$u_0\ =\ \frac{F\ R^3}{2\ EJ_z}\left[1 + \frac{2\ EJ_y(EA + GA)}{R^2 GA\ (2EA + GA)}\right],$$

$$w_0\ =\ \frac{F\ R^3}{2\ EJ_y}\left[1 + 4\ \frac{EJ_z}{R^2 GA}\left(1 - \frac{3(EA + GA)}{2\ (2EA + GA)}\right)\right],$$

$$\varphi_0 = -\frac{F\,R^2}{EJ_y}\ .$$

Подставляя в эти формулы $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$, получим

$$u_0 = \frac{F\,R^3}{2\,EJ_y}\left[1 + \frac{J_z}{A\,R^2}\left\{\frac{4\,(1+\nu)(3+2\nu)}{5+4\nu}\right\}\right] \tag{27}$$

$$w_0 = \frac{F\,R^3}{2\,EJ_y}\left[1 + \frac{J_z}{A\,R^2}\left\{\frac{8\,(1+\nu)(1+2\nu)}{10+8\nu}\right\}\right] \tag{28}$$

$$\varphi_0 = -\frac{FR^2}{EJ_z} \tag{29}$$

Отметим, у стержней малой кривизны толщина поперечного сечения h значительно меньше радиуса кривизны продольной оси стержня R, а $h^2/R^2 \ll 1$. При получении формул для деформаций, слагаемыми порядка h/R по сравнению с единицей обычно пренебрегают. Поэтому, полученные решения на основе различных моделей могут отличаться на величины порядка h/R .

Коэффициент Пуассона $0 \le \nu \le 0{,}5$, и легко убедиться, что входящие в равенства $(27), (28)$ множители в фигурных скобках, изменяются в интервале от 0,8 до 3,4, т.е. являются величинами порядка 1. Для стержней малой кривизны $J_z/(A\,R^2)$ – величина порядка $\frac{h^2}{R^2} \ll 1$. Так, для стержня с прямоугольным поперечным сечением с размерами сторон b и h, $J_z = bh^3/12$, $A = bh$, $J_z/(A\,R^2) = h^2/12R^2 \ll 1$. Для круглого сечения радиуса r, $J_z = \pi r^4/4$, $A = \pi r^2$, $J_z/(A\,R^2) = r^2/4R^2 \ll 1$. Пренебрегая в формулах $(27), (28)$ величинами порядка h^2/R^2 по сравнению с единицей, получим

$$u_0 = \frac{F\,R^3}{2\,EJ_z}\ ,\quad w_0 = \frac{F\,R^3}{2\,EJ_z}\ ,\quad \varphi_0 = -\frac{FR^2}{EJ_z}\,. \tag{30}$$

В справочнике [17] представлено решение рассмотренной задачи с учетом гипотез Бернулли и условия не растяжимости продольной оси стержня. Получено

$$u_0 = w_0 = \frac{FR^3}{2\,EJ_z}\,. \tag{31}$$

Условие не растяжимости продольной оси стержня можно записать в виде $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$. Очевидно, что в соответствии с формулой (21) для $\frac{\partial u}{\partial x}$, это условие будет выполняться, если положить $u_0 = w_0$. В этом случае, полагая в (19) $w_0 = u_0$, из условия стационарности функционала Лагранжа (17) получим выражения для u_0, w_0 в виде (30).

Таким образом, с точностью до величин порядка h^2/R^2, данные решения на основе описанного здесь метода совпадают с известными результатами.

4. Заключение

1. В данной работе представлены аналитические решения, для криволинейных стержней, которые показывают, что поставленная цель исследования достигнута: метод расчета напряженно-деформированного состояния криволинейных стержней с использованием соотношений, справедливых для прямолинейных стержней, применим и при аналитической реализации алгоритма.

2. Сравнение полученных формул для перемещений и углов поворота стержней при различных видах нагружения с опубликованными в научной литературе данными иллюстрирует их хорошее согласование.

3. Приведенные аналитические решения подтверждают правильность основных положений метода, широко использованного ранее с применением численной алгоритмов расчетов.

4. Показана сравнительная простота и универсальность предложенного метода расчета стержневых систем.

Как отмечается в научных публикациях по использованию криволинейных структур в строительстве, в XXI веке практически во всех странах появляются сооружения в форме аналитически не задаваемых поверхностей, возникла архитектура произвольных форм. Эта особенность нашего времени определяет достоинство и возможности широкого использования описанного здесь метода, т. к. он основан на использовании при расчетах простейших формул для деформаций прямолинейного стержня. Поэтому наиболее ярко его достоинства проявляются при расчете криволинейных систем неканонической формы.

Список литературы / References

1. Papkova I.V., Krysko A.V., Barulina M.A., Krysko V.A. Mathematical Modeling of the Nonlinear Dynamics Components of Nanoelectromechanical Sensors taking into Account Thermal, Electrical and Noise Impacts – 26th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2019: Proceedings. 2019; 8769406.
2. Кривошапко С.Н. Оболочки и стержневые структуры в форме аналитически не задаваемых поверхностей в современной архитектуре // Строительство и реконструкция. 2020. № 3 (89). С. 20-30. [Krivoshapko S.N. Shells and rod structures in the form of analytically undefined surfaces in modern architecture // Construction and reconstruction. 2020. № 3 (89). P. 20-30.]
3. Krivoshapko S.N. Shell structures and shells at the beginning of the 21st century // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. Том 17. № 6. 2021. С. 553–561. [Krivoshapko S.N. Shell structures and shells at the beginning of the 21st century // Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. 2021. № 17(6). P. 553–561.]
4. Кривошапко С.Н. О параболическом изгибании плоского металлического листа в торсовую конструкцию // Технология машиностроения. 2020. № 11. С. 14–24. [Krivoshapko S.N. On parabolic bending of a flat metal sheet into a torso structure // Technology of mechanical engineering. 2020. №11. P. 14-24.]
5. Papkova I.V., Krysko A.V., Krysko V.A.Theory and Methods for Studying the Nonlinear Dynamics of a Beam-Plate Nano Resonator Taking into Account the Temperature and Strain Fields Connection in Additive Color Noise – 27th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2020. Proceedings. 2020; 9133824.
6. Papkova I.V., Krysko A.V., Saltykova O.A., Krysko V.A., Zakharova A.A. Contact interaction of flexible Timoshenko beams with small deflections // Journal of Physics: Conference Series. 2018; 012087.
7. Saltykova O.A., Papkova I.V., Krysko V.A. Chaotic dynamics of two beams described by the kinematic hypothesis of the third approximation in the case of small clearance // Journal of Physics: Conference Series. 2018; 012102.
8. Krysko V.A., Yakovleva T.V., Papkova I.V., Saltykova O.A., Pavlov S.P. The contact interaction of size–dependent and multimodulus rectangular plate and beam // Journal of Physics: Conference Series. 2019; 032021.
9. Kayumov R.A., Muhamedova I.Z., Tazyukov B.F. // Parameter determination of hereditary models of deformation of composite materials based on identification method, J. Phys.: Conf. Ser., 973. 2018. Art. 012006, P. 1–8 . doi: 10.1088/1742-6596/973/1/012006.
10. Каюмов Р.А., Тазюков Б.Ф., Мухамедова И.З., Шакирзянов Ф.Р. // Определение жесткостных параметров композитного материала по результатам испытаний панелей на устойчивость, Ученые записки Казанского университета. Сер. Физ.-матем. науки, № 1 (161). 2019. С. 75–85. [Kayumov R.A., Tazyukov B.F., Mukhamedova I.Z., Shakirzyanov F.R. // Determination of stiffness parameters of composite material based on the results of panel stability tests, Scientific notes of Kazan University. Ser. Phys.-math. Sciences, No. 1 (161). 2019. P. 75-85.]
11. Kayumov, R.A., Shakirzyanov, F.R// . Large Deflections and Stability of Low-Angle Arches and Panels DuringCreep Flow. In: Altenbach, H., Eremeyev, V.A., Igumnov, L.A. (eds) Multiscale Solid Mechanics. Advanced Structured Materials, 141. 2021. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54928-2_18

12. Хайруллин Ф.С, Серазутдинов М.Н. Метод параметризации срединной поверхности тонкостенного элемента конструкции // Известия Вузов. Авиационная техника. Казань. 2006. № 4. С. 14–16. [Khairullin F.S., Serazutdinov M.N. Method of parametrization of the median surface of a thin-walled structural element. News of Universities // Aviation equipment. 2006. № 4; P.14-16.]

13.Сахбиев О.М., Хайруллин Ф.С. Об одном из методов изогеометрической аппроксимации кубическими сплайнами // Вестник технологического университета.2022. № 5 (25). С. 111–114. [Sakhbiev O.M., Khairullin F.S. About one of the methods of isogeometric approximation by cubic splines // Bulletin of the Technological University. 2022. № 5(25). P. 111-114.]

14.Серазутдинов М.Н., Хайруллин Ф.С. Метод расчета криволинейных стержней // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. 1991. № 5. С. 104-108. [Serazutdinov M.N., Khairullin F.S. Method of calculating curved rods // News of Universities. Construction and architecture. 1991. № 5. P. 104-108.]

15.Серазутдинов М.Н., Убайдуллоев М.Н. Вариационный метод расчета прямолинейных и криволинейных тонкостенных стержней. Казань: Изд–во КНИТУ, 2016. 144 с. [Serazutdinov M.N., Ubaydulloev M.N. Variational method of calculation of rectilinear and curved thin-walled rods. Kazan: KNITU Publishing House. 2016. 144 p.]

16.Serazutdinov M.N., Ubaydulloyev M.N. The method of calculating inelastic elements of rod structures under loading, unloading and reloading regimes // IOP Conf. Series: Journal of Physics. 2019; 1158. 042014.

17. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в 3 т. М.: Машиностроение. 1968. Т.1. 821 с. [Strength, stability, fluctuations. Guide in 3 vol. Moscow: Mechanical Engineering. 1968. Vol. 1. 821 p.]

Информация об авторах

Серазутдинов Мурат Нуриевич, доктор физико-математических наук, профессор**,** Казанский национальный исследовательский технологический университет, г.Казань, Российская федерация
E-mail: serazmn@mail.ru

Information about the authors

Serazutdinov Murat Nurievich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation
Email: serazmn@mail.ru

УДК: 625.122
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_80
EDN: YRHHHU

Методы научного обоснования нормативных требований в области инженерной защиты транспортных сооружений от волнового воздействия

Г.В.Тлявлина[1]
[1]АО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» (АО ЦНИИТС). Обособленное подразделение АО ЦНИИТС «НИЦ «Морские берега», г. Сочи, Россия

Аннотация: *Постановка задачи.* Разработка норм и стандартов в строительстве в обязательном порядке включает в себя этапы научных исследований для обоснования содержащихся в них требований. В области защиты транспортных сооружений (железных и автомобильных дорог, мостов и др.) от волнового воздействия методы научного обоснования имеют свои особенности, обусловленные целями и задачами исследований и методами получения данных. Так как в нормативной базе в данной области имеется множество неосвещенных вопросов, то задачи повышения качества проводимых исследований путем структурирования подхода к их решению имеют высокую актуальность и важное практическое значение. Цель исследований, отраженных в данной работе, – изучение методов научного обоснования требований нормативных документов в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия для развития и совершенствования нормативной базы в транспортном строительстве. Задачи: описание методов научных исследований, применяемых для развития нормативной базы в области безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия; систематизация данных, получаемых данными методами, для разработки нормативных документов в рассматриваемой области.
Результаты. В настоящей работе рассмотрены особенности подхода к научному обоснованию норм и стандартов (сводов правил и ГОСТов) по защите транспортных сооружений от волнового воздействия. Представлен алгоритм разработки норм и стандартов в обозначенной области. Описаны методы научных исследований, такие как натурные наблюдения и обследования, физическое и математическое моделирование, применяемые автором для обоснования требований, закладываемых в нормативные документы. Также выполнена систематизация данных для разработки нормативных документов по вопросам берегозащиты. Приводятся сведения о нормативных документах, разработанных под руководством автора на основании проведенных исследований.
Выводы. Надежность и безопасность эксплуатации транспортных объектов на побережьях морей, озер и водохранилищ во многом обеспечивается эффективными и обоснованными проектными решениями по их защите от волнового воздействия. Поэтому вопросы совершенствования и развития нормативной базы в области инженерной защиты транспортных сооружений являются актуальными и имеют важное практическое значение.

Ключевые слова: берегозащитные сооружения, волновое воздействие, нормирование, проектно-изыскательские работы, своды правил, стандартизация, транспортные сооружения.

Для цитирования: Тлявлина Г.В. Методы научного обоснования развития и совершенствования нормативной базы в области защиты транспортных сооружений от

волнового воздействия // Известия КГАСУ 2023 № 2 (64), с.80-91, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_80, EDN: YRHHHU

Methods of scientific substantiation of regulatory requirements in the field of engineering protection of transport structures from wave impact

G.V.Tlyavlina[1]
[1]Central Research Institute of Transport Construction
R&D Centre «Morskie berega» — separate subdivision, Sochi, Russia

Abstract: *Problem statement*. The development of norms and standards in construction necessarily includes stages of scientific research to substantiate the requirements contained therein. In the field of protection of transport structures (railways, highways, bridges, etc.) from wave impact, the methods of scientific justification have their own characteristics due to the goals and objectives of research and methods of obtaining data. Since there are many unlit issues in the regulatory framework in this area, the tasks of improving the quality of research by structuring an approach to their solution are highly relevant and of great practical importance. The purpose of the research reflected in this work is to study the methods of scientific substantiation of the requirements of regulatory documents in the field of protection of transport structures from wave impact for the development and improvement of the regulatory framework in transport construction. The tasks of the study are description of research methods used for the development of the regulatory framework in the field of safety of transport structures in the conditions of wave impact; systematization of data obtained by these methods for the development of regulatory documents in the field under consideration.
Results. In this paper, the features of the approach to the scientific substantiation of norms and standards (Codes of rules and National standards) for the protection of transport structures from wave action are considered. An algorithm for the development of norms and standards in the designated area is presented. The methods of scientific research, such as field observations and surveys, physical and mathematical modeling, used by the author to substantiate the requirements laid down in regulatory documents, are described. Systematization of data for the development of regulatory documents on coastal protection issues has also been carried out. The information about the normative documents developed under the guidance of the author on the basis of the conducted research is given.
Conclusions. Reliability and safety of operation of transport facilities on the coasts of seas, lakes and reservoirs is largely ensured by effective and reasonable design solutions for their protection from wave impact. Therefore, the issues of improving and developing the regulatory framework in the field of engineering protection of transport structures are relevant and have important practical significance.

Keywords: coastal protection structures, design and survey work, rationing, standardization, transport facilities, wave impact.

For citation: Tlyavlina G. V. Methods of scientific substantiation of regulatory requirements in the field of engineering protection of transport structures from wave impact // News KSUAE. 2023. № 2 (64), p.80-91, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_80, EDN: YRHHHU

1. Введение

В настоящей работе рассмотрены процессы нормирования и стандартизации проектно-изыскательских работ, работ по обследованию и мониторингу, а также некоторых материалов и изделий в области для защиты транспортных сооружений, расположенных на берегах морей, озер и водохранилищ и подверженных воздействиям волн.

С целью обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации транспортных сооружений проводится большое количество научных исследований, в том числе экспериментальных [1-3]. Однако, несмотря на это, все ещё происходит достаточно большое количество аварий и разрушений объектов транспортной инфраструктуры [4, 5].

Объектом исследования являются методы научного обоснования требований сводов правил (СП) и стандартов (ГОСТ и ГОСТ Р) к сооружениям инженерной защиты от волнового воздействия (волноотбойные стены, буны, волноломы, волногасящие бермы и пляжи и т.п.).

Четкая регламентация проектно-изыскательских работ, в также уточнение требований нормативных документов к конструкциям инженерной защиты являются залогом безопасности и долговечности транспортных сооружений [6].

В зарубежной практике проектирование конструкций инженерной защиты далеко не всегда регулируется требованиями нормативных документов [7- 9], однако научным исследованиям в этой области уделяется большое значение [10-12].

Актуальность исследования обусловлена тем, что несмотря на большое количество норм и стандартов в строительной отрасли в целом, многие вопросы в области защиты сооружений от размыва волнами по-прежнему остаются неосвещенными в нормативной литературе [13-16].

Целью исследований настоящей работы является изучение методов научного обоснования требований нормативных документов в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия для развития и совершенствования нормативной базы в транспортном строительстве. Задачи исследования: описание методов, применяемых для развития нормативной базы в области безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия (натурные наблюдения и обследования береговой зоны и конструкций инженерной защиты транспортных сооружений от волнового воздействия, физическое и математическое моделирование); систематизация данных, получаемых данными методами, для разработки нормативных документов в рассматриваемой области.

2. Материалы и методы

Представленная работа основана на многолетнем опыте научной и практической деятельности автора.

Изучено становление и развитие отечественной и зарубежной нормативной базы в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия, а также исторические сведения о зарождении и формировании научного направления – берегозащиты.

Используется концепция научного обоснования развития и совершенствования нормативной базы в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия, предложенная автором [15]. Описаны основные методы, используемые автором для научного обоснования норм и стандартов в области берегозащиты: натурные наблюдения и обследования, физическое и математическое моделирование.

Учитывается опыт научно-исследовательских (НИР), опытно-конструкторских (НИОКР) и проектно-изыскательских работ, выполненных под руководством автора в обеспечение развития и совершенствования нормативной базы.

В Российской Федерации установлен следующий порядок приоритетности норм и стандартов, представленный на рис. 1.

Рис. 1. – Порядок приоритетности норм и стандартов, принятый в Российской Федерации (иллюстрация автора)
Fig.1. The order of priority of norms and standards adopted in the Russian Federation (illustration by the author)

В соответствии с 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», соответствие проектных значений параметров и других проектных характеристик здания или сооружения требованиям безопасности, а также проектируемые мероприятия по обеспечению его безопасности, должны быть обоснованы ссылками на требования настоящего Федерального закона и ссылками на требования стандартов и сводов правил, включенных в указанные в частях 1 и 7 статьи 6 настоящего Федерального закона перечни, или на требования специальных технических условий. В случае отсутствия указанных требований соответствие проектных значений и характеристик здания или сооружения требованиям безопасности, а также проектируемые мероприятия по обеспечению его безопасности должны быть обоснованы одним или несколькими из следующих способов:

1) результаты исследований;

2) расчеты и (или) испытания, выполненные по сертифицированным или апробированным иным способом методикам;

3) моделирование сценариев возникновения опасных природных процессов и явлений и (или) техногенных воздействий, в том числе при неблагоприятном сочетании опасных природных процессов и явлений и (или) техногенных воздействий;

4) оценка риска возникновения опасных природных процессов и явлений и (или) техногенных воздействий.

Данное требование 384-ФЗ обусловлено тем, что нормативная база несовершенна и не может включать в себя указания на все случаи. Поэтому для случаев, когда необходимые требования в нормативной базе отсутствуют, для обеспечения безопасности проектируемых объектов следует выполнить исследования (расчеты, моделирование). При этом, подразумевается, что исследования (расчеты, моделирование) нужно выполнить в объеме, достаточном для обоснования требований безопасности. Однако нигде нет более подробных указаний и разъяснений, что же все-таки необходимо выполнить: ведь под понятия «исследования» и «расчеты» можно подвести многое, а необходимое так и не выполнить. Также следует учитывать, что к проектировщику не предъявляется требований о квалификации исследователя. Формальная оценка квалификации проектировщиков и изыскателей не подразумевает проверку областей знаний, выходящих за рамки нормативной документации.

Таким образом, наиболее оптимальным способом обеспечения безопасности проектируемых зданий и сооружений является совершенствование и развитие нормативной базы.

Алгоритм разработки документов по нормированию и стандартизации представлен на рис. 2.

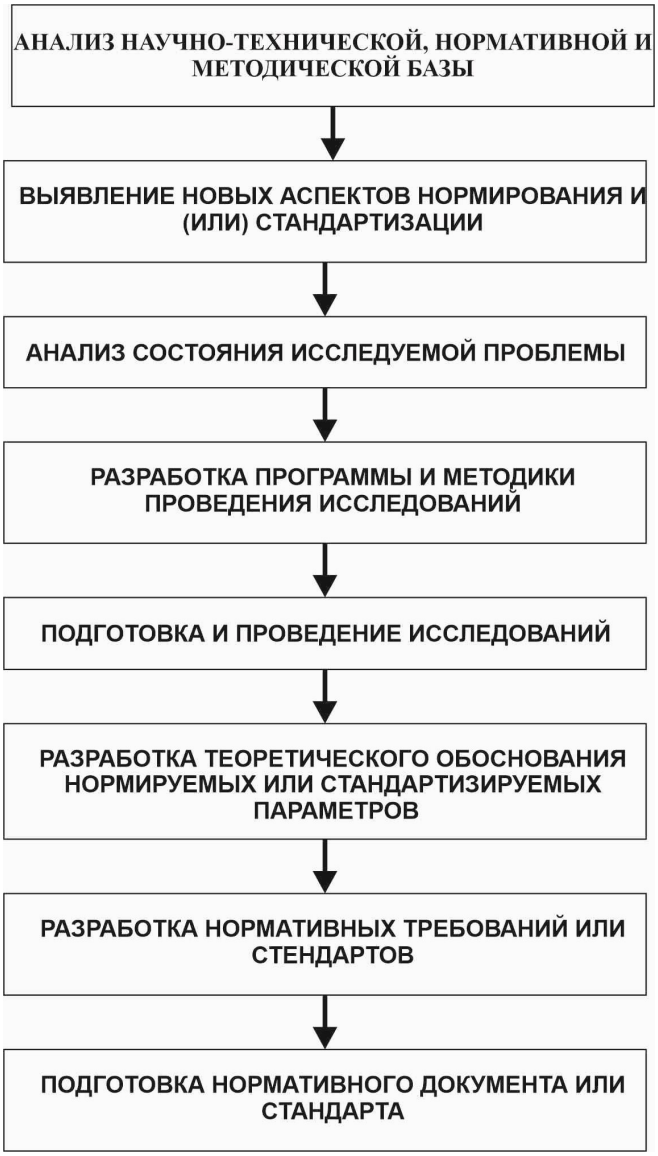


Рис. 2. – Алгоритм разработки норм и стандартов (иллюстрация автора)
Fig.2. Algorithm for the elaboration of norms and standards (illustration by the authors)

Необходимость отражения новых требований или изменения существующих требований нормативных документов также может устанавливаться путем анализа выполненных проектно-изыскательских работ.

Кроме того, изучаются способы берегоукрепления, применяемые в разных странах мира, с целью поиска альтернативных проектных решений для защиты транспортных сооружений (автомобильных и железных дорог, мостовых переходов и др.) на берегах России [6, 15, 17, 18].

Требования нормативных документов обосновываются научными исследованиями.

3. Результаты и обсуждение

В области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия основными методами научных исследований являются следующие:

– натурные наблюдения и обследования,
– физическое (гидравлическое) моделирование,
– математическое моделирование.

Характеристика приведенных методов научных исследований приводится в таблице 1.

Таблица 1

Методы научных исследований в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия

Метод	Преимущества	Недостатки
Натурные наблюдения и обследования	Достоверность	Ограниченный срок наблюдений. Привязка к конкретным физико-географическим, геоморфологическим и гидрологическим условиям
Физическое (гидравлическое) моделирование	Возможность исследования практически любых конструкций и требуемых геоморфологических и гидрологических условий	Сложность достоверной интерпретации данных лабораторных исследований
Математическое моделирование	Не требует больших финансовых затрат	Не является прямым независимым методом, а применяется в дополнение к натурным наблюдениям, либо к физическому моделированию

Данные методы научных исследований общеизвестны и широко применяются в смежных областях науки: в гидротехнике, геоморфологии, гидравлике и т.п. Однако применение данных методов для целей развития и совершенствования нормативной базы имеет свои особенности.

В таблице 2 приводится систематизация данных, которые следует использовать при разработке требований нормативных документов в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия.

Таблица 2

Систематизация данных для разработки нормативных документов в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия

Данные	Метод получения	Цели
Процессы рельефообразования и осадконакопления в береговой зоне	Натурные наблюдения и обследования	Выявление потенциально опасных участков побережья. Прогноз деформаций берегов и дна
Особенности морфо- и литодинамики береговой зоны морей	Натурные наблюдения и обследования	Выявление потенциально опасных участков побережья. Прогноз деформаций берегов и дна
Эффективность волногасящих сооружений различной конструкции	Натурные наблюдения и обследования, физическое моделирование	Выбор типа защитного сооружения от волнового воздействия
Устойчивость волногасящих сооружений различной конструкции при волновом воздействии	Натурные наблюдения и обследования, физическое моделирование	Выбор конструктивного решения защитного сооружения от волнового воздействия

Окончание таблицы 2

Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов	Натурные наблюдения, физическое и математическое моделирование	Оценка волновых нагрузок и воздействий на сооружения инженерной защиты
Влияние гидротехнических сооружений на транспорт наносов	Физическое моделирование, математическое моделирование и натурные наблюдения	Выбор типа пляжеудерживающих сооружений. Разработка плановых и конструктивных решений пляжеудерживающих сооружений. Прогноз влияния гидротехнических сооружений на смежные участки берега
Анализ причин разрушения берегозащитных сооружений	Натурные наблюдения и физическое моделирование	Выявление новых аспектов нормирования. Корректировка требований нормативных документов

Далее каждый из этих методов рассмотрен с точки зрения обоснования положений нормативных документов в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия.

Натурные наблюдения и обследования

Натурные наблюдения и обследования являются наиболее консервативным и достоверным методом научных исследований. Особенно справедливо это в отношении природных процессов, к которым относится динамика береговой зоны. Также анализ многолетних материалов обследований конструкций инженерной защиты, работающих в береговой зоне моря, позволяет точнее оценить факторы, влияющие на их надежность и долговечность.

Для целей совершенствования и развития нормативной базы в области защиты земляного полотна железных дорог этот метод применяется уже много десятилетий.

При этом используются натурные наблюдения за состоянием береговой зоны и натурные наблюдения и обследования конструкций защиты земляного полотна железных дорог и других транспортных сооружений от волнового воздействия [15].

Физическое моделирование

Физическое моделирование, как метод решения практических (инженерных) задач и научных исследований, было и остается основным методом научных исследований и обеспечения надежности и долговечности проектируемых конструкций в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия.

При правильной постановке эксперимента физическое моделирование может дать достаточно полную качественную картину явлений, а при соответствующем обосновании и известную количественную их оценку. Поэтому моделирование процессов размыва грунтовых оснований вблизи транспортных сооружений, обусловленных волнением и течениями, и проверка в гидротехнической лаборатории эффективности различных защитных сооружений является одним из ведущих методов исследований в данной области [19, 20].

Возникающие в процессе разработки нормативных требований вопросы решают с помощью соответствующих экспериментальных установок, отвечающих требованиям производства исследований, на моделях в гидроволновых бассейнах (пространственная задача) и (или) в гидроволновых лотках (плоская задача). При этом учитываются известные правила и законы моделирования гидравлических явлений для конкретных условий поставленных задач.

Применение данного метода позволило автору разработать не только новые нормативные документы в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия (СП 277.1325800.2016, СП 416.1324800.2018, ГОСТ Р 59241-2020, ГОСТ Р 59657-2021, ГОСТ Р 70021-2022 и др.), но и национальный стандарт непосредственно на процесс физического моделирования ГОСТ Р 70023-2022 *Физическое моделирование*

волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения. Требования к построению модели, проведению экспериментов и обработке результатов [21].

Математическое моделирование

Под математическим моделированием согласно ГОСТ Р 57188-2016 *Численное моделирование физических процессов. Термины и определения*, понимается исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения, применения и изучения их математических моделей. При этом, математическая модель – это модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений.

Математическое моделирование, как самостоятельный метод научного обоснования положений норм и стандартов в области защиты транспортных сооружений от волнового воздействия, не применяется, а используется исключительно в комплексе либо с физическим моделированием, либо с натурными наблюдениями (реже). Причиной этого является то, что процессы взаимодействия волн и течений с гидротехническими сооружениями достоверно и однозначно не описывает ни одна математическая модель. Математическое моделирование используется либо для получения предварительных ориентировочных результатов, либо в совокупности с физическим моделированием или данными натурных наблюдений.

Численные эксперименты с использованием математических моделей, откалиброванных по данным натурных наблюдений либо физического моделирования, позволяют сформулировать некоторые требования, отражаемые в нормативных документах. Так, например, СП 292.1325800.2017 *Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования* и Методическое пособие [22], разработанное в его развитие, базируются на результатах комплексных исследований, включающих также и математическое моделирование [23].

Кроме того, математическое моделирование позволяет сформулировать и конкретизировать требования нормативных документов, таких как СП 38.13330.2018 *Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)*, СП 504.1325800.2021 *Инженерные изыскания для строительства на континентальном шельфе. Общие требования* и других, к расчетным моделям, применяемым при получении расчетных гидрометеорологических характеристик (ветер, течения, волны) [24]. Наибольшее распространение в нашей стране получила модель, отраженная в СП 38.13330.2018.

4. Заключение

Постоянное развитие нормативной базы позволяет повышать надежность объектов транспорта, находящихся в зоне волнового воздействия. При этом требования технических регламентов должны обосновываться научными исследованиями.

В представленной работе описаны методы, применяемые автором при выполнении работ в обеспечение развития нормативной базы и безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия. Рассмотрены следующие методы научных исследований: натурные наблюдения и обследования береговой зоны и конструкций инженерной защиты транспортных сооружений от волнового воздействия и физическое (гидравлическое) моделирование, а также математическое моделирование. Выполнена систематизация данных, получаемых для разработки нормативных документов в рассматриваемой области.

Проведенные научные исследования были использованы автором для разработки следующих нормативных документов по защите транспортных сооружений от волнового воздействия, действующих в настоящее время в РФ (СП 277.1325800.2016; СП 416.1324800.2018; ГОСТ Р 59241-2020; ГОСТ Р 59657-202; ГОСТ Р 70021-2022).

Список литературы / References

1. Гарипов А.Р., Макаров Д.Б., Хозин В.Г., Степанов С.В. Тонкодисперсная битумная эмульсия для модификации цементного бетона дорожного назначения // Construction and Geotechnics. – 2022. – Т. 13, № 3. – С. 85–97. DOI: 10.15593/2224-9826/2022.3.08. [Garipov A.R., Makarov D.B., Khozin V.G., Stepanov S.V. Finely dispersed

bitumen emulsion for the modification of road cement concrete // Construction and Geotechnics. - 2022. - Vol. 13, No. 3. - P. 85–97. DOI: 10.15593/2224-9826/2022.3.08.]

2. Сиразиев Л. Ф. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния слоистых грунтовых оснований под центром штампа при кратковременных испытаниях // Инновации и инвестиции. 2018. № 11. С. 225-228. [Siraziev L. F. The stressed-stained state experimental researches of multilayered soilbases under the stamp center at short term tests // Innovatsii i investitsii. 2018. № 11. P. 225-228..]

3. Mirsayapov Ilshat. Endurance of reinforced concrete beams with small shear spans// Springer Nature Switzerland AG 2020 B. Anatolijs et al. (eds.), Proceedings of EECE 2019, Lecture Notes in Civil Engineering. P. 763-775.

4. Майстренко И.Ю., Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Кокодеев А.В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 1 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 4, №4 (2017) https://t-s.today/PDF/13TS417.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/13TS417. [Maistrenko I.Yu., Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Kokodeev A.V. Accidents and destruction of bridge structures, analysis of their causes. Part 1 // Internet Journal "Transport Facilities", Volume 4, No. 4 (2017) https://t-s.today/PDF/13TS417.pdf (free access). DOI: 10.15862/13TS417.]

5. Овчинников И.И., Майстренко И.Ю., Овчинников И.Г., Успанов А.М. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 4 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №1, https://t-s.today/PDF/05SATS118.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/05SATS118. [Ovchinnikov I.I., Maistrenko I.Yu., Ovchinnikov I.G., Uspanov A.M. Accidents and destruction of bridge structures, analysis of their causes. Part 4 // Internet Journal "Transport Facilities", 2018 No. 1, https://t-s.today/PDF/05SATS118.pdf (free access). DOI: 10.15862/05SATS118.]

6. Макаров, К. Н. Нормативное регулирование берегозащитных мероприятий в России / К. Н. Макаров, Г. В. Тлявлина, Р. М. Тлявлин // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов ("Опасные явления"): материалы Международной научной конференции, Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 года. – Ростов-на-Дону: Южный научный центр РАН, 2019. – С. 175-177. [Makarov, K. N. Regulatory regulation of coastal protection measures in Russia / K. N. Makarov, G. V. Tlyavlina, R. M. Tlyavlin // Patterns of formation and impact of marine, atmospheric hazards and disasters on the coastal zone of the Russian Federation in the conditions of global climatic and industrial challenges ("Dangerous phenomena"): Proceedings of the International Scientific Conference, Rostov-on-Don, June 13-23, 2019. – Rostov-on-Don: Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2019. – P. 175-177.]

7. Тлявлина, Г. В. Техническое регулирование в области проектирования берегозащитных сооружений / Г. В. Тлявлина, Р. М. Тлявлин // Строительство в прибрежных курортных регионах : Материалы X Международной научно-практической конференции, Сочи, 21–25 мая 2018 года / Под научной редакцией К.Н. Макарова. Том 1. – Сочи: Сочинский государственный университет, 2018. – С. 201-205. [Tlyavlina, G. V. Technical regulation in the field of design of coastal protection structures / G. V. Tlyavlina, R. M. Tlyavlin // Construction in coastal resort regions: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, Sochi, May 21-25, 2018 / Under the scientific editorship of K.N. Makarov. Volume 1. – Sochi: Sochi State University, 2018. – P. 201-205.]

8. Pilarczyk, K.W. Coastal Structures in International Perspective. In Coastal and Ocean Engineering Practice // Young, C.K., Ed.; Series on Coastal and Ocean Engineering Practice– Volume 1; World Scientific: Singapore, 2014; pp. 39–94. DOI: 10.1142/9789814360579_0002.

9. Coelho, & Narra, Pedro & Marinho, & Lima, Márcia. Coastal Management Software to Support the DecisionMakers to Mitigate Coastal Erosion // Journal of Marine Science and Engineering. 2020. 8 (1). 37. DOI: 10.3390/jmse8010037.

10. Nelson, K.; Burnside, N.G. Identification of marine management priority areas using a GIS-based multi-criteria approach // Ocean and Coastal Management. 2019. 172. P. 82–92. DOI: 172. 82-92. 10.1016/j.ocecoaman.2019.02.002.

11. Williams, A.T.; Rangel-Buitrago, N.; Pranzini, E.; Anfuso, G. The management of coastal erosion // Ocean and Coastal Management. 2018. 156. Pp. 4–20. DOI:10.1016/J.OCECOAMAN.2017.03.022

12. Huang, W.; Hsu, I.; Chen, C.; Ye, C. The Study of the Coastal Management Criteria Based on Risk Assessment: A Case Study on Yunlin Coast, Taiwan // Water. 2018. 10, 988. DOI: 10.3390/w10080988.

13. Кушу, Э.Х. Проблемы и особенности проектирования и проведения экспертиз морских берегозащитных сооружений / Э.Х. Кушу // Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы X международной конференции, 21-25 мая 2018 г. /Под науч. ред. проф. К.Н. Макарова. - Сочи, СГУ. – 2018. – С. 12-20. [Kushu, E.H. Problems and features of designing and conducting examinations of marine coastal protection structures / E.H. Kushu // Construction in coastal resort regions. Proceedings of the X International Conference, May 21-25, 2018 /Under the scientific editorship of Prof. K.N. Makarov. - Sochi, SSU. – 2018. – P. 12-20.]

14. Тлявлин, Р.М. Проблемы обследования и мониторинга сооружений инженерной защиты береговой зоны / Р.М. Тлявлин // Олимпийское наследие и крупномасштабные мероприятия: влияние на экономику, экологию и социокультурную сферу принимающих дестинаций. Материалы XI Международной научно-практической конференции (г. Сочи, 14-15 ноября 2019 г.) – Сочи: РИЦ ФГБОУ ВО "СГУ", 2019. – С. 244-248. [Tlyavlin, R.M. Problems of inspection and monitoring of engineering protection structures of the coastal zone / R.M. Tlyavlin // Olympic heritage and large-scale events: impact on the economy, ecology and socio-cultural sphere of host destinations. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference (Sochi, November 14-15, 2019) – Sochi: RIC FGBOU VO "SGU", 2019. – P. 244-248.]

15. Тлявлина, Г. В. Лабораторные и натурные исследования в обеспечение развития нормативной базы и безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия / Г. В. Тлявлина // Транспортные сооружения. – 2022. – Т. 9, № 4. – DOI 10.15862/10SATS422. [Tlyavlina, G. V. Laboratory and field studies to ensure the development of the regulatory framework and safety of transport structures in the conditions of wave action / G. V. Tlyavlina // Transport structures. – 2022. – Vol. 9, No. 4. – DOI 10.15862/10SATS422.]

16. Маций, С. И. Актуальные проблемы совершенствования нормативной базы в области инженерной защиты / С. И. Маций, В. Г. Федоровский, А. К. Рябухин // . – 2019. – № 4. – С. 25-29. [Matsii, S. I. Current issues of improving the regulatory framework in the field of engineering protection / S. I. Matsii, V. G. Fedorovsky, A. K. Ryabukhin // . – 2019. – № 4. – P. 25-29.]

17. Дзюбенко, Л. Ф. Обзор документов по безопасности гидротехнических сооружений, вступивших в силу с 1 января 2021 г / Л. Ф. Дзюбенко // Актуальные вопросы архитектуры и строительства : Материалы XIV Международной научно-технической конференции, Новосибирск, 30 марта – 01 2021 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2021. – С. 117-123. – DOI 10.32683/978-5-7795-0932-9-2021-117-122. [Dzyubenko, L. F. Review of documents on the safety of hydraulic structures that entered into force on January 1, 2021 / L. F. Dzyubenko // Topical issues of architecture and construction: Proceedings of the XIV International Scientific and Technical Conference, Novosibirsk, March 30 – 01, 2021. – Novosibirsk: Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), 2021. - P. 117-123. – DOI 10.32683/978-5-7795-0932-9-2021-117-122.]

18. Гудкова, Н. Н. Анализ актуализации отечественной системы регулирования проектной деятельности и строительства, влияние Еврокодов, основные тенденции развития нормативной базы / Н. Н. Гудкова // Водные пути и русловые процессы. Гидротехнические сооружения водных путей: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 02–05 июня 2021 года / Под редакцией Г.Л. Гладкова, К.П. Моргунова. Том Выпуск 5. Часть 2. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2021. – С. 16-22. [Gudkova, N. N. Analysis of the actualization of the domestic system of regulation of project activities and construction, the influence of Eurocodes, the main

trends in the development of the regulatory framework / N. N. Gudkova // Waterways and riverbed processes. Hydraulic structures of waterways: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, 02-05 June 2021 / Edited by G.L. Gladkov, K.P. Morgunov. Volume 5. Part 2. – St. Petersburg: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Admiral S.O. Makarov State University of the Sea and River Fleet, 2021. – P. 16-22.]

19. Santamaría M., Diaz-Carrasco P., Moragues M.V., Clavero M., Losada M. Uncertainties of the actual engineering formulas for coastal protection slopes. The dimensional analysis and experimental method // Proceedings of the 39th IAHR World Congress, 2022. DOI: https://doi.org/10.3850/IAHR-39WC252171192022900.

20. Frostick L.E., McLelland S.J., Mercer T.G. Users guide to physical modelling and experimentation. – London: Taylor & Francis Group, 2011. – 272 p. – DOI: 10.1201/b11335. ISBN 9780415609128.

21. Тлявлина, Г. В. Разработка национального стандарта ГОСТ Р «Физическое моделирование волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения. Требования к построению модели, проведению экспериментов и обработке результатов» / Г. В. Тлявлина // Моря России: Год науки и технологий в РФ - Десятилетие наук об океане ООН: Тезисы докладов Всероссийской научной конференции, Севастополь, 20–24 октября 2021 года. – Севастополь: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Морской гидрофизический институт РАН", 2021. – С. 473-474. [Tlyavlina, G. V. Development of the national standard GOST R "Physical modeling of wave impacts on port hydraulic structures. Requirements for building a model, conducting experiments and processing results" / G. V. Tlyavlina // Seas of Russia: The Year of Science and Technology in the Russian Federation - The UN Decade of Ocean Sciences: Abstracts of the All-Russian Scientific Conference, Sevastopol, October 20-24, 2021. – Sevastopol: Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center "Marine Hydrophysical Institute of the Russian Academy of Sciences", 2021. – P. 473-474.]

22. База исходных данных для проектирования строительных сооружений на цунамиопасных побережьях Российской Федерации: Методическое пособие в развитие положений СП 292.1325800.2017 "Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования" / М. А. Клячко, А. И. Зайцев, В. М. Кайстренко [и др.]; Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве». – Москва: Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве, 2018. – 127 с. [The database of initial data for the design of construction structures on tsunami-prone coasts of the Russian Federation: A methodological guide in the development of the provisions of SP 292.1325800.2017 "Buildings and structures in tsunami-prone areas. Design Rules" / M. A. Klyachko, A. I. Zaitsev, V. M. Kaistrenko [et al.]; Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation, Federal Autonomous Institution "Federal Center for Standardization, Standardization and Conformity Assessment in Construction". – Moscow: Federal Center for Standardization, Standardization and Conformity Assessment in Construction, 2018. – 127 p.]

23. Кантаржи, И. Г. Физическое моделирование воздействия волн цунами на береговые сооружения / И.Г. Кантаржи, А. Н. Акулинин // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2017 Т. 10, № 3 С. 78—90. DOI: 10.7868/S2073667317030078. [Kantarzhi, I. G. Physical modeling of the impact of tsunami waves on coastal structures / I.G. Kantarzhi, A. N. Akulinin // Fundamental and applied hydrophysics. 2017 Vol. 10, No. 3 P. 78-90. DOI: 10.7868/S2073667317030078.]

24. Научно-методическое обоснование генеральной схемы берегозащиты сочинской агломерации "Морской фасад": научно-практическое пособие Научно-практическое пособие / К. Н. Макаров, Г. В. Тлявлина, Р. М. Тлявлин. Министерство науки и высшего образования РФ, Сочинский государственный университет. - Сочи: СГУ, 2019. - 207 с. [Scientific and methodological substantiation of the general scheme of coastal protection of the Sochi agglomeration "Marine facade": scientific and practical manual Scientific and practical

manual / K. N. Makarov, G. V. Tlyavlina, R. M. Tlyavlin. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Sochi State University. - Sochi: SSU, 2019. - 207 p.]

Информация об авторе

Тлявлина Галина Вячеславовна (Сочи, Россия) – кандидат технических наук, заведующий лабораторией моделирования, расчетов и нормирования в гидротехническом строительстве, ОП АО ЦНИИТС «НИЦ «Морские берега».
E-mail: TlyavlinaGV@Tsniis.com

Information about the author

Galina V. Tlyavlina (Sochi, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Modeling, Calculations and Standardization in Hydraulic Engineering, Joint Stock Company «Central research institute of Transport Construction», R&D Centre «Morskie berega».
Email: TlyavlinaGV@Tsniis.com

УДК: 711.5
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_92
EDN: YOJUXE

Анализ данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга

О.Н. Дьячкова[1], А.Е. Михайлов[1]
[1]Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи*. Одной из проблем устойчивого развития городов является их обеспеченность территориями зеленых насаждений, которые выполняя разнообразные функции, способствуют улучшению качества жизни горожан. Оценку градостроительной ситуации с позиции наличия различных по площади территорий зеленых насаждений общего пользования актуально проводить не только рассматривая их размещение в пределах городской черты, но также учитывая их принадлежность административно-территориальным единицам (районам) города. Перечень территорий зеленых насаждений общего пользования в Санкт-Петербурге, их границы и ориентировочная площадь устанавливаются законом Санкт-Петербурга № 430-85 от 08 октября 2007 г. «О зеленых насаждениях общего пользования». *Цель работы* заключается в создании и апробации, удобного и наглядно отражающего текущую ситуацию, инструмента для анализа, утвержденных законом, данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга. *Задачи исследования*: извлечение и компрессия данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга, выбор и обоснование математического аппарата для анализа данных, разработка концептуального решения дашборда представления данных. *Результаты*. Разработан комплекс методов представления исходной информации о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга и результатов анализа данных в удобной для восприятия и интерпретации форме. *Выводы*. Аналитический дашборд может быть востребован в градостроительной деятельности при проектировании «зеленой» инфраструктуры Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: город, зеленые насаждения, данные, визуализация, гистограмма, регрессионный анализ.

Для цитирования: Дьячкова О.Н., Михайлов А.Е. Анализ данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга // Известия КГАСУ 2023 № 2 (64), с.92-100, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_92, EDN: YOJUXE

Analysis of data on accessible public green spaces in St. Petersburg

Olga. N. D'yachkova[1], Alexander E. Mikhailov[1]
[1]St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russian Federation

Abstract: *Problem statement*. The problem of sustainable development of cities is their provision with accessible public green spaces. The list of accessible public green spaces in St. Petersburg is established by law. The information that is established in the law was the source material for the work. The goal of the work was to create and test a tool for the analysis of data on accessible public green spaces. The *research objectives* are to extract and compress data, choose and justify a mathematical apparatus for the analysis of data, present data as a dashboard. *Results*. We have developed a method for presenting initial information about

accessible public green spaces in St. Petersburg. We presented the result of the data analysis in a form that is easy to interpret. *Conclusions*. Analytical dashboard may be needed in urban planning activities in the design of "green" infrastructure of St. Petersburg.

Keywords: city, green spaces, data, visualization, histogram, regression analysis.

For citation: D'yachkova O.N., Mikhailov A.E. Analysis of data on accessible public green spaces in St. Petersburg // News KSUAE 2023 №2 (64), p. 92-100, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_92, EDN: YOJUXE

1. Введение

Развивающаяся устойчивость города базируется на достижении эколого-градостроительного баланса на его территории [1–3]. Сохранять и наращивать устойчивость городской среды в отношении воздействия негативных внутренних и внешних факторов, обеспечивать ее социально-экономические и экологические функции позволяет природно-рекреационный «зеленый» каркас [4–7]. Особенности формирования природного каркаса в генеральных планах российских и зарубежных городов подробно рассмотрены Краснощековой Н.С.[1]

Под организационно-технологической надежностью городских озелененных пространств автором [8] предлагается понимать способность организационных, технологических, управленческих, экономических решений обеспечивать жизнеспособность биоэкологического каркаса города в условиях случайных возмущений, присущих градостроительству и городскому хозяйству как сложным вероятностным системам. Для анализа организационно-технологической надежности разрабатываются различные комплексные оценки [9–12].

Принятию эффективных решений по развитию «зеленой» инфраструктуры на этапах градостроительной деятельности, включая разработку и утверждение документов территориального планирования, градостроительного зонирования, планировки территорий, комплексного развития территорий и их благоустройства способствует подготовка квалифицированных кадров [13]. А также создание и внедрение удобного в применении и наглядно отражающего градостроительную ситуацию инструмента для ее анализа. Проблемам классификации и типизации городских озелененных пространств и функционального зонирования их территорий посвящены многочисленные публикации [14, 15].

Согласно закону Санкт-Петербурга от 28.06.2010 № 396-88 «О зеленых насаждениях в Санкт-Петербурге»[2] территории городских зеленых насаждений подразделяются на виды: территории зеленых насаждений общего пользования; территории зеленых насаждений, выполняющих специальные функции; территории зеленых насаждений ограниченного пользования; территории защитных лесов; территории зеленых насаждений особо охраняемых природных территорий.

Объект исследования – территории зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга. Предмет исследования – данные о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга.

Цель работы заключается в создании и апробации инструмента для анализа данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга.

Задачи исследования:

- извлечение и компрессия данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга;
- выбор и обоснование математического аппарата для анализа данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга;

[1] Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов: учебное пособие для вузов, специальность «Архитектура». М.: Изд-во Архитектура-С, 2010. 184 с.
[2] Закон Санкт-Петербурга от 28.06.2010 № 396-88 О зеленых насаждениях в Санкт-Петербурге. Вестник Законодательного собрания Санкт-Петербурга, № 25, 12.07.2010.

• разработка концептуального решения дашборда представления данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга.

2. Материалы и методы

За основу при разработке инструмента для анализа данных о территориях зеленых насаждений общего пользования принимаем закон Санкт-Петербурга № 430-85 от 08 октября 2007 г. «О зеленых насаждениях общего пользования»[3]. В соответствии со структурой документа данные территорий анализируем отдельно по установленным блокам: городское значение; местное значение; резерв озеленения (рис. 1).

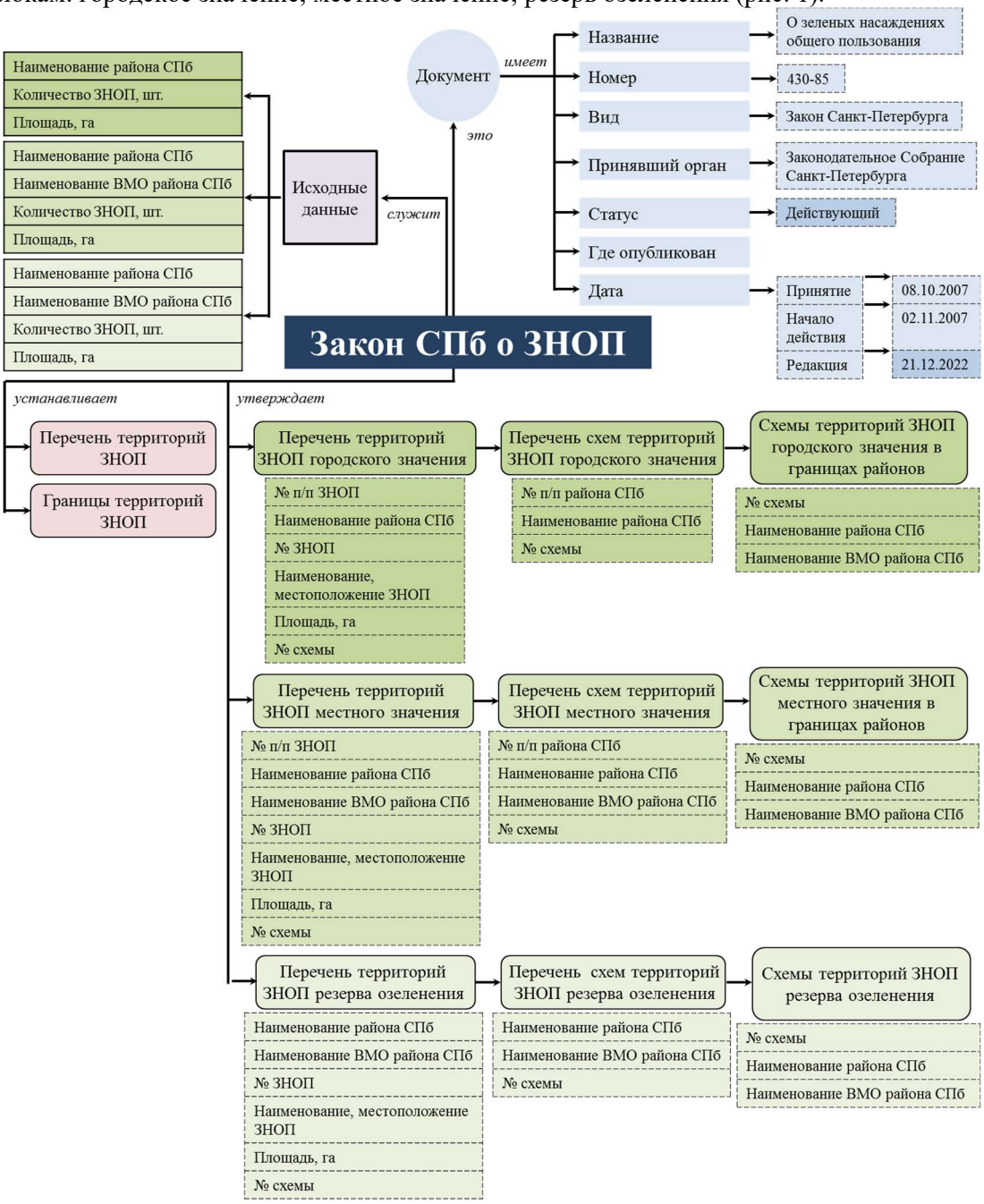


Рис. 1. Состав и структура закона Санкт-Петербурга № 430-85 от 08 октября 2007 г. «О зеленых насаждениях общего пользования» (принятые сокращения: СПб – Санкт-Петербург, ЗНОП – зеленые насаждения общего пользования, ВМО – внутригородское муниципальное образование) (иллюстрация авторов)

Fig. 1. Framework of regulatory document (illustration by the author)

[3] Закон Санкт-Петербурга № 430-85 от 08 октября 2007 г. О зеленых насаждениях общего пользования. Вестник Законодательного собрания Санкт-Петербурга, № 32, 22.10.2007.

Вычисляем логарифм от площади для каждой территории.

Ранжируем территории по возрастанию соответственно значениям их логарифмов от площади.

Проводим регрессионный анализ.

В данном случае рассмотрим модель простой линейной регрессии, то есть мы предполагаем, что логарифм площади является линейной функцией ранга. Массив данных представляет собой значения двух переменных X (ранг) и Y (логарифм площади). Используем переменную X для предсказания значений зависимой переменной Y.

Методом наименьших квадратов подбираем линию регрессии. С помощью коэффициента детерминации определяем насколько уравнение регрессии соответствует реальным данным. Анализируем коэффициенты уравнения регрессии, которые показывают степень влияния переменной X (ранг) на переменную Y (логарифм площади).

Определяем медиану.

3. Результаты и обсуждение

Рост городов влияет на многие аспекты природной среды, включая зеленые насаждения. Разрабатывая авторскую математическую методику для анализа и оценки состояния городской «зеленой» инфраструктуры в качестве исходных данных ученые используют: результаты натурного обследования и данные из официальных документов муниципалитета [5]; *the database of Urban Atlas* [9]; данные дистанционного зондирования и статистические данные [16].

Алгоритм анализа данных в нашем случае включает четыре этапа (рис. 2).

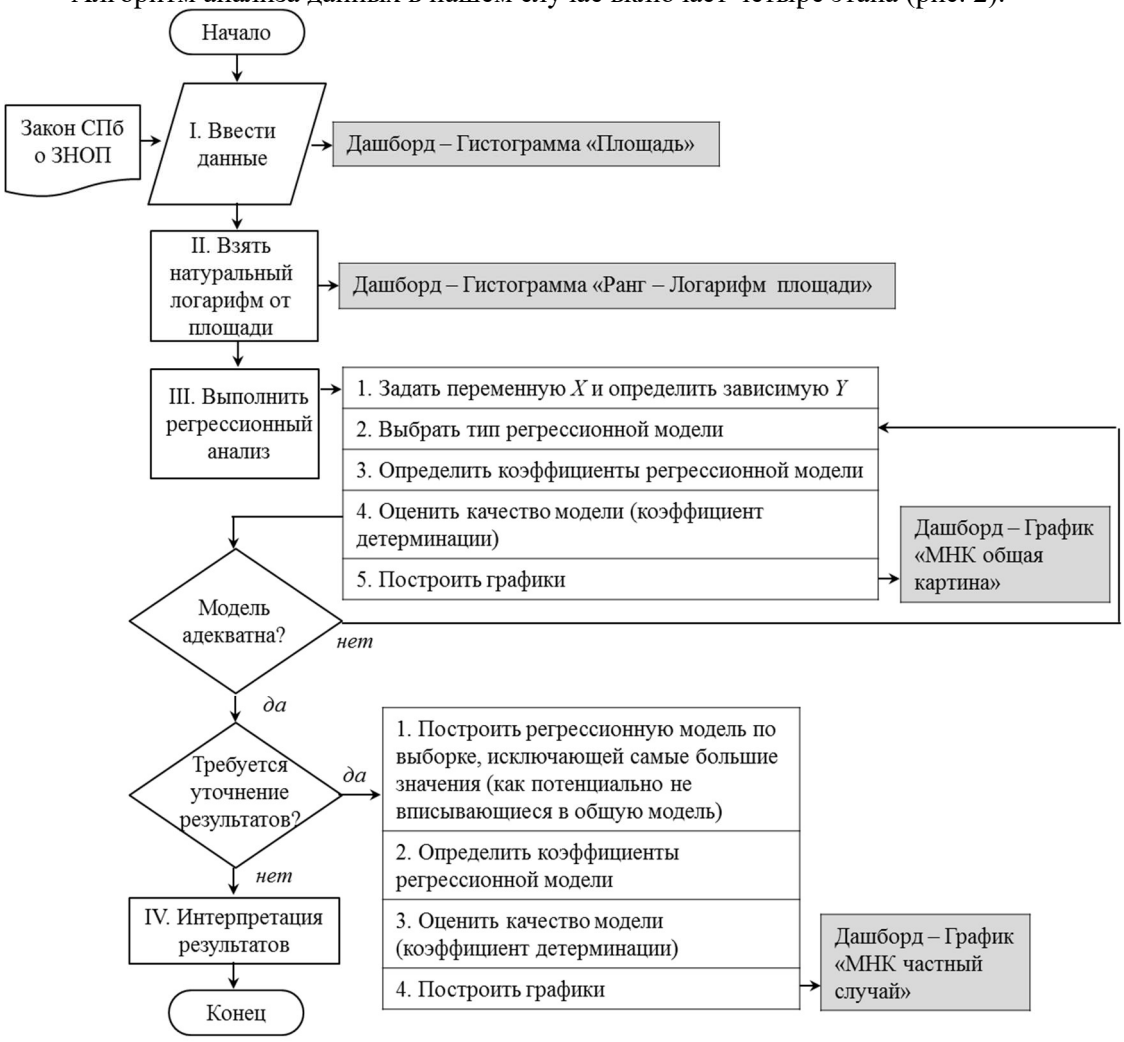


Рис. 2. Алгоритм анализа данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга (иллюстрация авторов)

Fig. 2. Algorithm for analyze data (illustration by the author)

Вводим данные из соответствующих приложений (приложения 1, 4 и 7) к закону Санкт-Петербурга № 430-85 от 08 октября 2007 г. «О зеленых насаждениях общего пользования». Соответственно административно-территориальному устройству Санкт-Петербурга в блоке территорий городского значения – 18 гистограмм (по районам), в блоке территорий местного значения – 111 гистограмм (по внутригородским муниципальным образованиям). Гистограмма «Площадь» строится на основе данных (количество и площадь территорий) из приложений к закону без каких-либо преобразований данных. Получаем знание о наличии в том или ином районе и муниципальном образовании города территорий различных по площади, представленное в достаточно хаотичном виде.

Ранжируем территории по площади и выполняем логарифмирование. Отображаем результаты с помощью гистограммы «Ранг – Логарифм площади». Знание о наличии некоторого объема различных по площади территорий приобретает системный вид.

Классификацию территорий выполняем с помощью регрессионного анализа. Визуализируем результат в виде графика, построенного методом наименьших квадратов (МНК).

График «МНК общая картина» иллюстрирует данные выборки, включающей все территории зеленых насаждений общего пользования.

Поскольку алгоритм адаптировали, анализируя данные о территориях общего пользования городского значения, и была выявлена функция линейной зависимости, постольку на этапе интерпретации результатов принято решение включить в состав алгоритма второй график.

График «МНК частный случай» иллюстрирует данные по выборке, исключающей самые большие по площади территории. Из графика видно, что картина выглядит более линейной, чем в общем случае.

Фрагмент концептуального решения дашборда представлен на рис. 3.

Площади наиболее крупных территорий зеленых насаждений общего пользования городского значения составляют порядка половины от рассматриваемых площадей территорий. Можно предположить, что, расположенные в границах района, наиболее крупные по площади территории зеленых насаждений общего пользования при их создании подчиняются определенным закономерностям.

Создание в городской структуре больших по площади территорий зеленых насаждений требует принятия решений на этапах разработки и утверждения генерального плана города [17]. При разработке градостроительной документации следует учитывать, что приоритетным фактором, формирующим идентичность городской среды, является природный [18]. Для оценки градостроительной ситуации в части состояния зеленых зон эффективны различные математические инструменты: мы применили регрессионный анализ, авторы [5] – модели коэффициента энтропии, авторы [14] – кластерный анализ.

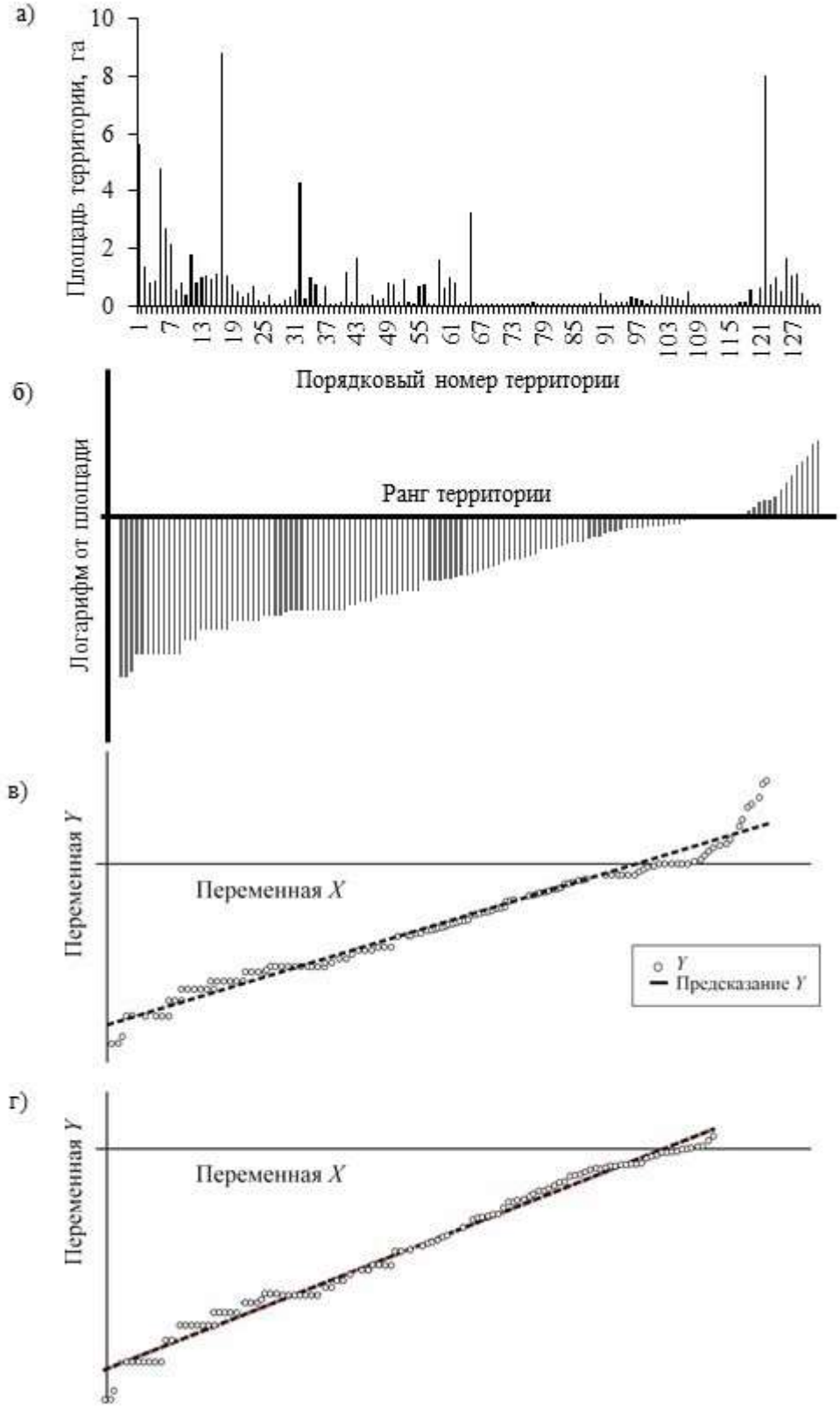


Рис. 3. Концепция визуализации данных о территориях зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга (на примере Василеостровского района): гистограмма «Площадь», гистограмма «Ранг – Логарифм площади», график «МНК общая картина», график «МНК частный случай» (иллюстрация авторов)

Fig. 3. The concept of visualization to data (on the example of Vasileostrovsky district) (illustration by the author)

4. Заключение

1. Концептуальное решение дашборда представления данных о территориях зеленых насаждений общего пользования разработано средствами *Microsoft Excel*. В основу алгоритма заложен регрессионный анализ преобразованных с помощью логарифмирования данных о площади и количестве территорий зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга.

2. Алгоритм апробирован для анализа данных о территориях зеленых насаждений общего пользования городского значения (площадь и количество территорий). В процессе регрессионного анализа выявлена линейная зависимость при классификации территорий по площади. Соответствие уравнения регрессии реальным данным определено с помощью коэффициента детерминации, который для всех районов превышает 0,8. Такие модели признаются достаточно хорошими. При этом в каждом районе города наблюдаются, порядка 10% территорий, имеющих наибольшие площади, которые выбиваются из общей картины.

3. Установлено, что во всех районах города значение медианы для территорий зеленых насаждений общего пользования городского значения не превышает 1 га, за исключением Колпинского (2,32га) и Петродворцового районов (1,21 га).

4. Рабочей гипотезой для продолжения исследования является предположение о том, что полученные результаты могут быть связаны с историческими этапами освоения городской территории.

Список литературы/ References

1. Кочуров Б.И., Ивашкина И.В., Ермакова Ю.И., Фомина Н.В., Лобковская Л.Г. Эколого-градостроительный баланс и перспективы развития мегаполиса Москва как центра конвергенции // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 3. С. 65–72. DOI: 10.24411/1816-1863-2019-13065 [Kochurov B.I., Ivashkina I.V., Ermakova Yu. I., Fomina N.V., Lobkovskaya L.G. Ecological and urban planning balance and prospects for development of the megalopolis of Moscow as the center of convergence // Ecology of urban areas. 2019. Vol. 3. P. 65–72.]

2. Kochurov B.I., Ermakova Yu.I., Ivashkina I.V. Self-Organization and Self-Development of Urbogeosystems // Geography and natural resources. 2021. Vol. 42. Iss. 3. P. 225–231. DOI: 10.1134/S1875372821030094.

3. Хуснутдинова С.Р., Дембич А.А., Закирова Ю.А. Социально-экологические факторы формирования комфортной среды урбанизированных территорий // Географический вестник. 2016. № 4 (39). С. 28–35. DOI: 10.17072/2079-7877-2016-4-28-35 [Khusnutdinova S.R., Dembich A.A., Zakirova Yu.A. Socio-ecological factors of the comfortable environment formation in urban areas // Geographic Bulletin. 2016. Vol. 4. Iss. 39. P. 28–35.]

4. Дьячкова О.Н. Принципы стратегического планирования развития «зеленой» инфраструктуры городской среды // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 8. С. 1045–1064. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.8.1045-1064. [D'yachkova O.N. Principles of strategic planning for the development of "green" infrastructure of the urban environment // Vestnik MGSU. 2021. Vol. 16. Iss. 8. P. 1045–1064.]

5. Данилина Н.В., Маджорзадехзахири А. Анализ состояния городского зеленого каркаса в Тегеране // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 8. С. 975–985. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.8.975-985 [Danilina N.V., Majorzadehzahiri A. Analysis of the state of urban green space framework in Tehran // Vestnik MGSU. 2021. Vol. 16. Iss. 8. P. 975–985.]

6. Латыпова М. С., Гафурова С. В. Политика комплексного планирования и развития городской системы озеленения на примере города-государства Сингапур: Материалы II Межрегиональной научно-практической конференции – Современные общественные пространства как инструмент развития городской среды / СПбГАСУ. Санкт-Петербург, 2020. С. 256–264. https://www.spbgasu.ru/upload/medialibrary/c4b/bf4ktiqf1mgrv7wjxx3qavs4iglh1jjd/Sovrprostranstva2020%20-%20Copy%201.pdf [Latypova M.S., Gafurova S.V. Policy of integrated planning and development of the urban greening system on the example of the city-state of

Singapore: dig. of art. II International Conference – Modern public spaces / SPbGASU. Saint Petersburg, 2020. P. 256–264.]

7. Danilina N., Tsurenkova K., Berkovich V. Evaluating urban green public spaces: the case study of Krasnodar Region cities Russia // Sustainability. 2021. Vol. 13. Iss. 24. DOI: 10.3390/su132414059.

8. Дьячкова О.Н. Организационно-технологическая надежность городских озелененных пространств // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 7. С. 61–67. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.07.61-67 [D'yachkova O.N. Organizational and technological reliability of urban green spaces // Industrial and civil engineering. 2022. Vol. 7. P. 61–67.]

9. Wolff M., Dagmar H. Mediating sustainability and liveability – turning points of green space supply in European cities // Frontiers in environmental science. 2019. Vol. 7. Iss. P. 61. https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00061.

10. Liu M., Li X., Song D., Zhai H. Evaluation and monitoring of urban public green space planning using landscape metrics in Kunming // Sustainability. 2021. Vol. 13. Iss. 7. P. 3704. https://doi.org/10.3390/su13073704.

11. Zhang J., Yue W., Fan P., Gao J. Measuring the accessibility of public green spaces in urban areas using web map services // Applied geography. 2021. Vol. 126. P. 102381. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102381.

12. Klimanova O.A., Illarionova O.I. Green infrastructure indicators for urban planning: applying the integrated approach for Russian largest cities // Geography, Environment, Sustainability. 2020. Vol. 13. Iss. 1. P. 251–259.

13. Dembich A., Mutallapova G., Sayfutdinova A. Naberezhnye Chelny – implementation roadmap of the master plan–2022 / E3S Web of Conferences Volume 274 (2021): 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021), Kazan, April 21–28, 2021. Vol. 274. France: EDP Sciences, 2021. P. 1032. DOI 10.1051/e3sconf/202127401032.

14. Образцова С.В., Бакаева Н.В. Типология парков в крупных и крупнейших городах Российской Федерации (на примере Москвы) : сб. докл. III Национальной конференции – Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2022 / НИУ МГСУ. Москва, 2023. С. 244–249. [Obraztsova S.V., Bakaeva N.V. Typology of parks in large and major cities of the Russian Federation (on the example of Moscow): dig. of art. III National conference – Current issues in the construction industry and education – 2022 / Moscow State University of Civil Engineering. Moscow, 2023. P. 244–249.]

15. Силин Р.В., Корбут Е.Е. Разработка методики и оценка качества функционального зонирования территории парков больших городов Беларуси // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 1. С. 11–23. DOI: 10.22227/1997- 0935.2023.1.11-23. [Silin R.V., Korbut E.E. Functional zoning of park territories in large cities of Belarus: development of methods and quality assessment // Vestnik MGSU. 2023. Vol. 18. Iss. 1. P. 11–23.]

16. Klimanova O.; Illarionova O.; Grunewald K.; Bukvareva E. Green infrastructure, urbanization, and ecosystem services: The main challenges for Russia's largest cities. Land. 2021. Vol. 10. P. 1292. https://doi.org/10.3390/ land10121292.

17. Файзрахманова Г.Р. Программа реконструкции старых и создания новых общественно-рекреационных пространств как важный элемент «зеленой» экономики города : сб. докл. XVI Международной конференции – Российские регионы в фокусе перемен / УрФУ им. Б.Н. Ельцина. Екатеринбург, 2022. С. 8–10. 978-5-91256-542-7_1_002.pdf [Faizrakhmanova G. R. Reconstruction of old and creation of new public and recreational spaces as an important element of the "green" economy of the city: dig. of art. XVI International Conference – Russian regions in the focus of change / Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin. Ekaterinburg, 2022. P. 8–10.].

18. Файзрахманова Г.Р., Закирова Ю.А., Кулакова Е.А. Методы и приемы формирования дизайн-кода современной городской застройки (на примере Ново-Савиновского района г. Казани) // Архитектон: известия вузов. 2022. № 4 (80). DOI: 10.47055/1990-4126-2022-4(80)-26 [Faizrakhmanova G.R., Zakirova Yu A., Kulakova E.A. Methods and techniques for developing the design code of a modern urban development (on the

example of the Novo-Savinovsky district of Kazan) // Architecton: news of universities. 2022. Vol. 4. Iss. 80. P. 1–14.].

Информация об авторах

Ольга Николаевна Дьячкова, кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
Email: dyachkova_on@mail.ru
Александр Евгеньевич Михайлов, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
Email: event_horizon@inbox.ru

Information about the authors

Olga N. D'yachkova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation
Email: dyachkova_on@mail.ru
Alexander E. Mikhailov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation
Email: event_horizon@inbox.ru

УДК: 711.4
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_101
EDN: XQBZOK

Современные тенденции в области художественного синтеза в архитектуре и дизайне города

Т.А. Евстратова[1], Л.М. Кулеева[1], В.Н. Куприянов[1], С.А. Малахов[2], С.М. Михайлов[1]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация;
[2]Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Актуальным вопросом в архитектурно-дизайнерской теории и практике стало развитие художественного синтеза в современной архитектуре и дизайне города, которое привело к появлению таких новых форм, как арт-объекты и инсталляции, анаморфозные и кинетические медиа-фасады, «виртуальные» фальш-фасады, видео-мэппинга и видео-арта, голографии и кинематографа, оп-арта и пр. Целью исследования стало выявление особенностей, новых форм и современных тенденции в области художественного синтеза в архитектуре и дизайне города. Задачами исследования являются: выявление факторов, повлиявших на развитие художественного синтеза; изучение современных тенденций в области художественного синтеза; систематизация форм проявления художественного синтеза (тенденций) в архитектуре и дизайне города. *Результаты.* Исследование показало, что с развитием дизайна традиционные формы синтеза изобразительных и пластических искусств с архитектурой значительно расширяют свои объектные границы: от отдельных архитектурных и предметных форм к пространственному художественному синтезу в дизайне архитектурных ансамблей и созданию комплексных многоаспектных программ художественного преобразования города в целом. И сегодня правомерным становится говорить о многоуровневом художественном синтезе архитектуры, изобразительных и пластических искусств с дизайном.
Выводы. Полученные результаты способствуют созданию принципов использования новых форм художественного синтеза, формулировке дальнейших задач архитектурно-дизайнерской теории и практики.

Ключевые слова: синтез, дизайн, архитектура, искусство, суперграфика, стрит-арт, оп-арт, интерактивность, LED-технологии, медиа-фасады, видео-мэппинг

Для цитирования: Евстратова Т.А., Кулеева Л.М., Куприянов В.Н., Малахов С.А., Михайлов С.М. Современные тенденции в области художественного синтеза в архитектуре и дизайне города // Известия КГАСУ 2023 № 2 (64), с. 101-112, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_101, EDN: XQBZOK

Modern trends in the field of artistic synthesis in architecture and design of the city

T.A. Evstratova[1], L.M. Kuleeva[1], V.N. Kupriyanov[1], S.A. Malakhov[2], S.M. Mikhailov[1]
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering;
Kazan, Russian Federation
[2]Samara Polytech University,
Samara, Russian Federation

Abstract: *Problem statement.* The development of artistic synthesis in modern architecture and city design has become a topical issue in architectural design theory and practice, which has led to the emergence of such new forms as art objects and installations, anamorphic and kinetic media facades, "virtual" false facades, video mapping and video art, holography and cinematography, op art, etc. The aim of the study was to identify features, new forms and modern trends in the field of artistic synthesis in the architecture and design of the city. The objectives of the study are to identify the factors that influenced the development of artistic synthesis, as well as to systematize the modern forms of its manifestation (trends) in the architecture and design of the city. *Results.* The study showed that with the development of design, traditional forms of synthesis of fine and plastic arts with architecture significantly expand their object boundaries: from individual architectural and object forms to spatial artistic synthesis in the design of architectural ensembles and the creation of complex multi-aspect programmes for the artistic transformation of the city as a whole. And today it becomes appropriate to talk about a multi-level artistic synthesis of architecture, fine and plastic arts with design. *Conclusions.* The results obtained contribute to the creation of principles for the use of new forms of artistic synthesis, the formulation of further tasks of architectural design theory and practice.

Keywords: synthesis, design, architecture, art, supergraphics, street art, op art, interactivity, LED technology, media facades, video mapping

For citation: Evstratova T.A., Kuleeva L.M., Kupriyanov V.N., Malakhov S.A., Mikhailov S.M. Modern trends in the field of artistic synthesis in architecture and design of the city // News KSUAE 2023 № 2 (64), p.101-112, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_101, EDN: XQBZOK

1. Введение

В теории архитектуры и искусствоведении вопросы синтеза изобразительных и пластических искусств с архитектурой до сих не потеряли своей актуальности [1-3]. Принято считать, что синтез искусств возникает в истории с дифференциацией искусств по видам, «выявляя своё взаимодополняющее своеобразие, возникает и обратное стремление — к их синтезу» [4-6].

Исследователи начинают рассматривать историю синтеза искусств с культур Древнего Востока, делая определенный акцент на гармоничном взаимодействии архитектуры и изобразительных и пластических искусств Античности [7-9], новых формах синтеза Возрождения, синтезе искусств на основе архитектуры в стиле «Модерн» на рубеже XIX-XX вв., на мемориальных объектах и монументальном искусстве XX в.

В современных условиях, с масштабным развитием дизайна и новейших технологий информационного общества, архитектурно-художественный синтез значительно расширил свои традиционные границы, включив такие новые области как суперграфика и стрит-арт, ленд-арт и ландшафтный дизайн, лучевые технологии и световой дизайн, видео-мэппинг и медиа-арт, кинетическое искусство и кинематограф [10]. Это отмечают в своих исследованиях искусствоведы, теоретики архитектуры и дизайна А.Е. Грищенко и Е.Б. Коробий, рассуждая о суперграфике как о «новом виде художественного взаимодействия архитектурного контекста и графического дизайна, пришедшему на смену традиционным формам синтеза монументально-декоративного искусства и

архитектуры» [11]. О формах архитектурно-художественного синтеза на основе светового дизайна (лайт-арта) пишет В.Е. Карпенко, «проецирование на фасадные плоскости городских объектов кино-, видео-, и мульт-образов, подчеркивают или разрушают тектонику здания, делая средовые объекты открытыми для интерпретации» [12]. Н.Н. Александров, изучая тему кинетического искусства делает вывод, что «пределов для синтеза нет», а «приемы кинетизма повсеместно использовались в разнообразных шоу, от выставок и дискотек до выборов президентов. Газосветная реклама, неон, экраны, трехмерные рекламы и прочее, сопровождаемые всем потенциалом кинетизма, породили облик современных городов» [13]. Р.И. Алиева и А.В. Ефимов отмечают, что «изменение жизни человека и общества в эпоху технологических революций требует создания качественно новой городской среды, а мировая эволюция пластических искусств демонстрирует переход от живописи к объему (скульптура, инсталляция, малая архитектурная форма) и к пространству (городская среда)» [14].

В известной статье Рихарда Вагнера 1849 г. «Искусство и революция» им была изложена концепция «искусства будущего», в которой затрагивались общие проблемы синтеза искусств [15]. Уильям Моррис и Готфрид Земпер, в своих исследованиях, развили теорию синтеза искусств на основе архитектуры и изобразительных искусств [16]. В XX в. синтез искусств и архитектуры перерастает в тотальную систему, призванную решать проблемы связанные не только с видоизменениями предметно-пространственной среды, но и социальными запросами общества.

Интенсивное развитие коммуникационных и когнитивных технологий современного постиндустриального общества ведет к созданию т.н. «умных вещей», «умного дома» и «умного города» (Smart City). С последним исследователи все чаще связывают такое понятие, как «умное» арт-пространство, наполняющее город новой, постинформационной эстетикой [17], отмечая, что информационные технологии станут тем фундаментом, на котором будет строиться эстетика будущего. Плазменные экраны и дисплеи, проецирующие исторические фрагменты и фильмы, становятся репрезентаторами специфического культурного кода [18].

В условиях постиндустриального общества на смену «экономическому человеку» индустриальной эпохи идет многомерный (творческий) человек с целостной картиной мировосприятия и более высокими духовными и функциональными запросами, видя предназначение окружающей его предметно-пространственной среды уже не только и не столько лишь в утилитарной функциональности. И форма объекта, вопреки ранее установленным правилам, перестает следовать строго за его функцией. Художественный синтез в архитектуре XXI в. все меньше подчиняется законам архитектоники, становится менее зависимым от архитектурного контекста и пространственных ситуаций города. Особое значение здесь начинает приобретать «человеческий фактор», ориентирующий архитектурную среду на более тесный и разнообразный контакт с человеком, который хочет видеть в ней яркие краски, зрелищность, эмоциональную насыщенность, философский посыл [19].

Объектом исследования стал художественный синтез в различных формах его проявления в архитектуре и дизайне города, с выявлением его особенностей в условиях современного постиндустриального общества. Целью исследования стало выявление особенностей, новых форм и современных тенденции в области художественного синтеза в архитектуре и дизайне города. Задачами исследования являются: выявление факторов, повлиявших на развитие художественного синтеза; изучение современных тенденций в области художественного синтеза; систематизация форм проявления художественного синтеза (тенденций) в архитектуре и дизайне города.

2. Материалы и методы

В качестве основополагающего в процессе работы использовался системный подход, ставший определяющим для выявления и раскрытия понятия «художественный синтез» в архитектуре и дизайне города, анализе форм его проявлении и современных тенденциях развития.

Методология исследования также включила следующие методы:

– историко-генетический метод, позволивший проследить в историческом аспекте эволюцию проявления различных форм художественного синтеза в городской среде XX-XXI вв.;

– метод сравнительного анализа – для дифференцирования и качественной оценки исследуемых феноменов и их проявлений в архитектуре и дизайне города;

– обобщения исторического и современного отечественного и зарубежного опыта в области художественного синтеза в архитектуре и дизайне города.

3. Результаты и обсуждение

В современном мире человек испытывает потребность в интеллектуальности и интерактивности окружающей его предметно-пространственной среды, вступающей с ним в контакт, реагирующей на его действия, эмоции и чувства. При этом художественное осмысление архитектурного пространства и его предметного наполнения все больше опирается на цифровые информационные технологии. Художественный синтез в такой интеллектуальной и интерактивной среде, базируясь на традиционном взаимодействии с изобразительными и пластическими искусствами, значительно расширяет свои границы и дополняется формами, основанными на новейших аудиовизуальных технических средствах (Рис. 1).

Рис. 1. Факторы, повлиявшие на развитие художественного синтеза в архитектуре и дизайне города (иллюстрация авторов)

Fig.1. Factors that influenced the development of artistic synthesis in the architecture and design of the city (authors illustration)

В этом случае, художественные составляющие, выраженные посредством электронных технологий организации пространства, приобретают новые эстетические свойства при создании современного архитектурного образа [20].

В процессе исследования был выявлен ряд тенденций в области художественного синтеза в архитектуре и дизайне города, отражающих особенности его развития на современном этапе.

Эволюционирование синтеза изобразительных и пластических искусств в архитектуре города

Изобразительные формы в архитектуре города. Определенным этапом в развитии изобразительных форм в архитектуре города стала появившаяся во вт. пол. XX в. архитектурная суперграфика (рис. 2., п.1.), которая в процессе своего развития под влиянием новых технологий и материалов значительно расширила свои предметные и объектные границы, превратившись из средства активного цвето-графического преобразования на визуальном уровне отдельных архитектурных объемов в универсальный проектно-художественный метод в архитектуре и дизайне города [21].

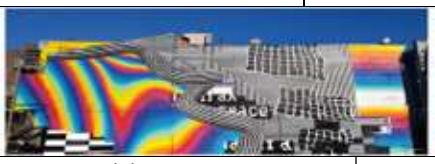
Изначально целью суперграфики был художественный синтез, основанный на визуальной трансформации архитектурных объемов, создании определенных зрительных иллюзий и эффектов цвето-графическими средствами. Современные технологии позволяют создавать цвето- и свето-графические изображения, уже лишь условно зависимые от архитектурной и предметной формы (рис. 2., п.1.), и даже полностью автономные и практически не связанные с ней [22]. Примером здесь могут быть получившие развитие в начале XXI в. голографические проекции (рис. 2., п.3., 3.6), способные создавать объемные изображения – точные копии существующих (и не только) объектов. Здесь можно говорить о художественном синтезе визуальных искусств и городской среды («вне архитектуры», в традиционном понимании) [23].

Другим продуктом развития технологий, и в первую очередь светодиодных, стали анаморфные медиа-фасады со зрительными иллюзиями. Особенностью таких фасадов стало использование 3D видео-изображений высокого качества на двух или более плоскостях архитектурной формы (рис. 2., п.2.). Современные мэппинг-технологии позволяют проецировать изображения или видеоряд практически на любые поверхности - здания и сооружения, инженерные конструкции, деревья, тротуары и даже «подвешивать» их в воздухе. Новыми направлениями видео-мэппинга стали: медиа-арт, слайд-мэппинг (рис. 2., п.3.). Причем такие суперграфические изображения и оптические иллюзии, основанные на технологиях видео-мэппинга и видео-арта, голографии и кинематографа, все чаще носят динамический характер, превращая пространственные формы художественного синтеза в пространственно-временные [24].

В к. XX в. возникла новая форма архитектурной суперграфики - стрит-арт (рис. 2., п.2.). Ее главной задачей остается «интеграция» различных форм искусства в уличное пространство, основанная на эффектах оптических иллюзий, как традиционных, так и с применением цифровых технологий [25]. Смешение перспектив и художественных искажений приводит к тому, что видимые границы между зданием и рисунком, накладываемым на фасад, оказываются если не стерты, то очень размыты [26]. Ставшие доступными новые технологии — смартфоны, уличные видеопроекторы, а вместе с ними дополненная реальность — теперь позволяют художникам «ломать» привычные границы городской среды. Использование в стрит-арте новых технологий привело к появлению такого направления, как «гиффити». Художники создают граффити в несколько слоёв, фотографируя поочередно каждый слой, а затем превращают снимки в анимированный GIF-файл (рис. 2., п.3.). Получает все большее распространение «мультимедийный стрит-арт» или «граффити-мэппинг», совмещающий технологии видео-мэппинга и стрит-арта. Так в проекте Ф. Пантоне при помощи синхронизации с видеопроектором и камерой абстрактные граффити художника буквально оживают на улицах Монреаля (2016). Оптическое искусство стрит-арта используется и в архитектуре фасада, как постоянный элемент (рис. 2., п.2., 2.4) или временный (рис. 2., п.2., 2.5). Распространение получают и такие новые формы, как «переработанный стрит-арт» с использованием мусора и различных отходов (рис. 2., п.1., 1.4). Новые формы стрит-арта в многоуровневой системе современного художественного синтеза возникают на основе традиционных культур граффити и стрит-арта, в синтезе с архитектурной или дизайнерской формой, видео-артом, оптическим искусством.

1. Вторая половина XX в. – Атектоничные цвето-графические изображения (архитектурная суперграфика)		
1.1 Мурализм	1.2 Психоделическй стрит-арт (кислотный)	1.3 «Поп-арт» Стрит-арт
Университетский городок УНАМ, Х.Сикейрос, Мехико	Beatles Apple buildind 1967, Лондон	«Счастливый дом», Браушвейг
1.4 «Переработанный» стрит-арт (треш-арт)	1.5 «Деструктивный» стрит-арт	1.6 «Люминисцентный» стрит-арт
Стрит-арт А.Бордало, Лиссабон	«Уличный портрет» VHILS, Сейшал	Стрит-арт М.Лопес, Х. де Риба, Будапешт

2. Конец XX в. – анаморфические трехмерные изображения				
2.1 Тромплей	2.2 Анаморфные изображения зеркала	2.3 Мульти-плоскостное 3D граффити	2.4 «ОП-стрит-арт» в структуре фасада	2.5 Временный «оптический» стрит-арт
«Лувр в каменном карьере», JR, Париж	Фестиваль «Императорские сады России»	Трехмерное граффити от SCAF, Париж	Здание-портрет У.Барака, Мельбурн	Медиа-куб Кэтчер. «HighLights», Москва

3. Начало XXI в. – динамические цвет- и светографические композиции		
3.1 Граффити	3.2 Граффити-мэппинг	3.3 Анаморфный медиа-фасад
		
Граффити от INSA, Рио-де-Жанейто	«Граффити-мэппинг» Ф.Пантоне, Монреаль	Медиа-куб Кэтчер. «HighLights», Москва

3.4 Медиа-арт	3.5 Слайд-мэппинг	3.6 Голографические проекции
Медиа-арт на концертном зале Дисней Р.Амадол, Лос-Анджелес	«Городское сафари» Ж.Ноннон, Париж	Голография Б.Хайруллаев, Лондон (2019)

Рис. 2. Эволюционирование синтеза изобразительных искусств в архитектуре города (иллюстрация авторов)

Fig.2. The evolution of the synthesis of fine arts in the architecture of the city (authors illustration)

Пластические формы в архитектуре города. Дизайн пешеходных улиц во вт. пол. XX в., вместе с суперграфикой и системами визуальных коммуникаций, принес и новые формы художественного синтеза пластических искусств в архитектуре города. Возникли

новые формы городской скульптуры, как реалистичной жанрового характера, так и в виде абстрагированных декоративных объемных и объемно-пространственных композиций (рис. 3., п.1.). Дальнейшее развитие этих направлений привело к появлению в к. XX в. в городских пространствах уникальных объектов с ярко выраженной художественно-эстетической направленностью, которые становились композиционными и образно-смысловыми акцентами и доминантами в этих пространствах. Эти новые объекты художественного синтеза, обладающие высокой декоративностью и художественной ценностью, созданные на грани скульптуры и кинетического искусства, живописи, оп- и видео-арта, саунд-дизайна и городского паблик-арта, получили название «арт-объекты». Сегодня они имеют достаточно большой типологический ряд, который постоянно расширяется (рис. 3., п.2.).

Особое место в системе арт-объектов в архитектуре города занимают их временные формы – «художественно-декоративные инсталляции». Быстровозводимые и рассчитанные на короткий период своего существования, такие объекты временного искусства созвучны современной динамике жизни города, эстетическим запросам потребителя [27]. Они позволяют проследить формы взаимодействия человека с окружающим пространством, определить, какое место он в нем занимает и какому влиянию с его стороны подвергается [28]. Инсталляция как особая форма художественного синтеза используется при организации временных выставок, фестивалей, ярмарок, спортивных праздников, различных шоу и других общественно значимых событий, иногда – просто для разнообразия городской среды созданием «мимолетной красоты» [29] (рис. 3., п.2., 2.4).

1. Вторая половина XX в. – новые формы городской скульптуры				
1.1 Скульптура жанрового характера		1.2 Абстрагированные декоративные формы		
«Памятник Металлургу демидовских времен» Г.Плахов, Магнитогорск		«La Grande Vitesse» А.Колдер, Мичиган	«Лежащая фигура 1975», Ч.Мур, Колумбус	«Maman» Л.Буржуа, Бильбао
2. Конец XX в.- начало XXI в. – Арт-объекты				
2.1 Объемно-простр. арт-объекты	2.2 Кинетические и интерактивные арт-объекты	2.3 Объемно-простр. светограф. арт-объекты	2.4 Временные арт-объекты	2.5 Компактные ландшафтные формы
«Желтый кролик» Ф. Хоффман, Эребру	«Интерактивный куб» В.Поляков, Москва	«Аффинити» Amigo and amigo, Ливерпуль	«Книжка-раскраска» Д.Куис, Беверли-Хиллз	«Лабиринт» Й.Хайн, Нью-Йорк

Рис. 3. Эволюционирование синтеза пластических искусств в архитектуре города (иллюстрация авторов)

Fig.3. The evolution of the synthesis of plastic arts in the architecture of the city (authors illustration)

Новые формы художественного синтеза в архитектуре города

Программы фирменных стилей. Один из ведущих методов дизайна - «метод фирменных стилей» -, нашел свое применение и в архитектуре города во вт. пол XX в. при создании ансамблей пешеходных улиц. Здесь перед архитекторами и дизайнерами ставилась задача не только формирования художественного и стилистически целостного пространственного ансамбля на основе единого колористического решения, принципов

формо- и стилеобразования уличной мебели и оборудования, единства графического языка визуальных коммуникаций, но и повышения статуса ансамбля пешеходной улицы, как общественного центра города. В первую очередь для достижения этой цели создавалась качественно новая, с художественной точки зрения, среда. И, здесь, становится возможным говорить о «пространственном художественном синтезе», создаваемом в пространственных границах ансамбля. Классическими примерами стали дом Хундертвассера в Вене (1984) и исторический квартал Николайфиртель в Берлине (1987) [30] (рис. 4., п.1.). В рамках этих проектов, художественный синтез закладывался в виде принципов формо- и стилеобразования предметно-пространственной среды ансамбля, которые становились программами художественного преобразования городского ансамбля с использованием широкого арсенала средств изобразительных и пластических искусств, ландшафтного и графического дизайна [31-33].

Генеральные схемы монументально-декоративного оформления города как особая форма художественного синтеза. В рамках средового подхода в 1970 - 1980-х гг., в нашей стране начали создаваться масштабные программы долгосрочного характера, направленные на художественное осмысление и комплексную организацию предметно-пространственной среды города, с использованием широкого арсенала художественных средств. К пионерным проектам, получившим распространение в 1970-е гг. в СССР, можно отнести «Схемы комплексного художественно-декоративного оформления и монументальной пропаганды городов». Их авторы в своих проектных программах ставили вопросы, направленные на «повышение идейного, архитектурно-художественного, а также функционально-утилитарного содержания пространственной среды»[1].

	Дом Хундертвассера в Вене, 1984г. Квартал Николайфиртель в Берлине, 1987г.
	Проект комплексного архитектурно-художественного оформления г. Орск, 1993г.

Рис. 4. Новые формы художественного синтеза в архитектуре города (пространственные формы) (иллюстрация авторов)

Fig.4. New forms of artistic synthesis in urban architecture (spatial forms) (authors illustration)

Вслед за схемами монументально-декоративного оформления появились «проекты комплексного архитектурно-художественного оформления городов», которые отличались большей широтой охвата вопросов художественно-декоративного оформления, организации архитектурного контекста, благоустройства и городского дизайна, а также более развернутым аппаратом предпроектных исследований, включающим, наряду с

[1]Определенную известность получили «Генеральная схема художественного оформления и монументальной пропаганды Ленинграда», «Комплексный план политического и архитектурно-художественного оформления Львова» (Худфонд СХ УССР), «Схема монументально-декоративного оформления города Набережных Челнов» (ЦНИИЭП жилища) и др.

ретроспективным анализом и выявлением экспозиционного потенциала города, архитектурно-ландшафтный анализ, исследования структуры объектов торгового и бытового обслуживания, основных транспортно-пешеходных связей города и др. [34]. В этих проектах задачи художественного и монументально-декоративного оформления рассматривались вместе с вопросами архитектуры, городского дизайна и благоустройства [2] [35] (рис. 4, п.2).

4. Заключение

1. Таким образом, были выявлены основные факторы, повлиявших на развитие художественного синтеза: компьютерно-технологический уклад и информационные технологии постиндустриального общества; многомерный (творческий) человек, пришедший на смену «экономическому человеку» индустриальной эпохи; гуманизация предметного мира, человеческий фактор в центре внимания в постиндустриальном обществе; смена доктрины формообразования в архитектуре и дизайне современного города; качественно новые параметры городской среды в условиях постиндустриальной архитектуры и дизайна (ориентация на экологичность и ландшафтную морфологию в формо- и стилеобразовании; повышенный уровень комфортности и эмоциональной выразительности городской среды; интерактивность и интеллектуальность предметно-пространственной среды города; кинетизм (включая «пространственный кинетизм») и высокая динамичность городской среды; активное развитие светодизайна, включая проекционные и LED-технологии в городской среде).

2.Изучены современные тенденций в области художественного синтеза: эволюционирование синтеза изобразительных и пластических искусств в архитектуре города; и пространственные формы художественного синтеза в архитектуре города

3. Выполнена систематизация новых форм художественного синтеза в архитектуре и дизайне города: архитектурная суперграфика, анаморфические трехмерные изображения, динамические цвето- и светографические композиции, новые формы городской скульптуры, арт-объекты, программы фирменных стилей и генеральные схемы монументально-декоративного оформления города как особая форма художественного синтеза.

Список литературы / References

1. Потаев Г.А. // Синтез искусств в городской среде. URL: http://bsa.by/news/BUA/sintez-iskusstv-v-gorodskoy-srede?ysclid=lfkzt7nltu17802219 (дата обращения: 26.03.2023). [Potayev G.A. // Synthesis of Arts in Urban Environment. URL: http://bsa.by/news/BUA/sintez-iskusstv-v-gorodskoy-srede?ysclid=lfkzt7nltu17802219 (reference date: 26.03.2023).]

2. Гулая М.С. Вопросы архитектурно-художественного синтеза // Инновационная наука. 2016. № 11-3. С. 140-142. [Gulaya M.S. Issues of architectural and artistic synthesis // Innovative science. 2016. No. 11-3. P. 140-142]

3. Дуцев М.В. Город как пространство архитектурно-художественного синтеза // Academia. Архитектура и строительство. 2012. № 1. С. 28-37. [Dutsev M.V. The city as a space of architectural and artistic synthesis // Academia. Architecture and Construction. 2012. № 1. P. 28-37.]

4. Стеклова И.А., Рагужина О.И. Генезис парков скульптуры в эволюции синтеза ландшафтного и монументально-декоративного искусств // Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение. 2019. Т. 9. № 4. С. 698-716. [Steklova I.A., Raguzhina O.I. Genesis of sculpture parks in the evolution of synthesis of landscape and monumental and decorative arts // Bulletin of St. Petersburg University. Art History. 2019. Vol. 9. № 4. P. 698-716.]

5. Котломанов А.О. Паблик-арт: страницы истории поиски архитектурно-художественного синтеза в британском искусстве второй половины XX // Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение. 2013. № 4. С. 60-73. [Kotlomanov A.O.

[2]Это серия проектов оформления городов Углича, Альметьевска, Сарапула, Мамадыша, разработанных в 1980-е гг. в КГАСУ (рук. проф. Михайлов С.М.).

Public Art: pages of history in search of architectural and artistic synthesis in British art of the second half of XX // Bulletin of St. Petersburg University. Art History. 2013. № 4. P. 60-73.]

6. Макаров К.А. // Синтез искусств. URL: https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/102/435.htm (дата обращения: 26.03.2023). [Makarov K.A. // Synthesis of Arts. URL: https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/102/435.htm (reference date: 26.03.2023).]

7. Алпатов М.В. // Проблема синтеза в художественном наследстве. URL: https://tehne.com/event/arhivsyachina/m-v-alpatov-problema-sinteza-v-hudozhestvennom-nasledstve?ysclid=lfkxgxqt7k181662380(дата обращения: 27.03.2023). [Alpatov M.V. // The Problem of Synthesis in Artistic Inheritance. URL: https://tehne.com/event/arhivsyachina/m-v-alpatov-problema-sinteza-v-hudozhestvennom-nasledstve?ysclid=lfkxgxqt7k181662380 (reference date: 27.03.2023).]

8. Мурина Е.Б. Об искусстве и искусствознании. СПб.: Издательство им. Новикова, 2020. 520 с. [Murina E.B. On Art and Art Studies. St. Petersburg: Novikov Publishing House. Novikov, 2020. 520 p.]

9. Зись А.Я. Теоретические предпосылки синтеза искусств. Взаимодействие и синтез искусств. Л., 1978. С. 5-20. [Zis A.Y. Theoretical prerequisites for the synthesis of arts. Interaction and Synthesis of Arts. L., 1978. P. 5-20.]

10. Hecker S. 'Servant of Two Masters': Lucio Fontana's Sculptures in Milan's Cinema Arlecchino (1948) // Oxford Art Journal 35(3):337-361. DOI:10.2307/23322189.

11. Грищенко А.Е., Коробий Е.Б. Суперграфика как средство средового формообразования // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2018. Т. 3. С. 48-54. [Grishchenko A.E., Korobij E.B. Supergraphics as a means of environmental shaping // New Ideas of the New Century: Proceedings of the International Scientific Conference of FAD TOGU. 2018. Vol. 3. P. 48-54.]

12. Карпенко В.Е. Световой элемент в современном визуальном искусстве и пространстве города. Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Световой дизайн – 2015», Санкт-Петербург, 2015. С. 75. [Karpenko V.E. Light element in contemporary visual art and urban space. Theses of reports of international scientific-practical conference "Light Design - 2015", St. Petersburg, 2015. P. 75.]

13. Александров Н.Н. // О кинетическом искусстве. URL: http://alexnn.trinitas.pro/files/2012/08/O-kineticheskom-iskusstve1.pdf(дата обращения: 27.03.2023). [Aleksandrov N.N. // On Kinetic Art. URL: http://alexnn.trinitas.pro/files/2012/08/O-kineticheskom-iskusstve1.pdf (reference date: 27.03.2023)]

14. Алиева Р.И., Ефимов А.В. Зарождение и развитие средовой художественной пластики // Архитектура и современные информационные технологии. 2020. № 2 (51). С. 316-339. [Alieva R.I., Efimov A.V. Origin and development of environmental art plastics // Architecture and modern information technologies. 2020. № 2 (51). P. 316-339.]

15. Рихард Вагнер. Искусство и революция (перевод И. Каценэленбогена, 1918). URL: http://wagner.su/book/export/html/348 (дата обращения: 01.04.2023). [Richard Wagner. Art and Revolution (translated by I. Katzenelenbogen, 1918). URL: http://wagner.su/book/export/html/348 (reference date 01.04.2023).]

16. Теория синтеза искусств У. Морриса. URL: http://www.newreferat.com/ref-13085-2.html (дата обращения: 01.04.2023). [The Theory of Art Synthesis by W. Morris. URL: http://www.newreferat.com/ref-13085-2.html (reference date 01.04.2023).]

17. Самойлова Е.О., Шаев Ю.М. Арт-пространство умного города: перспективы развития // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2017. № 12-4 (86). С. 150-153. [Samoilova E.O., Shaev Y.M. Art-space of smart city: prospects of development // Historical, philosophical, political and legal sciences, culturology and art criticism. Issues of theory and practice. 2017. № 12-4 (86). P. 150-153.]

18. Соловьев А. В. Новая эстетика информационной эпохи: искусство как база данных // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Философия. Социология. Право». 2009. № 8 (63). С. 50-55. [Solovjev A. V. New aesthetics

of information epoch: art as a database // Bulletin of Belgorod State University. Philosophy. Sociology. Law. 2009. № 8 (63). P. 50-55.]

19. Slifkin R. Is Contemporary Art History? // Oxford Art Journal 35(1):111-114. DOI:10.2307/41415647.

20. Прохоров С.А., Шадурин А.В., Прохоров Н.С. Художественная составляющая интерактивного дизайна в синтезе искусств архитектурного пространства // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2018. № 30. С. 148-155. [Prokhorov S.A., Shadurin A.V., Prokhorov N.S. Artistic component of interactive design in synthesis of arts of architectural space // Bulletin of Tomsk State University. Culturology and art criticism. 2018. № 30. P. 148-155.]

21. Supergraphics as a project and artistic method in design of a modern city / S. Mikhailov, R. Khafizov, A. Mikhailova [et al.] // IOP conference series : Materials Science and Engineering, Kazan, 29 апреля – 15 2020 года. Vol. 890. – Kazan, Russia: IOP Science, 2020. – P. 012003. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012003. – EDN EYRMPS.

22. Stewart J. The City on Display // Oxford Art Journal 27(2):254-257. DOI:10.1093/oaj/27.2.254.

23. Rafikov, I. Synthesis of the technique of academic architectural drawing and architectural fantasy in composite openings as an invariant of professional training of future architects / I. Rafikov // 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. Vol. 274 – France: EDP Sciences, 2021 – P. 1038 – DOI 10.1051/e3sconf/202127401038. – EDN MVTSRB.

24. Хамидуллина К.Р., Бурова Т.Ю. Тенденции развития медиафасадов: влияние на современные города // Поведенческие теории и практика российской науки: сб. ст. международной научно-практической конференции. Санкт-Петербургский государственный экономический университет. Санкт-Петербург. 2021. С. 8-11. [Khamidullina K.R., Burova T.Yu. Media facade development trends: impact on modern cities // Behavioral theories and practice of the Russian science: collection of articles of the international scientific-practical conference. St. Petersburg State University of Economics. St. Petersburg. 2021. P. 8-11].

25. Johnson C. Complicities with the Camera: The Performance and Installation Art of Carlos Leppe // Oxford Art Journal 45(1):105-126. DOI:10.1093/oxartj/kcab037.

26. Михайлов С.М., Хафизов Р.Р. Стрит-арт как вид суперграфики в дизайне современного города // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 5 (166). С. 106-111. [Mikhailov S.M., Khafizov R.R. Street Art as a Type of Supergraphics in Design of Modern City // Bulletin of Orenburg State University. 2014. № 5 (166). P. 106-111.]

27. Эсманович Э.Ю., Камейко К.С., Потаев Г.А. // Синтез искусств в городах 21 века. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/85609/93-103.pdf?sequence=1&isAllowed=y(дата обращения: 05.04.2023). [Esmanovich E.Y., Kameiko K.S., Potayev G.A. // Synthesis of arts in cities of 21st century. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/85609/93-103.pdf?sequence=1&isAllowed=y(reference date: 05.04.2023).]

28. Веселова М.Н. Художественная инсталляция как форма выражения проблемы взаимодействия человека и современного города // Труды Санкт-Петербургского государственного института культуры. 2015. Т. 206. С. 254-262. [Veselova M.N. Art installation as a form of expression of the problem of interaction between man and modern city // Proceedings of St. Petersburg State Institute of Culture. 2015. Vol. 206. P. 254-262.]

29. Obrist H.U. Installation Are The Answer, What Is The Question? // Oxford Art Journal 24(2):93-101. DOI:10.1093/oxartj/24.2.93.

30. Local artistic style formation in urban environment design / S. Mikhailov, A. Mikhailova, N. Nadyrshin [et al.] // 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. Vol. 274. – France: EDP Sciences, 2021. – P. 1002. – DOI 10.1051/e3sconf/202127401002. – EDN UMZOMB.

31. Magagnoli P. Critical Nostalgia in the Art of Joachim Koester // Oxford Art Journal 34(1):97-121. DOI:10.2307/41315365.

32. Anderson F. Preserving and Politicising the Alternative Space // Oxford Art Journal 38(3):kcv026. DOI:10.1093/oxartj/kcv026.

33. Kalyva E. Reconfiguring Private and Public Space in Contemporary Art Practices // Oxford Art Journal 36(2):306-309. DOI:10.1093/oxartj/kct010.

34. Temporary identification style of urban areas / D. Koshkin, E. Kudryasheva, R. Khafizov [et al.] // 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. Vol. 274 – France: EDP Sciences, 2021 – P. 1010 – DOI 10.1051/e3sconf/202127401010. – EDN JTCFWL.

35. Михайлов С.М., Михайлова А.С., Городской дизайн - дизайн города (Эволюция методов организации предметно-пространственной среды)//Архитектура и строительство России, №4 2018. [Mikhailov S.M., Mikhailova A.S., Urban Design - City Design (Evolution of methods of organization of the object-spatial environment)//Architecture and Construction of Russia, No.4 2018.]

Информация об авторах

Евстратова Татьяна Андреевна, аспирант кафедры дизайна, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email : miss.evstratowa2016@yandex.ru

Кулеева Ляйля Муратовна, кандидат архитектуры, профессор кафедры дизайна, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email :la_mur@rambler.ru

Куприянов Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры архитектуры, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email : kuprivan@kgasu.ru

Малахов Сергей Алексеевич, доктор архитектуры, заведующий кафедрой инновационного проектирования, Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация
Email : s_a_malahov@mail.ru

Михайлов Сергей Михайлович, доктор искусствоведения, профессор кафедры дизайна, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email : souzd@mail.ru

Information about the authors

Tatiana A. Evstratova, post-graduate student of the Department of Design, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: miss.evstratowa2016@yandex.ru

Layla M. Kuleeva, Candidate of Architecture, Professor of the Department of Design, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: la_mur@rambler.ru

Valery N. Kupriyanov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Architecture, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: kuprivan@kgasu.ru

Sergey Al. Malakhov, Doctor of Architecture, Head of the Department of Innovative Design, Samara Polytech University, Samara, Russian Federation
Email: s_a_malahov@mail.ru

Sergey M. Mikhailov, Doctor of Art History, Professor of the Department of Design, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: souzd@mail.ru

УДК: 911.06
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_113
EDN: XBCSTI

Развитие архитектурно-планировочной структуры города Мамадыш Казанской губернии до начала XX века

Надырова Х.Г.[1], Мухитов Р.К.[1], Сайфуллина Л.Ш.[1], Сибгатуллин А.И.[1]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задач.* Малые исторические города составляют основное градостроительное звено в системе расселения России и Татарстана. Формировавшиеся на протяжении нескольких столетий, малые города и в настоящее время сохраняют самобытность историко-архитектурной среды, обычаи и традиции населения. Одним из малых городов Татарстана является г. Мамадыш. В настоящее время в городе, являющемся центром одноименного района Республики Татарстан, развивается туристическая сфера. И вопрос установления потенциала историко-архитектурной среды Мамадыша становится актуальным. Целью исследования является системный анализ архитектурно-планировочного развития малых городов Татарстана до начала XX века на примере города Мамадыш.
Задачи: - исследовать городской ландшафт Мамадыша; - провести анализ развития планировки и архитектуры г.Мамадыша до начала XX века и установить периодизацию развития архитектурно-планировочной структуры города; - выявить особенности архитектурно-градостроительной организации г. Мамадыша начала XX века.
Для решения поставленной цели привлекались библиографические источники и архивные документы, в том числе и исторические планы города Мамадыш различных периодов, проводились натурные обследования застройки исторической части современного города.
Результатом исследования являются установленная периодизации развития города, выявленная эволюция архитектурно-планировочной структуры Мамадыша до начала XX в. и ее особенности.
Выводы. Изучение развития этих малых городов и их культурного наследия имеет научное значение для углубления знаний по архитектурной и градостроительной истории и теории архитектуры России и Татарстана. Практическая значимость полученных результатов для архитектурно-строительной отрасли заключается в выявлении историко-архитектурного потенциала города, его устойчивого развития в будущем и формирования в нем туристической сферы.
Ключевые слова: архитектурно-планировочная структура, развитие, трансформация, особенности.

Для цитирования: Надырова Х.Г., Мухитов Р.К., Сайфуллина Л.Ш., Сибгатуллин А.И. Формирование архитектурно-пространственной структуры города Мамадыш до начала XX века // Известия КГАСУ. 2023, № 2 (64).- с. 113-125, DOI:10.52409/20731523_2023_2_113, EDN: XBCSTI

Development of the architectural and planning structure of the town of Mamadysh, Kazan province until the beginning of the twentieth century

Nadyrova H.G.[1], Mukhitov R.K.[1], Sayfullina L.Sh.[1], Sibgatullin A.I.[1]
[1]Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

Abstract. *Problem statement.* Small historical towns make up the main urban planning link in the settlement system of Russia and Tatarstan. Formed over several centuries, small towns still preserve the identity of the historical and architectural environment, customs and traditions of the population. One of the small towns of Tatarstan is Mamadysh. Currently, the tourism sector is developing in the town, which is the center of the district of the same name in the Republic of Tatarstan. The question of establishing the potential of the historical and architectural environment of Mamadysh becomes relevant. The purpose of the article is to conduct a systematic analysis of the process of development of the architectural and planning structure of Mamadysh from the end of the XVIII century, when the former Troitskoye settlement received the status of a town, and until the beginning of the twentieth century, the time of profound socio-economic changes in Russia.
The tasks are to investigate the urban landscape of Mamadysh; to analyze the development of the layout and architecture of Mamadysh before the beginning of the XX century and to establish the periodization of the development of the architectural and planning structure of the town; to identify the features of the architectural and urban planning organization of Mamadysh at the beginning of the XX century. To achieve this goal, bibliographic sources and archival documents were involved, including historical plans of the town of Mamadysh of various periods, full-scale surveys of the development of the historical part of the modern town were carried out.
The result of the study is the established periodization of the town's development, the revealed evolution of the architectural and planning structure of Mamadysh at the beginning of the twentieth century and its features.
Conclusions. The study of the development of these small towns and their cultural heritage is of scientific importance for deepening the knowledge of the architectural and urban history and theory of architecture of Russia and Tatarstan. The practical significance of the results obtained for the architectural and construction industry is the identification of the historical and architectural potential of the town, its sustainable development in the future and the formation of the tourism sector in it.
Keywords: architectural and planning structure, development, transformation, features.

For citation: Nadyrova H.G., Mukhitov R.K., Sayfullina L.Sh., Sibgatullin A.I. Development of the architectural and planning structure of the town of Mamadysh, Kazan province until the beginning of the twentieth century // News KSUAE. 2023, № 2 (64). - p.113-125, DOI:10.52409/20731523_2023_2_113, EDN: XBCSTI

I. Введение

Малые исторические города имеют большое значение в современной жизни Российского государства, составляя основное градостроительное звено в его системе расселения. Формировавшиеся на протяжении нескольких столетий, малые города и в настоящее время сохраняют самобытность историко-архитектурной среды, обычаи и традиции населения. Актуальность изучения развития этих городов в архитектурно-градостроительном аспекте имеет и практическое значение для установления границ исторического поселения, его историко-архитектурного потенциала, формирования туристической сферы и достижения устойчивого развития в будущем. Город Мамадыш находится в Республике Татарстан. Население около 16 тысяч человек. Мамадыш – бывший уездный город Казанской губернии расположен на правом, гористом берегу реки Вятка, в 30 км от ее впадения в Каму. Ландшафт города представляет собой постепенно

уменьшающиеся по высоте и вытянутые по берегу р.Вятки с севера на юг холмы, разделенные оврагами с речками Ошма и Пузанка. Первоначальная основная часть города расположена на склоне высокого холма между указанными речками. Южнее, за речкой Ошма расположена часть города на более низкой местности. Эти части города разделяются пространством низины шириной метров 200-250, по которой течет речка Ошма. Вокруг города тянутся холмы разной высоты, также перерезанные оврагами, в обрывах некоторых из них бьют родники. С востока к городу подступает река Вятка. Таким образом, ландшафтно-гидрологические условия местности издавна были благоприятны для заселения. Поселение на месте нынешнего Мамадыша с начала XII века входило в пространственную структуру средневекового княжеского города «Ак Кирмэн» («Белая крепость»), существовавшего в XII-XIV веках. В период Казанского ханства (середина XV – середина XVI вв.) это поселение существовало как татарский город. Начало XVII в. – время вторичного заселения этих земель, как региона Русского государства после включения в его состав территории Казанского ханства. В это время земли на месте опустевшего средневекового татарского поселения были отданы Свияжскому Успенскому монастырю и заселены русскими крестьянами.

На месте пустоши, т.е. ранее заселенной татарами территории, образовалось русское село Троицкое-Мамадыш. Причем второй топоним имеет местное татарское значение. В 1781 г. село получило статус уездного города Казанского наместничества, а с 1796 года – Казанской губернии.

Малые города привлекают внимание исследователей в аспектах развития туризма [1], изучения архитектурно-планировочного развития общественных пространств [2], исследования архитектурно-градостроительного развития малых городов на уровнях планировки, застройки и архитектуры отдельных объектов [3, 4], решения правовых вопросов развития городов [5]. Исследователи изучают возможности достижения самобытности современных сооружений при включении их в застройку исторических городов [6], исследуют вопросы регенерации промышленного наследия в исторических городах [7], критически оценивают вопросы, связанные с архитектурной идентичностью исторических городов [8-9], выявляют значение натурного обследования архитектурного наследия методом графического документирования [10]. Есть исследования по определению возможностей и степени реконструкции структуры исторического города, которая позволяет городу непрерывно развиваться в рамках четко определенной системы правил [11]. Интерес представляет работа по анализу пространственных изменений в историческом городском наследии и региональной архитектуре с учетом философии жизни, возвращения к истокам и идентификации жителей со своей «малой родиной» [12]. Важное значение для историко-архитектурной среды имеет решение проблемы изучения, сохранения зеленого каркаса малых городов и восстановления его при больших утратах [13]. Многих авторов беспокоит ухудшение состояния объектов исторического наследия, вызванное износом конструкций, стихийными бедствиями, пожарами, в связи с изменением климата [14-17].

В настоящее время в городе Мамадыш сохранившаяся историко-архитектурная среда хранит архитектурное наследие, которое составляет часть былой городской застройки. На местах утраченных построек возникает современная застройка, часто негативно влияющая на целостность историко-архитектурной городской среды. Проблема разрушения исторических зданий и сооружений существует и в настоящее время при обновлении застройки города. Историческое значение и ценность историко-архитектурной среды города Мамадыш полностью не изучены.

Целью исследования является системный анализ архитектурно-планировочного развития малых городов Татарстана до начала XX века на примере города Мамадыш.

Объектом исследования является архитектурно-планировочная структура города Мамадыш, включающая городской ландшафт, планировку и архитектуру.

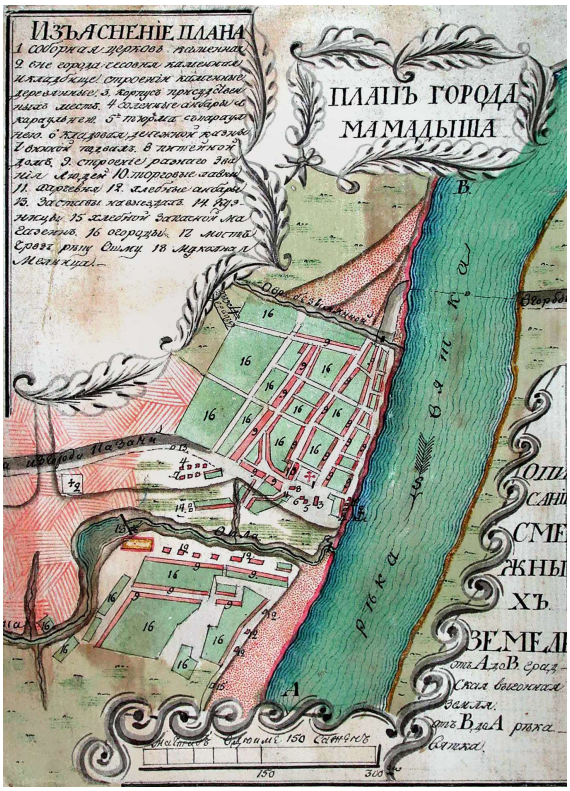
Задачи:

- исследовать городской ландшафт Мамадыша;
- провести анализ развития планировки и архитектуры г. Мамадыша до начала XX века и установить периодизацию развития архитектурно-планировочной структуры города;

- выявить особенности исторической архитектурно-градостроительной организации Мамадыша начала XX века.

II. Материалы и методы

Основным методом исследования материала является системное и всестороннее изучение планировки и застройки исторического поселения с применением методов градостроительного, ландшафтно-визуального, композиционного и архитектурно-художественного анализа. Были проведены библиографические и архивные исследования, в результате которых выявлены материалы и документы по строительству или реконструкции зданий и сооружений города, позволяющие провести ретроспективный анализ развития застройки Мамадыша. Натурные обследования улиц, площадей, комплексов, зданий и сооружений города позволили систематизировать актуальную информацию о существующих отличиях архитектуры зданий города в сравнении с архивными и библиографическими данными. Были выявлены здания, построенные на месте ранее существовавших объектов, установленных по архивным данным и материалам Краеведческого музея г.Мамадыша. Ретроспективный анализ планировочной структуры проведен на основе исторических архивных генпланов. Для установления композиционной структуры города были проведены ландшафтно-визуальный и композиционный анализы, позволившие установить точки наилучшего восприятия панорам города и раскрытия городских видов, выявить композиционные доминанты в застройке города.



III. Результаты и обсуждение (Results and Discussion)

После получения в 1781 г. статуса уездного города для Мамадыша был разработан план урегулирования застройки. Регулярный план города впервые был показан на Геометрической карте Казанской губернии 1796 г. (рис.1).

Рис. 1. План города Мамадыш на Геометрическом плане Казанской губернии 1796 г.: 1. Соборная церковь каменная; 2. Часовня каменная на кладбище; 3. Присутственные места; 4. Соляные амбары с караульней; 5.Тюрьма; 6. Кладовая денежной казны; 7. Винный подвал; 8. Питейный дом; 9. Строения разного звания людей; 10. Торговые лавки; 11. Харчевня; 12. Хлебные амбары; 13. Заставы на въездах; 14. Кузницы; 15. Хлебные запасные магазины; 16. Огороды; 17. Мост; 18. Мельница / http: //www.etomesto.ru/map /base/16 /mamadysh-1796.jpg.

Fig. 1. The plan of the town of Mamadysh on the Geometric plan of the Kazan province in 1796 : 1. Stone Cathedral Church; 2. Stone chapel in the cemetery; 3. Public places; 4. Salt barns with a guardhouse; 5. Prison; 6. Treasury storeroom; 7. Wine cellar; 8. Drinking house; 9. Buildings of various ranks of people; 10. Trading shops; 11. Tavern; 12. Grain barns; 13. Outposts at the entrances; 14. Forges; 15. Grain spare stores; 16. Vegetable gardens; 17. Bridge; 18. Mill. /http: //www.etomesto.ru/map /base/16 /mamadysh-1796.jpg.

Основная часть города расположена между речкой Ошма на юге и р.Пузанкой на севере. Параллельно р.Вятке пролегают четыре улицы, причем крайняя из них – односторонка, которая тянется вдоль берегового обрыва р.Вятки. С запада предусмотрены пустые кварталы с огородами для расширения застройки в будущем. С юго-западной стороны вдоль р.Ошмы подходит большая Казанская дорога. На левом берегу р.Ошмы, в месте впадения ее в р.Вятку, на левой стороне дороги для центра города предусмотрено открытое общественное пространство, которое с севера ограничено участком Троицкого собора. Южнее расположены здания присутственных

мест, тюрьмы, кладовой денежной казны, питейного дома с винным подвалом. На выезде из города по правой стороне дороги находились соляные амбары с караульней и уже за городом – городское кладбище с часовней. Эта часть ландшафта между речками Ошма и

Рис. 2. Панорама города Мамадыш на Геометрическом плане Казанской губернии 1796 г./ http: //www.etomesto. ru/map/base/16 /mamadysh-1796.jpg

Fig. 2. Panorama of the town of Mamadysh on the Geometric plan of the Kazan province in 1796/ http: //www.etomesto. ru/map/base/16 /mamadysh-1796.jpg

Пузанка была удобна для разбивки регулярной планировки города. С востока под обрывом на берегу р.Вятки размещались хлебные амбары вблизи городской пристани. С севера за речкой возвышалась гора Пузанка, прикрывавшая город от северных ветров. На панораме города, изображенной на той же карте 1796 г., видно, что собор и общественные здания стоят на самых высоких точках рельефа, являясь доминантами города (Рис. 2).

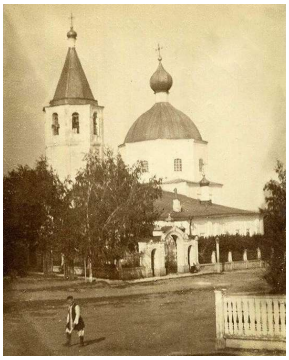


Рис. 3. Мамадыш. Барочные церкви: а – Троицкий собор (слева), б – Св. Михайло-Архангельская церковь (фото начала XX в. из фондов Краеведческого музея г.Мамадыш)

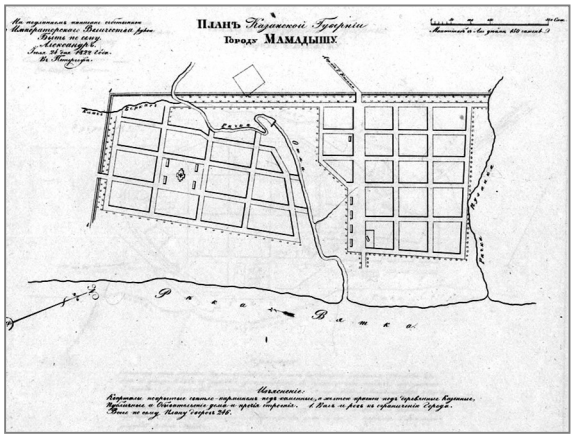
Fig. 3. Mamadysh. Baroque churches: a – Trinity Cathedral (leftward), b – Mikhailo-Archagel Church (photo of the beginning of the twentieth century from the funds of the Local history Museum of Mamadysh)

В 1783 г. на месте старой деревянной церкви в стиле барокко построен каменный Троицкий собор (рис. 3 а). В 1785 г. в стиле раннего русского классицизма построены здания городской ратуши и гостиного двора. В 1787 г. в селении Красная горка, ставшем позднее предместьем Мамадыша, в стиле барокко построена Михайло-Архангельская церковь с приделами Св. Николая и Фрола и Лавра (рис. 3 б).

За р.Ошмой, к югу от основной части города находилась вторая часть Мамадыша, которая называлась Заошминской слободкой или предместьем. Она располагалась на более низкой части берега Вятки. Улицы здесь пролегали параллельно рекам Вятка и Ошма, по берегам которых тянулись ряды хлебных амбаров. Под горою на левом берегу Ошмы размещались кузницы. К западу от них находилась запруда на речке Ошма и водяная мельница. Следует отметить, что панорама города изображена с точки, находившейся в Заошминской слободке. Внизу под церковью виден ряд домов улицы вдоль речки Ошма. В верхней части панорамы, правее церкви изображена застройка Троицкой улицы, являвшейся продолжением Большой Казанской дороги.

В 1804 году в Санкт-Петербург для представления на высочайшее одобрение императора был отправлен проект перепланировки уездного города Мамадыш, который входил в число десяти других проектов уездных городов, разработанных предположительно Казанским губернским архитектором Ф. Е. Емельяновым. Планы эти были возвращены в Казань для доработки. После пожара в 1811 г. был разработан регулярный план Мамадыша, по которому начал застраиваться город [18, с.118].

План этот дорабатывался до 1818 г. и содержал подробные сведения о характере местности, существующей застройке, используемых местных строительных материалах, о количестве казенных зданий, каменных и деревянных строений и т.д. В этот период в городе кирпичных жилых домов не было. В 1808-1811 гг. в городе был построен



каменный тюремный замок. В 1822 г. после доработок план Мамадыша был конфирмован императором (рис.4). Вдоль тракта Казань – Мамадыш был предусмотрен широкий бульвар, в восточной части которого, на высоком берегу намечался общественный центр города. В отличие от регулярного плана конца XVIII в. общественные здания выстраиваются в ряд напротив Троицкого собора.

Рис. 4. Регулярный план города Мамадыш. 1822 г. / http://tat-map.ru/index/0-27

Fig. 4. The regular plan of the town of Mamadysh. 1822 / http://tat-map.ru/index/0-27

К западу от берега р.Вятки к четырем улицам конца XVIII в. добавилась пятая. В Заошминской, более низкой по высоте части города предусматривалось 12 кварталов, один из которых был отдан по устройство огромной площади с церковью в центре. В первую половину XIX века застройка города осуществлялась по этому плану.

В 1840-е годы в Мамадыше было всего 3000 жителей. В городе в это время имелись 19 улиц и 2 площади, одна из которых была торговой. Это был типичный преимущественно деревянный уездный город с аграрным укладом жизни. В этот период в городе существовали Троицкая церковь, тюремный замок, городская больница, здание уездного казначейства, уездное училище, городская ратуша, 7 каменных домов, 481 деревянный дом, 4 завода (кирпичный, кожевенный, канатный, мочально-тканый которые, по сути, являлись мануфактурами и развивались в рамках усадеб). Общественные здания возводились в стиле позднего русского классицизма.

Рис. 5. Мамадыш, ул. Троицкая: а - гостиный двор и ратуша; б - купеческие дома 1840-х гг. купеческие дома 1840-х гг. (Фото из фондов краеведческого музея г.Мамадыш)

Fig. 5. Mamadysh, Troitskaya St.: a - gostiny dvor, the courtyard and the town hall; b - merchant houses of the 1840s. (Photo from the funds of the Local history museum of Mamadysh)

Здание гостиного двора и ратуши, построенное в 1785 г. на Троицкой улице, в начале 1840-х гг. было реконструировано по проекту архитектора П.Г. Пятницкого с пристройкой к первоначальному зданию двух одноэтажных крыльев и сплошной аркады по уличному фасаду [19, С.71]. На первом этаже располагался гостиный двор, а на втором – ратуша (рис. 5 а).

Намеченные планом кварталы города были разбиты на парцелляции, которые застраивались усадьбами жителей. Основная деревянная застройка осуществлялась по образцовым проектам первой трети XIX века и в традициях русского народного зодчества. В центре города на Троицкой улице появились двухэтажные каменные дома зажиточных купцов в стиле классицизма (рис.5 б).

В застройке города этого периода дома с фасадами по образцовым проектам ставились по красной линии улиц. Хозяйственные постройки располагались раздельно или слитно по периметру двора, позади которого разбивался сад-огород. К 1860-м гг. запланированных пустопорожних мест для расширения города не осталось. В городе появилась неплановая застройка в виде односторонних улиц вдоль речек Ошма и Пузанка. Потребовалось внести изменения в план 1822 года, включив эти улицы и предусмотрев новые кварталы для расширения города [20, с.130]. Откорректированный план города был утвержден в 1874 г. [21].

Рис. 6.
Культовые и общественные здания Мамадыша 2-й половины XIX-начала XX вв.: а – Ксенинская церковь, б – магазин (вверху), в – пристань, г – училище (вверху), д – земская больница, е - мечеть (фото начала XX в. из фондов Краеведческого музея)
Fig. 6. Cult and public buildings of Mamadysh of the 2nd half of the XIX-early XX centuries: a - Kseninskaya church, b – shop (above), c – pier, d – school (above), d – zemsky hospital, e – mosque (photo of the beginning of the XX century from the funds of the Museum of Local history)

На широкой центральной улице в основной части города, появившейся по плану 1822 г. вдоль тракта, соединявшего Мамадыш с Казанью, был устроен бульвар с городским Александровским садом, раскинувшимся на высоком правом берегу реки Вятка [22]. В восточной части бульвара, как и предусматривалось по регулярному плану, сформировался общественный центр.

В 1854-1867 г. в Заошминской слободе Мамадыша на средства купцов М.П. Свиягина и Д.А. Тырышкина была построена каменная Петропавловская церковь в центре запроектированной в 1822 г. площади. Петропавловская церковь относилась к церквям «кораблем» в русско-византийском стиле. Трехапсидный однокупольный храм имел ярусную структуру по типу восьмерик на четверике, завершавшуюся луковичным куполом на высоком барабане. В западной части возвышалась трехъярусная колокольня под аналогичным куполом. Обе части соединялись одноэтажной трапезной под двускатной крышей. В 1876–1882 гг. на средства мамадышского купца Г.С. Распопова в память о его жене на городском кладбище вместо старой часовни была построена Ксенинская церковь – небольшая трехнефная пятиглавая церковь в русско-византийском стиле с невысокой двухъярусной, шестигранной, шатровой колокольней. Центральный объём завершается массивным световым барабаном под луковичным куполом. С четырёх сторон от него расположены малые главы. Стены украшены полуколоннами, ширинками и архивольтами. Фасад завершается рядами щипцов с медальонами (рис. 6 а). В конце XIX – начале XX вв. в Мамадыше помимо торговых лавок получили распространение магазины (рис. 6 б). Увеличилось количество школ и училищ, размещавшихся в двухэтажных деревянных или полукаменных зданиях с четырехскатными железными крышами (рис. 6 г). Подобной архитектурой, характерной для казенных общественных зданий, выделялись и здания земской больницы, роддома и других медучреждений (рис.6 д).

Большое значение в городе имела торговля зерновым хлебом, который вывозили баржами по рекам Вятка и Кама. Пристань на Вятке являлась важным транспортным узлом, к которому стягивались дороги, по которым на телегах свозили зерно в каменные и деревянные амбары на берегу реки (рис. 6 в).

План Мамадыша 1894 г. был разработан для корректировки предыдущего плана 1874 г. в связи с развитием города. На этом плане отражена реальная планировочная структура города, сложившаяся к этому времени (рис. 7). Появилась третья часть города, протянувшаяся на юг вдоль берега реки Вятка. Основным градоформирующим объектом этой части города в Заошминской слободе стал спиртовый завод купца К.Н. Щербакова, основанный в 1883 году. К западу от комплекса предусматривалось пять новых кварталов при увеличении населения города. Часть застройки новых кварталов в конце XIX - начале XX века в верхней части и Заошминской слободе города заняло татарское население из окрестных селений. В начале XX века была построена деревянная мечеть (рис. 6 е).

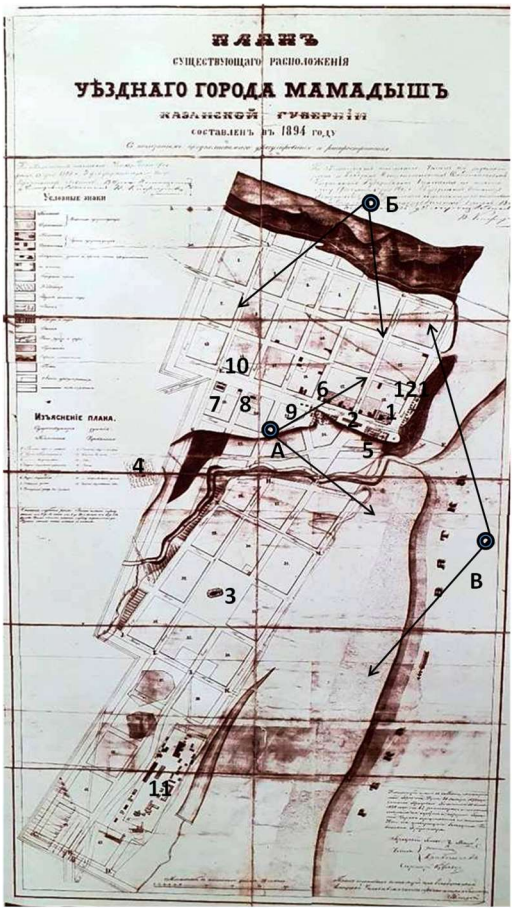


Рис. 7. План уездного города Мамадыш. 1894 г. [23] (Фонды Краеведческого музея Мамадыша): 1- Троицкий собор, 2 – Гостиный двор и ратуша, 3 - ц. Петра и Павла, 4 – Ксенинская ц., 5 - Александровский сад, 6 – Номера купцов Шагиахметовых, 7 – Тюрьма, 8 – Казармы Мамадышского гарнизона, 9 – Кинотеатр «Зеркало души), 10 – Больница и аптека, 11 - Спиртовый завод купца К.Н. Щербакова, 12 – Пристани и хлебные амбары

Fig. 7. The plan of the county town of Mamadysh. 1894 [23] (Funds of the Mamadysh museum of Local history): 1 - Trinity Cathedral, 2 – Gostiny Dvor and Town Hall, 3 - ts. Peter and Paul, 4 – Kseninskaya ts., 5 - Alexander Garden, 6 – Rooms of merchants Shagiakhmetov, 7 – Prison, 8 – Barracks of the Mamadysh garrison, 9 – Cinema "Mirror of the soul), 10 – Hospital and pharmacy, 11 - Distillery of merchant K.N. Shcherbakov, 12 – Wharves and grain barns

Это была одноэтажная деревянная двухзальная мечеть с минаретом, прорезающим четырехскатную крышу. Двухъярусный минарет под высокой шатровой крышей имел круговой балкон-шарафэ. Глубокий вестибюль выступал с северной стороны. Фасады срубного здания были обшиты горизонтально тесом. С увеличением татарского населения в городе появилась гостиница для татар. На улице Троицкой (б. Советской) располагались номера купца Шагиахметова. Здание было построено во второй половине XIX века. На первом этаже находились торговые помещения, на втором – гостиничные номера. Сам хозяин Шагиахметов проживал во флигеле, расположенном во дворе. Симметричное здание гостиницы оформлено в стиле эклектики классицистического направления.

Рис.8. Вид на центр города Мамадыш с точки А: наверху на панораме справа налево видны Александровский сад, Троицкая церковь, перед ней Гостиный двор с Ратушей, далее купеческие каменные дома по Троицкой улице. Ниже на панораме справа и слева видны спуски в Заошминскую часть города (фото начала XX в. из фондов Краеведческого музея Мамадыша)
Fig.8. View of the town center of Mamadysh from point A: at the top of the panorama, the Alexander Garden, the Trinity Church are visible to the left, in front of it the Gostiny Dvor with the Town Hall, then merchant stone houses along Troitskaya Street. On the right and left, descents to the Zaoshmin part of the town are visible (photos from the early twentieth century from the funds of the Mamadysh museum of Local history)

В начале XX века трехчастная архитектурно-планировочная структура города представляла собой линейно-пространственную композицию, протянувшуюся вдоль берега р.Вятки. Композиционным центром города, имевшим линейный характер, являлась ул. Троицкая. Ее восточная половина с Троицким собором в стиле позднего барокко, общественными и жилыми каменными зданиями в стиле классицизма доминировала на панорамах города с реки Вятка и с Заошминской слободы. Ландшафтно-визуальный анализ показал, что наиболее интересные виды на город раскрываются с горы Пузанка (т.Б) и с реки Вятка (т.В) (рис.7). Композиционными доминантами города служили собор, церкви и минарет.

Впервые города Казанской губернии рассматриваемого периода в аспекте взаимодействия культур в архитектурно-градостроительном развитии Среднего Поволжья были исследованы Г.Н. Айдаровой. Она установила, что на основе взаимодействия традиционно-региональной, российской и западноевропейской культур в регионе формировалась своеобразная архитектурно-градостроительная культура уездных городов Казанской губернии. При этом в архитектурном пространстве уездного города выделены три морфологических зоны с характерными типами застройки: центральная часть с каменными и каменно-деревянными общественными и жилыми зданиями, вторая зона - часть города с деревянной одно-двухэтажной застройкой и третья зона - окраины с усадьбами сельского типа. [19, С.70-72]. Соглашаясь с таким зонированием, следует отметить, что к этим морфологическим зонам уездных городов Казанской губернии можно добавить производственные и пристанско-складские зоны, игравшие в приречных малых городах важную роль и располагавшиеся в предместьях и на прибрежных территориях (Рис.7, № 11 и № 12)

Процессы утверждения регулярных планов городов Казанской губернии в Санкт-Петербурге и их реализации в натуре были изучены Г.Г. Нугмановой на основе исторических документов и планов из НА РТ и РГИА[1]. Она установила, что процесс проектирования и утверждения планов был достаточно длительным за счет переработки и «подгонки» их к ландшафтно-природным особенностям городов [18]. Процесс

[1] НА РТ, Национальный архив Республики Татарстан (г.Казань); РГИА, Российский государственный исторический архив (г.Москва)

внедрения планов в жизнь растянулся на десятилетия и был обусловлен социально-экономическими и другими причинами [20].

Поскольку процесс преобразования традиционных структур российских городов в регулярную форму на основе принципов классицизма в конце XVIII - первой половине XIX вв. был строго регламентирован, то имел многие сходные черты с городами других регионов России. Особенно это было характерно для двух первых периодов развития уездных городов. Однако в каждом из уездных городов, в т.ч. и Мамадыше, типовой набор общественных и административных зданий в стиле классицизма приобретал характерное только для этого города размещение в пространстве улиц и площадей. С самого начала развития города роль градостроительных доминант на панорамах города играли культовые здания, придававшие каждому городу своеобразие.

Архитектурно-планировочные структуры уездных и малых городов, как Казанской, так и других губерний России сформировали идентичные черты именно в третий период развития, когда появилась общественные, культовые и жилые здания в стиле эклектики и модерна. Во второй половине XIX века рост населения уездных городов привел к необходимости корректировки ранее разработанных планов [24]. Планы Мамадыша 1874 г. и 1894 г. являются подтверждением этого процесса. Однако на этих планах нельзя увидеть все особенности архитектуры общественных, культовых и жилых зданий Мамадыша второй половины XIX – начала XX вв. Это позволяет сделать комплексный анализ развития архитектурно-планировочной структуры города.

Не следует забывать, что в городах сохранялись постройки в стиле барокко и классицизма. Сочетание разностилевых зданий и сооружений, национально-этнические черты в архитектуре городов при своеобразии ландшафтно-природных условий каждого из них – все это придавало своеобразие архитектурно-планировочной структуре городов, в том числе и Мамадышу. При этом общим для малых городов России в этот период было решение торговой улицы, как центрального общественного пространства [25].

На каждом из выявленных этапов архитектурно-планировочная структура Мамадыша развивалась в соответствии с потребностями времени и горожан, сохраняя в основе первоначальный градостроительный замысел. В соответствии с ландшафтно-гидрологическими условиями город развивался в южном направлении, образовав три части. Четвертую часть города составило поселение Красная Горка, развивавшееся с середины XVIII века синхронно с Мамадышем и к началу XX в. ставшее его предместьем. В начале XX века архитектурно-планировочная структура Мамадыша определялась особенностями исторического развития города, ландшафтно-гидрологическими условиями местности и регулярным планом города, разрабатывавшимся на протяжении нескольких десятилетий. Столь длительный срок был обусловлен централизацией этого процесса на государственном уровне, необходимостью привести жесткую регулярную систему планировки в соответствие с конкретными ландшафтно-природными условиями будущего города и социально-экономическими возможностями населения. Сюда же следует добавить недостаток профессиональных архитекторов и квалифицированных землемеров. Особенностью архитектуры Мамадыша являлось преобладание деревянной застройки, большая часть которой отражала традиции русского народного зодчества. В купеческой каменной застройке преобладала классицистическая стилистика. Особенностью архитектуры Мамадыша начала XX века является преобладание христианских культовых построек и появление деревянной мечети только в начале XX века.

IV. Заключение

1. Линейно-пространственная и трехчастная структура Мамадыша была обусловлена приречным холмистым ландшафтом с глубокими оврагами и речками Ошма и Пузанка, впадавшими в Вятку;

2. С конца XVIII в. архитектурно-планировочная структура города Мамадыш к началу XX в. прошла три этапа развития:

1). 1781 – 1822 гг. – разработка регулярного плана города его застройки на классицистических принципах и начало урегулирования исторически сложившейся нерегулярной планировочной структуры.

2). 1822 г. – середина XIX в. – реализация в натуре регулярного плана 1822 г. с применением в застройке архитектурного стиля классицизм.

3). 1874 г. - начало XX в. – корректировка и дополнения в 1874 и 1894 гг. первоначального регулярного плана 1822 года с применением в застройке архитектурного стиля эклектика различных направлений.

3. В начале XX века Мамадыш имел целостную многочастную архитектурно-планировочную структуру, в которую входили: верхняя основная часть города с центральной площадью и бульваром, Заошминская слобода, предместье Красная Горка, южное предместье с промзоной. В каждой из этих частей существовала своя структура с центром и доминантами, фоновой застройкой и окраинами. Стилистические изменения в архитектуре города во второй половине XIX и начале XX вв. не повлияли на планировочную структуру города, обладавшую заложенным в планах потенциалом для расширения застройки с увеличением населения.

Результаты исследования могут быть применены для изучения историко-архитектурной среды других малых городов Республики Татарстан.

Данная работа является основой для исследования изменений архитектурно-планировочной структуры Мамадыша в советский и постсоветский периоды с целью определения историко-культурного потенциал города.

Список литературы/ References

1. Степанчук А.В. Объекты культурного туризма с ремесленно-креативной функцией, как часть культурно-креативных маршрутов Республики Татарстан // Архитектура и строительство России. 2022. № 2 (242). С. 82-85 [Stepanchuk A.V. Objects of cultural tourism with a craft and creative function, as part of the cultural and creative routes of the Republic of Tatarstan // Architecture and Construction of Russia. 2022. No 2 (242). P. 82-85]

2. Гельфонд А.Л., Лисицына А.В. Торговая улица малого города как общественное пространство (на примере Нижегородской области) // Архитектура. 2018, № 1, С. 17-27 [Gelfond A.L., Lisitsyna A.V. The shopping street of a small town as a public space (on the example of the Nizhny Novgorod region) // Architecture. 2018, No. 1, P. 17-27]

3. Русинова А.А. Строительство жилых домов по «образцовым» проектам в уездных городах Казанской губернии в первой половине XIX века // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Культурное наследие в XXI веке: сохранение, использование, популяризация» - Казань, 2016 г. – С. 185-190. [Rusinova A.A. Construction of residential buildings according to «exemplary» projects in the county towns of Kazan province in the first half of the XIX century // Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference «Cultural heritage in the XXI century: preservation, use, popularization» - Kazan, 2016 – P. 185-190.]

4. Царев В.В. Архитектурно-планировочное формирование старожильческих селений в Нижнем Приангарье (XVII - начало XX века) // Архитектурное наследство. – 2016. – № 64. – С. 77-84. [Tsarev V.V. Architectural and planning formation of old-timer settlements in the Lower Angara region (XVII - early XX century) // Architectural heritage. - 2016. - No. 64. - P. 77-84.]– EDN XQRIHN.

5. Балтусова О.А. Исторические поселения Татарстана: особенности градостроительного регулирования // Архитектура и строительство России. 2022. № 2(242). - С. 92-99 [Baltusova O.A. Historical settlements of Tatarstan: features of urban regulation // Architecture and construction of Russia. 2022. No. 2 (242). - P. 92-99].

6. Raffaele Gambassi. Identity of modern architecture in historical city environments //Architecture and Engineering. Vol. 1. No. 2. P. 27-42.

7. Heike Oevermann. Industrial Heritage, Historic Architecture, and Today's Transformations of Cities. Contemporary Urban Research in the European City / https://www.europenowjournal.org/2018/04/30/industrial-heritage-historic-architecture-and-todays-transformations-of-cities/ (Published on May 1, 2018);

8. Cities' identity through architecture and arts. – Catalani et al. (eds). Proceedings of the 1st international conference on cities' identity through architecture & arts, Cairo, Egypt, 11–13 may 2017 / 2018 Taylor & Francis group, London, UK. – 563 p.

9. Abdulaziz Alzahrani. Understanding the role of architectural identity in forming contemporary architecture in Saudi Arabia // Alexandria Engineering Journal. Vol. 61. No. 12, December 2022, Pp. 11715-11736 / https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.05.041

10. Menna M. Imam, Ali F. Bakr, Yousry M. Anany. Use of freehand sketching: Documenting heritage buildings, Gamal Abdel Nasser Street (1830–1930), Alexandria, Egypt // Alexandria Engineering Journal. Vol. 55. No. 3. September 2016, P. 2749-2764 / https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.04.034

11. Isidori F. A structural project: Redevelopment of the historic center of Wuhu // Frontiers of Architectural Research. Vol. 4, 2015. pp. 100-118. DOI: 10.1016/j.foar.

12. Heldak M., Gonda-Soroczynska E. Historical Heritage and Space Transformation // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. - 471 112030, 10.1088/1757-899X/471/11/112030. DOI: 10.1088/1757-899X/471/11/112030

13. Zakirova J., Khusnutdinova S. The problems of formation and conservation of the green frame (green carcass) of the satellite city (on the example of Zelenodolsk) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Kazan, September 27–29, 2017. Vol. 107. – Kazan: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 012139. – DOI 10.1088/1755-1315/107/1/012139. – EDN XXGENV

14. Enrique Hernández-Montes, María L. Jalón, Rubén Rodríguez-Romero, Juan Chiachío, Víctor Compán-Cardiel, Luisa María Gil-Martín. Bayesian structural parameter identification from ambient vibration in cultural heritage buildings: The case of the San Jerónimo monastery in Granada, Spain // Engineering Structures. Vol. 284, 1 June 2023, 115924. - DOI: 10.1016/j.engstruct.2023.115924

15. Garcia-Castillo E., Paya-Zaforteza I., Hospitaler A. Fire in heritage and historic buildings, a major challenge for the 21st century // Developments in the Built Environment. Vol. 13, March 2023, 100102 / https://doi.org/10.1016/j.dibe.2022.100102

16. Shaghayegh Mohammad Hosseini Honarvar, Mahmood Golabchi, Masoumeh Bararzadeh Ledari. Building circularity as a measure of sustainability in the old and modern architecture: A case study of architecture development in the hot and dry climate // Energy and Buildings, Vol. 275, 15 November 2022, 112469/ https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112469

17. Ayşe Durukan Kopuz, Ahmet Bal. The conservation of modern architectural heritage buildings in Turkey: İstanbul Hilton and İstanbul Çınar Hotel as a case study // Ain Shams Engineering Journal. Vol. 14, No. 4. 5 April 2023, 101918/ https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101918

18. Нугманова Г.Г. Регулярные планы городов в преобразовании российской провинции, первая половина XIX века: «приведение к окончанию дела» // Архитектурное наследство. № 66. 1916. - С.116-126. [Nugmanova G.G. Regular city plans in the transformation of the Russian province, the first half of the XIX century: «bringing the case to an end» // Architectural Heritage. No. 66. 1916. - P.116-126.]

19. Айдарова-Волкова Г.Н. Архитектурная культура Среднего Поволжья XVI-XIX веков: модель развития, структура типов, влияния. – Казань: КГАСА, 1997. – 196 с. [Aidarova-Volkova G.N. Architectural culture of the Middle Volga region of the XVI-XIX centuries: model of development, structure of types, influences. – Kazan: KGASA, 1997. – 196 p.].

20. Нугманова Г.Г. Регулярные планы городов в преобразовании российской провинции, первая половина XIX века //Архитектурное наследство. № 67, 2017. - С.129-136. [Nugmanova G. G. Regular city plans in the transformation of the Russian province, the first half of the 19th century //Architectural heritage. No. 67, 2017. - P.129-136]

21. Об утверждении плана на г. Мамадыш, 1874 г. // НА РТ. Ф. 2. Оп. 7. Д. 178 [On the approval of the plan for Mamadysh, 1874 // NA RT. F. 2. Op. 7. D. 178]

22. План северной части существующего расположения уездного города Мамадыш, 1907 г. // НА РТ. Ф. 324. Оп. 739. Д. 264 [A plan of the northern part of the existing location of the county town of Mamadysh, 1907 // NA RT. F. 324. Op. 739. D. 264]

23. План существующего расположения уездного города Мамадыш с показанием предполагаемого урегулирования и распространения. Составлен в 1894 г. // НА РТ. Ф. 324. Оп. 739. Д. 268 [A plan of the existing location of the county town of Mamadysh with an indication of the proposed settlement and distribution. Compiled in 1894 // NA RT. F. 324. Op. 739. d. 268]

24. Нугманова Г.Г. Регулярные планы городов в последней трети XIX - начале XX века: «наружное благоустройство»// Архитектурное наследство. 2018. Вып. 68.– С.212 - 221 [Nugmanova G.G. Regular city plans in the last third of the XIX - early XX century: «outdoor landscaping» // Architectural heritage. 2018. No. 68.- P. 212 - 221]

25. Лисицына А.В., Гельфонд А.Л. Торговая улица малого города как общественное пространство (на примере Нижегородской области) // ACADEMIA. Архитектура и строительство. 2018. № 1. – С. 17-27 [Lisitsyna, A.V. Shopping Street of a small town as a public space (on the example of the Nizhny Novgorod region) / A.L. Gelfond, A.V. Lisitsyna // ACADEMIA. Architecture and construction. 2018. No. 1. – P. 17-27].

Информация об авторах

Ханифа Габидулловна Надырова, доктор архитектуры, завкафедрой, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email: nadyrova-kh@yandex.ru
Ринат Киямович Мухитов, кандидат архитектуры, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email: mukhitov@list.ru
Сайфуллина Ляйля Шавкатовна, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email: lasaif@mail.ru
Сибгатуллин Адель Ильдарович, магистр, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
Email: adel.sibgatullin.1997@mail.ru

Information about the authors

Hanifa Gabidullovna Nadyrova, doctor of Architecture, head of the Department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: nadyrova-kh@yandex.ru
Rinat Kiyamovich Mukhitov, candidate of Architecture, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: mukhitov@list.ru
Layla Shavkatovna Sayfullina, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: lasaif@mail.ru
Adel Ildarovich Sibgatullin, master, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: adel.sibgatullin.1997@mail.ru

УДК: 304.9
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_126
EDN: DEOWRI

Типология постпромышленных территорий на основе анализа мирового опыта развития промышленных городов в условиях кризиса

Самойлов А.А[1]., Покка Е.В[2].
[1]ГУП Республики Татарстан "Головная территориальная проектно-изыскательская научно-производственная фирма «Татинвестгражданпроект»",
[2] Казанский государственный архитектурно-строительный университет.
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: В современной архитектурной и градостроительной практике, восстановление заброшенных промышленных объектов и территорий становится важным аспектом глобальной устойчивой урбанизации.В настоящей статье рассматриваются вопросы, связанные с развитием и реорганизацией постпромышленных территорий. Для решения данных вопросов проводится исследование мирового опыта развития территорий с целью формирования типологии реорганизации малоиспользуемых промышленных пространств. Цель данного исследования – сформировать типологию развития постпромышленных территорий, дать возможные пути их устойчивого развития. Задачами данной работы являются: изучение периода упадка и роста наиболее характерных промышленных городов в процессе всемирной глобализации (на примере городов Детройта и Питсбурга); анализ мирового опыта развития постпромышленных территорий; формирование типологии развития постпромышленных территорий на основе выявленных факторов.
При изучении схем зонирования городов Детройта и Питтсбурга были выявлены значительные различия в отношениях различных факторов, которые по сей день сказываются на развитии городов.
Результаты. В работе представлены результаты изучения городов Детройта и Питсбурга на их основе были выявлены ключевые проблемы и особенности. Были выявлены семь типов развития различных по характеристикам постпромышленных территорий.
Выводы. Значимость полученных результатов для архитектурной науки состоит в том, что была выявлена уникальная типология развития постпромышленных территорий, на основе опыта реорганизации городов Детройта и Питсбурга.

Ключевые слова: постпромышленные территории, реорганизация, типология, развитие, реновация.

Для цитирования: Самойлов А.А, Покка Е.В. Типология постпромышленных территорий на основе анализа мирового опыта развития промышленных городов в условиях кризиса // Известия КГАСУ 2023 № 2 (64), с.126-134, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_126, EDN: DEOWRI

Typology of post-industrial territories based on the analysis of world experience in the development of industrial cities in crisis

Samoilov A.A[1]., Pokka E.V[2].
[1]SUE of the Republic of Tatarstan "Head Territorial Design and Survey Research and Production Firm "Tatinvestgrazdanproekt" Kazan.

[2]Kazan State University of Architecture and Engineering.
Kazan, Russian Federation

Abstract: This article discusses the issues related to the development and reorganization of post-industrial territories. To solve these issues, the study of world experience in the development of post-industrial territories is being conducted in order to form a typology of reorganization of post-industrial spaces.
The purpose of this study is to form a typology for the development of post-industrial territories, to give possible ways of their sustainable development.
The objectives of this work are to study the period of decline and growth of the most characteristic industrial cities in the process of globalization (on the example of the cities of Detroit and Pittsburgh); to analyze world experience in the development of post-industrial territories; to form a typology of development of post-industrial territories on the basis of identified factors.
Results. The paper presents the results of the study of the cities of Detroit and Pittsburgh, on their basis, key problems and features were identified. Seven types of development of post-industrial territories with different characteristics were identified.
Conclusions. The significance of the obtained results for architecture lies in the fact that a unique typology of the development of post-industrial territories was revealed, based on the experience of the reorganization of the cities of Detroit and Pittsburgh.

Keywords: Post-industrial territories, reorganization, typology, development, renovation.

For citation: Samoilov A.A., Pokka E.V. Typology of post-industrial territories based on the analysis of world experience in the development of industrial cities in crisis // News KSUAE. 2023. № 2 (64), p.126-134, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_126, EDN: DEOWRI

1. Введение

В статье рассматриваются постпромышленнные территории, которые подвержены реновации. В современной архитектурной и градостроительной практике, восстановление заброшенных промышленных объектов и территорий становится важным аспектом глобальной устойчивой урбанизации [1, 2]. Старые промышленные районы, утратившие прежние производственные, транспортные, инфраструктурные функции, важные объекты в городской застройке, которые обладают хорошим потенциалом для дальнейшего развития, остаются невостребованными [3, 4]. Многие примеры успешного преобразования старых городских территорий и исторических городских промышленных комплексов демонстрируют как социальные выгоды, так и выгоды для окружающей среды [5]. Преимущества преобразования бывших промышленных зон и заброшенных территорий включают такие факторы, как предоставление новых общественных и культурных пространств для отдыха в городской среде, повышение качества среды, повышение культурной и исторической значимости объектов [6].

Промышленные объекты и их территории – это неотъемлемая часть городской среды, и от отношения к этим территориям зависит благосостояние всего города. Так, например, города из промышленного пояса США в 1960-1970-х годах столкнулись с конкуренцией южных штатов за население, а со стороны развивающихся стран за промышленные производства. [7] Таким образом, процесс всемирной глобализации в

сочетании со строительством федеральных трасс повлиял на снижение мощностей промышленных предприятий в городах, что привело к разуплотнению городской структуры [8, 9].

В ходе промышленной революции Питтсбург был центром обрабатывающей промышленности. Однако сегодня экономика города базируется уже на образовании, медицине, высоких технологиях и туризме. За вторую половину XX-го века город пережил большую трансформацию.

До 1940-х годов город активно развивался. Далее ввиду снижения экологической привлекательности темп прироста населения упал, и увеличение конкуренции в промышленности в 1970-х годах привело к появлению множества заброшенных промышленных площадок и утечке инвестиций из города. Совместные решения правительства и предприятий, их взаимодействие в сложившейся ситуации стало хорошим примером дальнейшей истории города. Решения о ревитализации заброшенных промышленных территорий принимались задолго до начала активного кризиса промышленности, что помогло сохранить городскую структуру привлекательной для других отраслей, способствуя возрождению города. Город сделал большие успехи в перепрофилировании заброшенных промышленных территорий под новое жилищное строительство, торговые и офисные комплексы, университеты, медицинские центры.

Детройт, в отличии от Питтсбурга, является классическим примером американской субурбанизации. Детройт, как никакой другой американский город, демонстрирует возможности развития пригородов одновременно с полным упадком центральной части города: некоторые современные жители агломерации Детройта ни разу не бывали в ее центральном городе.

В своем расцвете Детройт (выпускающий с 1920-х годов на своих заводах большую часть американских автомобилей) в 1960-х годах был мировым центром автомобильного производства, но увеличение субурбанизации в 1970-х годах и нефтяные кризисы второй половины 1970-х годов в 1980-х годах привели к упадку города и его агломерации [10].

В Детройте не было такой единой целенаправленной политики по возрождению города, какая была в Питтсбурге. Предпринимались лишь некоторые попытки реорганизации отдельных объектов. До банкротства в 2013 году Детройт воспринимался как один из наиболее депрессивных городов США. За несколько десятков лет поисков решений для возрождения города большинство проблем остались нерешенными. Треть городских территорий не эксплуатировалась, простаивали тысячи зданий, возрастал уровень преступности.

Основная цель исследования – сформировать типологию развития постпромышленных территорий, дать возможные пути их устойчивого развития.

Задачами исследования являются:

- изучение периода упадка и роста наиболее характерных промышленных городов в процессе всемирной глобализации (на примере городов Детройта и Питсбурга);
- анализ мирового опыта развития постпромышленных территорий;
- формирование типологии развития постпромышленных территорий на основе выявленных факторов.

2. Материалы и методы

В качестве материалов для исследования использованы научные статьи по проблемам реорганизации, проектные материалы мирового опыта и статьи с экономическим исследованием постпромышленных территорий. В условиях всемирной глобализации и топливного кризиса, когда промышленность США начала уступать промышленности азиатских стран в 1970-х годах, основные промышленные города столкнулись с кризисом и вступили в период стагнации производства. Исходя из хронологического структурного анализа государственной политики США [6] наиболее полярными примерами таких городов по градостроительной, архитектурной, социокультурной характеристикам являются промышленные города Детройт и Питсбург. Для данного исследования представляет интерес процесс их выхода из кризиса.

Метод исследования основывается на комплексном подходе, включающем в себя

методы: наблюдения, классификации, сопоставления, экономико-статистические, сравнительные, картографические данные и авторские зарисовки.

3. Результаты

При изучении схем зонирования городов Детройта и Питтсбурга (рис. 1) были выявлены значительные различия в отношениях различных факторов, которые по сей день сказываются на развитии городов.

В Детройте структура очень субурбизирована, активная центральная часть занимает всего около 10 процентов от общей площади, компенсировать это призвана сеть автострад города, которая пронизывает и без того не крупный центр (рис. 2). Озеленения в городе встречается в основном вдоль внутренних дорог малоэтажной части города. Усугубляют проблемы, обширные промышленные территории лучами и поясами пронизывающие городскую структуру, ухудшая пешеходный потенциал и экологическую ситуацию. Детройт изначально не был приспособлен для людей, и справиться с проблемами постпромышленного города решили комплексом мероприятий по редизайну центральной части с заменой старых зданий, на месте заброшенных промышленных территорий оставили пустыри. Эти и другие приемы помогли улучшить ситуацию лишь в небольшой части города.

Питсбург же, имея схожую базу в виде промышленной территории, рассредоточенной по всему городу, пошел в реорганизации города на опережение, на место постпромышленных территорий пришли университеты жилье и общественные пространства, центральную часть города не пересекают и не ограничивают автострады (рис. 1). Сегодня это город с ярко выраженным центром, большим количеством озеленения, застройка в городе смешана и многообразна, основную часть промышленных территорий удалось оставить за пределами границ города.

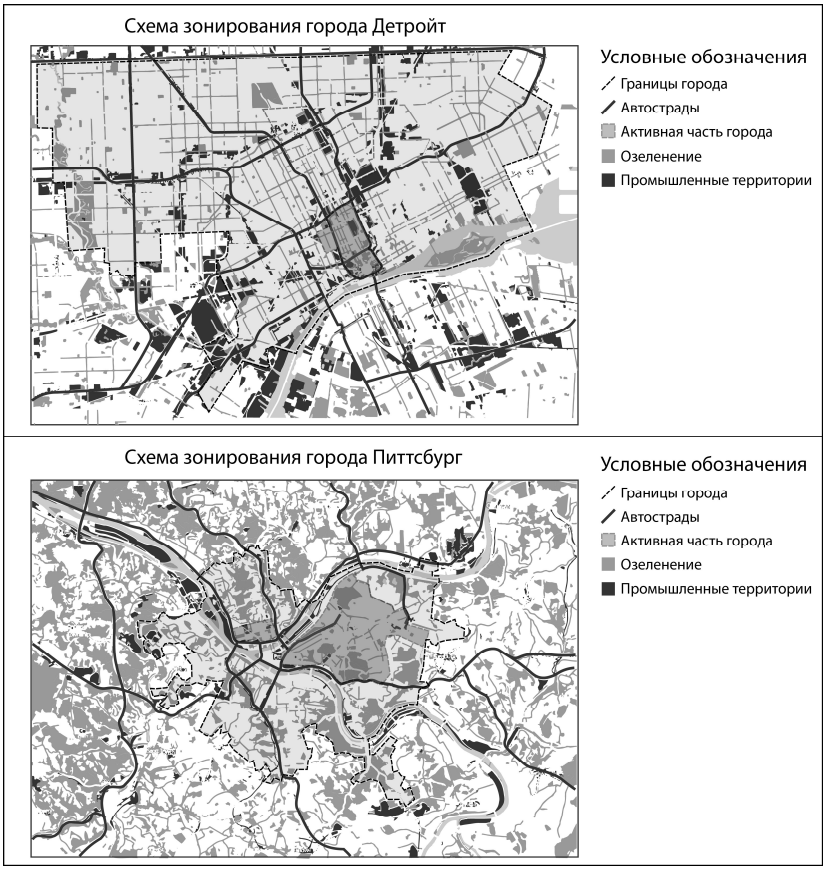


Рис. 1. Схемы функционального зонирования городов Детройта и Питтсбурга (иллюстрация авторов)
Fig. 1. Schemes of functional zoning of the cities of Detroit and Pittsburgh (authors' illustration)

В ходе исследования было выявлено семь типов развития различных по

характеристикам постпромышленных территорий (рис. 2):

1. Благоустроенные зеленые массивы на месте экологически депрессивных территорий с возможностью внедрения технологии биоремедиации. В этом типе раскрывается применение принципа биоремедиации, на экологически депрессивных территориях экологически опасных производств. Для восстановления экологического фона территории используются специальные зеленые насаждения, способные нейтрализовать экологическую загрязненность [11]. На время восстановления, такие территории используются для рекреационных, научно-просветительских, культурных функций [12].
2. Город в городе на месте промышленного района. Данная типология применяема в рамках активного города, на месте промышленных районов, в контексте девастации объекта и ухудшении положения прилегающих территорий. Для создания нового толчка к развитию как бывшего промышленного района, так и прилегающих территорий используются методы комплексного развития территории, интеграции и адаптивного повторного использования. Функционально используется принцип город в городе [13].
3. Жилой район на месте бывших портовых территорий. На портовых территориях по причине исторической близости к центру современного города, такие территории хорошо подходят под строительство жилых многофункциональных комплексов. Ценные объекты преобразуют в общественные пространства, как для жителей района, так и для всего города. Что повышает инвестиционную привлекательность пространств [14].
4. Технохаб как центр притяжения инвестиций. Типология с использованием технохабов применяется на постпромышленных территориях в центральной части города как центр привлечения инвестиций. Ценные старопромышленные объекты реконструируют методами: частичной музеефикации, адаптивного повторного использования, интеграции. Что дает дополнительную привлекательность объектов [15].
5. Артклaстер как творческое начало. В исторически ценных объектах, в границах активного города, часто применяется типология артклaстера, которая помогает как в создании творческого пространства, так и повышает привлекательность с точки зрения сохранения и адаптивного использования объекта [16].
6. Промышленная оболочка с новыми функциями. В ценных крупно-объемных объектах, таких как кирпичные газгольдеры, силосные склады и ангары, используется типология, позволяющая методом адаптивного повторного использования и интеграции включить в объект различные функции, при этом не разрушая внешнюю историческую оболочку сооружения.
7. Музеефицированный старопромышленный объект как точка притяжения в пригород. На пригородных территориях ценные промышленные объекты используют как точку притяжения с основной функцией. Также для функционирования данной типологии появляются дополнительные обслуживающие пространства, такие как гостиницы и тематические рестораны, что повышает инвестиционную привлекательность объекта.

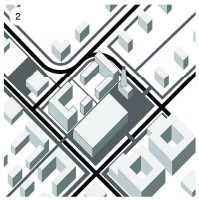
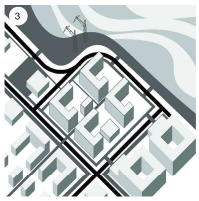
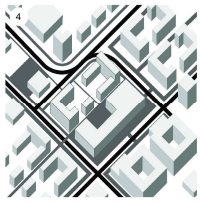
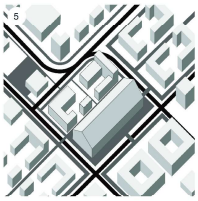
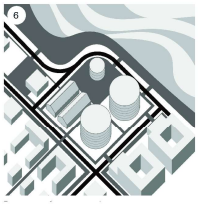
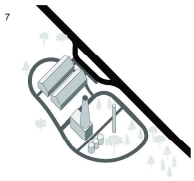
Положение	Тип (иллюстрация)	Приёмы
-Положение в городе: историческая часть города -Масштаб: промышленное предприятие -Отраслевая типлолгия: химическая (загрязненная) -Социальный аспект: эклолгическое загрязнение, девастация обьекта, гражданское участие.		-Экономический аспект: гос бютжет, частные инвестиции -Приемы адаптации: инверсия. -Методы реконструкции: музеефикация, благоустрой-ство территории, биоремедиация, эколого-реабтлитационные мероприятия. -Полученные функции: рекреационные, культурно-просветительские, культурно развлекательные.
-Положение в городе: в границах активного грода. -Масштаб: промышленный район. -Отраслевая типлолгия: не химическая -Социальный аспект: смешаный.		-Экономический аспект: гос бютжет, частные инвестиции -Приемы адаптации: модификация, сочетание -Методы реконструкции: принципы устой-чивой архитектуры, интеграция, музеефика-ция, адаптивное повторное ипользование, эколого-реабтлитационные мероприятия. -Полученные функции: смешаные город в городе.
-Положение в городе: историческая часть города, в границах активного грода. -Масштаб: промышленное предприятие, промышленный район. -Отраслевая типлолгия: хранение, транспорт. -Социальный аспект: девастация обьекта, депрессивная городская среда.		-Экономический аспект: частные инвестиции -Приемы адаптации: модификация, сочетание -Методы реконструкции: редизайн, интегра-ция, благоустройство территории. -Полученные функции: смешаные с жилой.
-Положение в городе: историческая часть города -Масштаб: промышленное предприятие. -Отраслевая типлолгия: не химическая -Социальный аспект: девастация обьекта, депрессивная городская среда.		-Экономический аспект: частные инвестиции -Приемы адаптации: адаптивное повторное использование, интеграция. -Методы реконструкции: принципы устой-чивой архитектуры, интеграция, благоустрой-ство территории. -Полученные функции: смешаные с деловой.
-Положение в городе: историческая часть города -Масштаб: промышленное предприятие. -Отраслевая типлолгия: не химическая -Социальный аспект: девастация обьекта, депрессивная городская среда.		-Экономический аспект: гос бютжет, частные инвестиции -Приемы адаптации: адаптивное повторное использование, интеграция. -Методы реконструкции: принципы устой-чивой архитектуры, интеграция, благоустрой-ство территории. -Полученные функции: рекреационные, культурно-просветительские, культурно развлекательные,творчески комуникативные, научно просветительские.
-Положение в городе: историческая часть города -Масштаб: промышленное здание, промышленное предприятие -Отраслевая типлолгия: энергетическая -Социальный аспект: девастация обьекта.		-Экономический аспект: частные инвестиции. -Приемы адаптации: адаптивное повторное использование, интеграция. -Методы реконструкции: принципы устойчивой архитектуры, интеграция, благоу-стройство территории. -Полученные функции: смешаные с жилой.
-Положение в городе: за пределами городской черты. -Масштаб: промышленное здание, промышленное предприятие -Отраслевая типлолгия: не химическая. -Социальный аспект: гражданское участие, девастация обьекта.		-Экономический аспект: гос бютжет, частные инвестиции -Приемы адаптации: адаптивное повторное использование, интеграция, музеефикация, реставрация -Методы реконструкции: интеграция, благоу-стройство территории. -Полученные функции: рекреационные, культурно-просветительские, культурно развлекательные, гастронимические.

Рис. 2. Схемы типологии развития постпромышленных территорий (иллюстрация авторов)
Fig. 2. Schemes of typology of development of post-industrial territories (illustration of authors)

4. Обсуждение

Осуществление проектов точечной реорганизации называли признаками возрождения города, однако, по сути, они были не более чем вспышками на общем фоне увядания и опустошения Детройта. Питсбург же наоборот смог изменить направление своего развития благодаря своевременно принятым мерам. В ходе освещения наиболее ярких проблем промышленных городов на примере Детройта и Питсбурга были определены ключевые проблемы и особенности:

- объездная автодорога и бесконтрольное развитие пригородных территорий негативно влияет на развитие центральной части города;
- опережающие решения по реорганизации промышленных территорий положительно сказывается на дальнейшем благосостоянии города [17];
- удачная реорганизация промышленного города возможна только при целенаправленной комплексной политике города как в Питтсбурге, внутренние проблемы Детройта оттенили градостроительные проблемы что ухудшило положение города и привело к банкротству;
- учитывая мировой опыт реорганизации постпромышленных территорий, можно выделить принципы при объединении которых формируются типы. Из выведенных типов решения промышленных территорий можно выделить несколько закономерностей;
- на территориях промышленных районов применяют комплексное развитие территории что помогает дать более основательную базу для новых пространств в условиях проблем постпромышленных территорий;
- ценные архитектурные объекты принято повторно использовать с новыми функциями давая идентичность и историю пространств [18];
- на территориях бывших химических производств используется метод биоремедиации что позволяет восстанавливать загрязненные территории для последующего строительства;
- крупные исторически ценные объекты хорошо поддаются реорганизации под Арт-пространства, давая объекту интересные архитектурные пространства, не нарушая исторической целостности зданий;
- промышленные объёмные оболочки такие как газгольдеры, силосные склады, ангары и цистерны, можно повторно использовать под различное насыщение;
- ценные объекты промышленного назначения могут использоваться в научно просветительских и культурных целях;
- для территорий технохабов более привлекательно использовать музеефицированные старопромышленные элементы, что повышает привлекательность объектов.

5. Заключение

В ходе исследования выявлены факторы и перспективы развития постпромышленных территорий.

1. В ходе изучения периода кризиса и роста наиболее характерных промышленных городов (на примере городов Детройта и Питсбурга) были выявлены значительные различия в отношениях различных факторов, которые по сей день сказываются на развитии городов.
2. Авторами был проведен анализ мирового опыта для выявления закономерностей развития постпромышленных территорий.
3. На основе исследования мирового опыта в реорганизации постпромышленных территорий было выявлено семь типов развития различных по характеристикам постпромышленных территорий.
4. Значимость полученных результатов состоит в формировании типологии развития постпромышленных территорий; даны возможные пути их устойчивого развития на основе выявленных типов.
5. Была выявлена значимость постпромышленных районов и влияние на экономические, градостроительные, социокультурные сферы развития города.

Список литературы/References

1. Аванесов А.Д., Болобошко Д.С., Ланин Е.Б., Огурцов Г.К. Обзор отечественного и зарубежного опыта реновации производственных зданий // Научные исследования. 2017. №1 (12).URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-otechestvennogo-i-zarubezhnogo-opyta-renovatsii-proizvodstvennyh-zdaniy (дата обращения: 04.12.2022). [Avanesov A.D., Boloboshko D.S., Lanin E.B., Ogurtsov G.K. Review of domestic and foreign experience in renovation of industrial buildings // Scientific research. 2017. No. 1 (12). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-otechestvennogo-i-zarubezhnogo-opyta-renovatsii-proizvodstvennyh-zdaniy (reference date: 04.12.2022)].
2. ICOMOS – TICCIH. Principles for the Conservation of Industrial Heritage Sites, Structures, Areas and Landscapes // The Dublin Principles. 2011. P. 2.
3. Айдарова Г.Н. Сохраняя наследие, обновлять исторический центр Казани // Вестник волжского регионального отделения российской академии архитектуры и строительных наук. 2015. С. 95–100. [Aidarova G.N. Preserving the heritage, update the historical center of Kazan // Bulletin of the Volga regional branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. 2015. P. 95-100].
4. Иванова И.Б., Самигуллина Д.Р. Анализ опыта адаптации промышленных обьектов // Современное строительство и архитектура. 2022. №1 (25). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-opyta-adaptatsii-promyshlennyh-obektov (дата обращения: 24.01.2023). [Ivanova I.B., Samigullina D.R. Analysis of the experience of adaptation of industrial objects // Modern construction and architecture. 2022. No. 1 (25). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-opyta-adaptatsii-promyshlennyh-obektov (reference date: 24.01.2023)].
5. Латыпова Н.В. Комплексный подход к редевелопменту промышленных территорий на примере вертолетного завода в Адмиралтейской слободе Казани / Н. В. Латыпова, С. В. Гафурова // Архитектон: известия вузов. 2020. No 4(72). С. 8. [Latypova, N. V. An integrated approach to the redevelopment of industrial areas on the example of a helicopter plant in the Admiralteyskaya Sloboda of Kazan / N. V. Latypova, S. V. Gafurova Architecton: university news. 2020. No. 4 (72). P. 8].
6. Мальцев А.А., Мордвинова А.Э. Американская модель ревитализации старопромышленных регионов // Вестник РУДН. Серия: Экономика. 2018. №1. URL https://cyberleninka.ru/article/n/amerikanskaya-model-revitalizatsii-staropromyshlennyh-regionov (дата обращения: 04.12.2022). [Maltsev A.A., Mordvinova A.E. American model of revitalization of old industrial regions // Bulletin of RUDN University. Series: Economics. 2018. No. 1. URL https://cyberleninka.ru/article/n/amerikanskaya-model-revitalizatsii-staropromyshlennyh-regionov (reference date: 04.12.2022)].
7. Gil L.T. Economic crises and industrialisation in southern europe: The valencian cloth-making town of alcoi (1600 and 1800) // Rev. Hist. Ind. 2020. Vol. 29, No 80. P. 85–117.
8. Michele L. The fundamentals of industrial redevelopment / In Woodhead Publishing Series in Energy, Beyond Decommissioning, Woodhead Publishing. 2019, P. 15-58.
9. Недлякова А.М., Пшехоцка И., Павлов П. Глобализация: эволюция и современные концепции // Прикладные экономические исследования. 2016. №2 (12). [Nedlyakova A.M., Pshekhotska I., Pavlov P. Globalization: evolution and modern concepts // Applied economic research. 2016. No. 2 (12)].
10. Болтаевский А.А. Транспорт как основа современного города // Урбанистика. 2018. №4. [Boltaevsky A.A. Transport as the basis of the modern city // Urbanism. 2018. No. 4].
11. Мухитов Р.К. Реконструкция городских ландшафтных объектов как средство реабилитации городского пространства (на примере протоки Булак и привокзальной площади г. Казани) // ДИЗАЙН-РЕВЮ. 2015. С. 72–77. [Mukhitov R.K. Reconstruction of urban landscape objects as a means of rehabilitation of urban space (on the example of the Bulak duct and the station square of the city of Kazan) // DESIGN REVUE. 2015. P. 72-77].
12. Тарзанова Ю.Е. Прошлое, настоящее и будущее «заброшенных» промышленных территорий в современном городе. // Материалы VIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: https://scienceforum.ru/2016/article/2016026666 (дата обращения: 20.10.2022). [Tarzanova Yu. E. The past, present and future of "abandoned" industrial territories in the modern city. //

Proceedings of the VIII International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum" URL: https://scienceforum.ru/2016/article/2016026666 (reference date: 20.10.2022)].
13. Дембич Н.Д., Фаткуллина А.А. Вопросы реорганизации и идентификации прибрежных территорий промышленной эпохи на примере района Вилла Олимпика г. Барселона 1992 г // Инновации и инвестиции. 2019. №12. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-reorganizatsii-i-identifikatsii-pribrezhnyh-territoriy-promyshlennoy-epohi-na-primere-rayona-villa-olimpika-g-barselona-1992-g (дата обращения: 20.07.2022). [Dembich N.D., Fatkullina A.A. Issues of reorganization and identification of coastal areas of the industrial era on the example of the Villa Olimpica district of the city of Barcelona 1992 // Innovations and investments. 2019. No. 12. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-reorganizatsii-i-identifikatsii-pribrezhnyh-territoriy-promyshlennoy-epohi-na-primere-rayona-villa-olimpika-g-barselona-1992-g (reference date: 20.07.2022)].
14. Чайко Д.С. Современные тенденции нового использования исторических промышленных объектов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. Vol. 3 (45). P. 50. [Chaiko D.S. Modern trends in the new use of historical industrial facilities // International Research Journal. 2016. Vol. 3 (45). P. 50].
15. Pieczka M., Wowrzeczka B. Art in post-industrial facilities-strategies of adaptive reuse for art exhibition function in Poland // Buildings. 2021. Vol. 11, No 10.
16. Яблонская О.В., Серякова С.С. Методы организации рекреационных зон на промышленных территориях // Инновационная наука. 2016. №5–3 (17). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metody-organizatsii-rekreatsionnyh-zon-na-promyshlennyh-territoriyah (дата обращения: 11.12.2022). [Yablonskaya O.V., Seryakova S.S. Methods of organization of recreational zones in industrial areas // Innovative science. 2016. No. 5-3 (17). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metody-organizatsii-rekreatsionnyh-zon-na-promyshlennyh-territoriyah (reference date: 11.12.2022)].
17. Brano Glumac, Nizamul Islam. Housing preferences for adaptive re-use of office and industrial buildings: Demand side / Sustainable Cities and Society. Volume 62. 2020. 102379.
18. Rassadina S.A. Mining provinces: Memory discourse and local identity // J. Min. Inst. 2017. Vol. 227. P. 603–607.

Информация об авторах.

Артур Алексеевич Самойлов, архитектор. ГУП Республики Татарстан "Головная Территориальная Проектно-Изыскательская Научно-Производственная Фирма «Татинвестгражданпроект», г.Казань, Российская Федерация.
E-mail: samojlov.arturio@yandex.ru
Екатерина Владимировна Покка, доцент, кандидат архитектуры, доцент. Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация.
E-mail: ekaterina-p-83@mail.ru

Information about the authors.

Artur A. Samoilov, architect. State Unitary Enterprise of The Republic of Tatarstan "Head Territorial Design and Survey Research and Production Firm "Tatinvestgrazhdanproekt", Kazan, Russian Federation.
Email: samojlov.arturio@yandex.ru
Ekaterina V. Pokka, associate professor, candidate of architecture, associate professor. Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: ekaterina-p-83@mail.ru

УДК: 72.01
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_135
EDN: VYOAYE

Классификация графических источников в контексте реставрации историко-архитектурного наследия

А.А. Качемцева[1]
[1]Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи*. Наиболее полную информацию о реставрируемом объекте историко-культурного наследия содержат источники, в которых данные представлены графическим способом. Однако, не смотря на богатую историю изучения графических источников их научно-обоснованная классификация до сих пор не была сформирована.
Предмет исследования – графические источники в реставрации историко-архитектурного наследия. Цель работы заключается в разработке классификации графических источников в контексте реставрации историко-архитектурного наследия. Задачами исследования являются: уточнение множества объектов классификации, выделение признака классификации, упорядоченное расположение объектов классификации по соответствующим видам и подвидам, описание каждого классификационного вида.
Предполагается, что классификация может быть разработана двухуровневой, с выделением элементов на основе признака функции. В соответствии с гипотезой, для достижения поставленной цели был применен системно-функциональный метод. В ходе исследования были получены следующие научные *результаты*: разработана классификация графических источников в контексте реставрации историко-архитектурного наследия, отвечающая требованиям универсальности и включающая в себя: проектные, фиксационные и научные виды. При неизменном основании классификации, обеспечивающем полноту охвата классифицируемых объектов, выделены четко определяемые виды графических источников и описано их содержание.
Выводы. Разработанная классификация графических источников позволяет однозначно определить принадлежность графического источника к определенному классификационному виду. Это, в свою очередь, обеспечивает более высокую эффективность сбора графического материала и проведения предпроектного историко-культурного анализа.
Области применения результатов: 1) для разработки методики оценки информационного потенциала графических источников каждого вида; 2) в практической деятельности по использованию графических источников в качестве основы реставрации историко-архитектурного наследия.

Ключевые слова: графический источник, классификация графических источников, реставрация объектов культурного наследия, теория и история архитектуры

Для цитирования: Качемцева А.А. Классификация графических источников в контексте реставрации историко-архитектурного наследия // Известия КГАСУ 2023 № 2 (64), с. 135-145, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_135, EDN: VYOAYE

Classification of graphic sources in the context of restoration of historical and architectural heritage

A.A. Kachemtseva[1]
[1] Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Abstract: *Problem statement.* The most comprehensive information about a historical and cultural heritage site to be restored can be found in the sources that present its data graphically. However, despite the rich history of graphic sources studying, their science-based classification has not yet been formed.
The subject of the research is graphic sources in the restoration of the historic and architectural heritage. The goal of the work is to develop a classification of graphic sources in the context of restoration of the historic and architectural heritage. The aims of the study are specifying the set of classification objects, identifying the feature of the classification, arranging the objects of the classification by their respective types and subtypes, describing each classification type.
It is assumed that the classification can be developed in two levels, with the allocation of elements based on the feature of the function. In accordance with the hypothesis, the system-functional method was applied to achieve the objective. During the study the following scientific *results* have been obtained: the classification of graphic sources in the context of restoration of historical and architectural heritage has been developed, which meets the requirements of universality and which includes design, fixation and scientific types. With the unchanged basis of classification, which ensures the completeness of coverage of the classified objects, the clearly defined types of graphic sources have been identified and their content has been described.
Conclusions. The developed classification of graphic sources makes it possible to determine unambiguously that the graphic source belongs to a certain classification type. This, in turn, provides a more efficient collection of graphic material and pre-project historical and cultural analysis.
Areas of application of the results: 1) development of a methodology for assessing the information potential of graphic sources of each type; 2) in practical activities on the use of graphic sources as the basis for the restoration of historical and architectural heritage.

Keywords: graphic source, classification of graphic sources, restoration of cultural heritage, theory and history of architecture

For citation: Kachemtseva A.A. Classification of graphic sources in the context of restoration of historical and architectural heritage // News KSUAE 2023 № 2 (64), p.135-145, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_135, EDN: VYOAYE

1. Введение

Научная статья относится к области предпроектных историко-теоретических и научно-методических разработок. Актуальность разработки классификации графических источников, применяемых при реставрации историко-архитектурного наследия, сопряжена с вопросами теоретико-методологической зрелости реставрационной науки, так как не только систематизирует источники в удобные для изучения группы, но и способствует их познанию, а также является важным способом и средством этого познания. Актуальность исследования обусловлена также практическими соображениями: во-первых, разработка подобной классификации призвана обеспечить более высокую эффективность сбора графического материала и проведения предпроектного историко-культурного анализа. Во-вторых, предложенная классификация будет востребована в исследовательско-прикладном аспекте, который заключается в повышении информационной отдачи графических источников, в частности в дальнейшем изучении вопросов оценки информационного потенциала различных видов графических

источников. И, в-третьих, подготовка нового поколения архитекторов-реставраторов непрерывно ставит задачи по совершенствованию подходов к исследованию объектов архитектурного наследия и включению этих подходов в образовательный процесс. Соответственно, разработка классификации графических источников может найти свое применение при решении как теоретических, так практических и педагогических задач.

Исследование различных видов графических источников неоднократно проводилось в рамках изучения теории и истории архитектуры, вместе с тем научно-обоснованная классификация графических источников до сих пор не сформирована. На первом этапе исследования, связанного с разработкой классификации графических источников, была поставлена задача отбора материалов для обзора разработанности проблемы в научной литературе. Так как рассматриваемая предметная область находится на стыке различных направлений научного знания, источники по ним были рассмотрены отдельными блоками.

Вопросам изучения теории, методики, техники и истории изучения исторических источников (включая графические) посвящена отдельная отрасль исторической науки - источниковедение. Из числа исследователей, работавших в XIX – начале XX веков, наиболее общую, обладающую чертами универсальности классификацию исторических источников дал Э. Бернгейм [1]. Самое значительное исследование отечественной науки этого периода, оказавшее во многом определяющее влияние на развитие всего источниковедения в XX века, это источниковедческая концепция А.С. Лаппо-Данилевского [2]. С середины XX века в источниковедении существенно увеличилось количество трудов по исследованию исторических источников. Начал формироваться широкий интерес к графическим материалам. И, если в классификации Л.Н. Пушкарева [3] еще осторожно выделялись лишь фото- и кинодокументы, то С.О. Шмидт [4] в своей классификации исторических источников уже рассматривал графические (называя их изобразительными) источники, как полностью самостоятельный тип, подразделяя их на художественно-изобразительные, изобразительно-графические и изобразительно-натуральные. Обоснование применения понятия «графические источники» взамен «изобразительных» и «иконографических» было приведено автором в предыдущих публикациях [5]. Современный этап источниковедения характеризуется многообразием публикуемых трудов как теоретического, так и практического направления, посвященных роли графических источников в различных исторических дисциплинах. Однако, В.В. Алексеев указывает что, не смотря на появление в типологической классификации самостоятельного изобразительного типа, информационный потенциал таких источников до сих пор не реализуется в полной мере по причине недостаточной разработанности теоретико-методологических основ их источниковедческого изучения [6]. Что дополнительно подчеркивает актуальность проводимого исследования по классификации графических источников.

Вторым блоком научных трудов, изученных для выявления разработанности проблемы, являются работы историков и искусствоведов, посвященные вопросам изображения архитектурных объектов в графических источниках. Ю.Ю. Юмашева провела исследование, определившее место научно-технической документации в классификации исторических источников [7]. Отдельная ценность проведенной ею работы заключена в том, что классификацию источников она рассматривала применительно к решению вопросов виртуальных исторических реконструкций объектов историко-культурного наследия. Проблемы исследования источниковой базы при выполнении виртуальных реконструкций освещены также в диссертационном исследовании и последующих статьях Д.И. Жеребятьева [8] и исследованиях Х.Г. Надыровой [9].

Третий блок исследований, рассмотренный для составления обзора, сформирован из работ архитекторов, которые в своих текстах обращались к теме использования графических источников в реставрации. Для полноценного обзора были изучены теоретические исследования признанных мастеров реставрации. Возможность привлечения графических источников при изучении русской архитектуры рассматривалась исследователями уже в XIX столетии. А.М. Павлинов в своей работе "История русской архитектуры" [10] анализировал изображение архитектуры на

миниатюрах церковных рукописей и в исторических гравюрах. И.И. Горностаев одним из первых отечественных исследователей высказал мысль о возможности использования иконы "для реставрации древних форм" [11]. Системным исследованием по изображению памятников архитектуры в графических источниках можно назвать объединенные в одном издании статьи М.И. Мильчика 1973-2017 годов [12]. Возможности привлечения графических источников для задач исследования и реставрации архитектурных объектов, а также датировки отдельных памятников истории и культуры рассматривались в работах Г.Н. Айдаровой-Волковой [13]. Однако, подавляющая масса работ по данной проблематике имеют конкретно-прикладной характер и отличаются некоторой фрагментарностью.

Зарубежные исследователи в вопросах изучения графических источников также в значительной степени ориентированы на локальные объекты или территории, и рассматривают отдельные узкие вопросы такие как: виртуальная реконструкция конкретных утраченных объектов историко-культурного наследия на основе графических и текстовых материалов [14], или сбор, систематизацию и анализ графических источников по историческим объектам [15]. Даже глобальные вопросы городского развития при условии бережного отношения и сохранения ценных исторических ландшафтов зачастую рассматриваются авторами через призму изучения графических источников, связанных с одним населенным пунктом или регионом [16-18].

Разумеется, неверно было бы заявлять об отсутствии общетеоретических разработок, связанных с изучением графических источников - они широко рассматриваются в иноязычных исторических, культурологических, искусствоведческих или даже географических [19-20] аспектах. Однако не смотря на столь разноплановые направления исследований графических источников среди проанализированной литературы не было обнаружено работ, соответствующих поставленной цели исследования и содержащих научно-обоснованную классификацию графических источников в аспекте реставрации историко-архитектурного наследия.

В результате проведенного анализа можно заключить, что две выявленные тенденции в анализируемых работах заключаются в диаметрально противоположных подходах к разработке классификации графических источников. Исследования по источниковедению носят максимально общий характер, позволяющий встроить графические источники, как один из типов в систему источников исторических. Но они не решают конкретных прикладных и практических задач, присущих реставрации историко-архитектурного наследия. Архитектурные, реставрационные и искусствоведческие исследования, напротив, тяготеют к решению конкретных задач, зачастую стилистически, хронологически или типологически ограниченных. Это, в свою очередь, не позволяет разработать классификацию, способную однозначно определить принадлежность графического источника к определенному классификационному виду.

Таким образом, цель настоящего исследования заключается в разработке классификации графических источников, отвечающей требованиям универсальности, в аспекте реставрации историко-архитектурного наследия. Для ее достижения были поставлены следующие задачи исследования: 1) уточнить исходное множество объектов классификации; 2) определить и обосновать признак классификации; 3) выделить и разграничить классификационные виды; 4) рамочно обозначить и описать подвиды второго порядка; 5) сравнить полученный результат с существующими классификациями источников.

2. Материалы и методы

Предполагается, что универсальная классификация графических источников может быть разработана на основе авторского определения понятия «графические источники», сконструированного при помощи методов формально-логического определения понятия и двухуровневой триадической дешифровки. В результате их синтеза было заключено, что графические источники в реставрации архитектурного наследия – это исторические источники проектного, фиксационного или исследовательского назначения, в которых функциональная, конструктивная и эстетическая информация об объекте наследия, имеющем историческую, архитектурно-градостроительную и культурологическую

ценность, представлена в виде изображения [5]. Конструирование подобной дефиниции представляет собой первый этап в разработке классификации – определение исходного множества объектов классификации.

В рамках настоящей статьи вся совокупность исторических графических источников рассматривается, как целостная система, которая может быть расчленена и исследована при помощи метода системно-функционального анализа. Он позволяет выделить элементы системы, имеющие определенное функциональное назначение, которое в свою очередь служит признаком классификации. Признак функционального назначения был выбран для преодоления сложности в делении графических источников на виды из-за их глубокой органической взаимосвязи между собой. При выделении в качестве признака классификации внешней или внутренней формы графических источников, подлинности, степени детализации, цветности, материала исполнения или средств изображения, многие виды образовывали комплексы близких по своему характеру источников, что противоречило требованию к чистоте деления элементов классификации и могло существенно нарушить логическую строгость структурного деления и упорядоченное расположение объектов.

Использование в качестве признака классификации единства происхождения, содержания, назначения источника при его создании – то есть его функции, позволило, во-первых, добиться однозначной принадлежности графического источника к определённому классификационному виду, во-вторых – классификационные виды согласовать с задачами реставрации объектов архитектурного наследия.

Исходя из признака классификации графических источников в аспекте реставрации архитектурного наследия, материалами исследования выступили не столько сами чертежи, обмеры, эскизы, фотографии и другие изображения памятников архитектуры, сколько данные об их назначении и функциональном использовании.

3. Результаты

Уточнение множества объектов классификации, определение основного научного метода и выбор признака классификации позволяют в совокупности с проанализированными материалами приступить непосредственно к разработке классификации графических источников.

В связи с тем, что разрабатываемая классификация графических источников должна в первую очередь отвечать задачам реставрации историко-архитектурного наследия, было рассмотрено базовое определение объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации, приведенное в основном нормативно-правовом акте Российской Федерации, регулирующем отношения в области сохранения, использования, популяризации и государственной охраны объектов культурного наследия.

К объектам культурного наследия данным документом относятся объекты недвижимого имущества и иные объекты с исторически связанными с ними территориями, произведениями живописи, скульптуры, декоративно-прикладного искусства, объектами науки и техники и иными предметами материальной культуры, возникшие в результате исторических событий, представляющие собой ценность с точки зрения истории, археологии, архитектуры, градостроительства, искусства, науки и техники, эстетики, этнологии или антропологии, социальной культуры и являющиеся свидетельством эпох и цивилизаций, подлинными источниками информации о зарождении и развитии культуры [Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 N 73-ФЗ].

На основании этого определения можно констатировать, что рассматриваемые в классификации графические источники должны соотноситься с объектами, которые, в первую очередь, были полностью или частично реализованы, во-вторых, были признаны несомненной ценностью с точки зрения одной из перечисленных наук (преимущественно, архитектуры и градостроительства).

Следовательно, каждый из объектов, применительно к которым будут рассмотрены вопросы реставрации и реконструкции на базе графических источников, должен был

пройти в своем жизненном цикле стадии от генерирования проектного замысла до включения в область исследования реставрационной науки. Причем, если выделение подобных стадий справедливо для любого объекта историко-культурного наследия, допустимо предположить, что классификация, основанная на этих стадиях, будет отвечать требованию полноты охвата классифицируемых объектов. Таким образом, последовательно рассмотрев каждую стадию и выделив в самостоятельный вид связанные с ней графические источники, можно получить универсальную классификацию графических источников.

Первым этапом графического отображения будущего объекта культурного наследия является формирование проектного замысла. Графические источники, связанные с этим этапом, будут представлять собой проектный вид. К нему относятся графические материалы, в которых предметом изображения служат не материализованные проектные поиски, идеи и разработки. Эскизы, наброски, проектные чертежи, аксонометрии, перспективы и схемы – все, что предваряет собой процесс строительства, реставрации, ремонта или реконструкции. А также обеспечивает взаимодействие автора архитектурного сооружения с другими участниками процесса проектирования. Таким образом, основные функции графических источников проектного вида – прогностическая и коммуникативная.

Одним из древнейших и, несомненно, основным источником проектной графической информации служат чертежи. Они являются, пожалуй, наиболее изученной частью всех графических источников, анализируемых при проведении реставрационных работ. В качестве подвидов к графическим источникам проектного вида могут быть отнесены, как чертежи уникальных зданий, так и чертежи типовой рядовой застройки или «образцовые» проекты. Отдельным подвидом можно выделить материалы, отражающие проектные творческие поиски авторов архитектурных сооружений: архитектурные рисунки, наброски и эскизы. Также к проектному виду необходимо отнести чертежи различных вариантов решений, отвергнутые на стадии проектирования и в дальнейшем не реализованные.

Вторым этапом отображения объекта культурного наследия можно считать его изображение «с натуры» в процессе строительства, существования объекта или его разрушения. Эти графические источники включаются в фиксационный вид, так как представляют собой художественную или документальную фиксацию существующего объекта. Четкой границей, позволяющей отнести конкретный графический источник к проектному или фиксационному виду, будет являться факт материального наличия изображаемого им объекта. Основные функции графических источников фиксационного вида – документальная и репродуктивная.

Для источников проектного вида первична информация, знание, замысел - которые посредством применения графических материалов материализуются в постройках. Для источников фиксационного вида, напротив, первичными будут постройки, которые дают возможность посредством графических источников получить новую информацию и новые знания об объекте.

К разным подвидам фиксационного вида графических источников будут принадлежать графические материалы, достоверно документирующие изменения, происходящие со зданиями и сооружениями: натурные рисунки, архитектурные акварели, гравюры, фотографии, фиксационные и обмерные чертежи, прориси, эстампажи и т.д. и отдельно – художественные произведения, изображающие объекты архитектурного наследия.

С одной стороны, фиксационный вид графических источников наиболее разнообразен и представляет наибольшие методические затруднения с точки зрения построения классификации второго порядка. С другой – выбранный метод системно-функционального анализа позволяет четко разграничивать графические источники документального и художественного подвидов фиксационных графических источников.

Это выделенное функциональное различие позволяет в значительной степени разрешить дилемму, возникающую в процессе оценки информационного потенциала художественных графических источников, степени их достоверности и возможностей их привлечения к реставрации объектов историко-культурного наследия. В частности

рисунки, акварели, фотографии фиксационного подвида предлагается отличать от рисунков, акварелей и фотографий художественного подвида. Проводя аналогичное разграничение между всеми графическими источниками, обладающими общей структурой, но изначально создававшимися с различными функциями.

Разумно предположить, что степень достоверности документальной и художественной фотографии не будет существенно отличаться. Однако ракурс съемки, технические особенности камеры, композиция кадра, наличие уточняющей информации – все это будет определять различную степень применимости найденных графических источников в реставрационных работах.

В настоящее время анализ материалов фиксации, масштабные обмерные чертежи планов, фасадов, разрезов и деталей здания служат основой для разработки проектов реставрации объектов историко-культурного наследия в тех случаях, когда проектные графические источники не были выявлены. Помимо этого, фиксация следов переделок и проведенных раскрытий позволяет представить документальные основания для проекта реставрации, без которых невозможна его научная апробация и утверждение.

Также с точки зрения разработки классификации графических источников в аспекте реставрации архитектурного наследия ключевым служит тот факт, что всю профессиональную реставрационную деятельность можно представить в виде взаимосвязи двух сфер: практической и теоретической, или, иначе говоря, научной. Практическая сфера реализует процесс применения результатов познания, в то время как научная – непосредственно сам процесс познания.

Таким образом, среди всех графических источников, рассматриваемых в аспекте реставрации архитектурного наследия, можно выделить те, что относятся преимущественно к области познавательной деятельности теоретиков и направлены на получение, обоснование и систематизацию специализированных знаний. Эти графические источники образуют научный вид и связаны с третьим этапом – введением объекта культурного наследия в предметную область архитектурно-реставрационной науки. В дополнение к художественной и эстетической ценности объекта на этом этапе должно быть признано его значение в качестве свидетельства эпох и цивилизаций или подлинного источника информации о зарождении и развитии архитектуры. Для этого вида первичной будет информация, которая посредством графических источников научного вида послужит приращению нового научного знания. Основные функции графических источников научного вида – аналитическая и когнитивная.

Таблица 1

Классификация графических источников

Вид	**Проектный вид**				**Фиксационный вид**		**Научный вид**	
Подвид	Картографический (план владений, ситуационный план, генеральный план и т.д.)	Технический (план, фасад, разрез, шаблон, аксонометрия, перспектива и т.д.)	Нормативный (образцовый чертеж, типовой проект и т.д.)	Поисковый (чертеж вариантов, архитектурный рисунок, эскиз, набросок и т.д.)	Документальный (фиксационный чертеж, обмер, эстампаж, прорись, фотография и т.д.)	Художественный (рисунок, акварель, фотография, гравюра, икона, фреска и т.д.)	Аналитический (аналитические таблицы, схемы, диаграммы и т.д.)	Гипотетический (проекты предполагаемого вида исторического здания и т.д.)
Функция	Прогностическая/ Коммуникативная				Документальная/ Репродуктивная		Аналитическая/ Когнитивная	

С позиций реставрации в этом блоке могут быть рассмотрены проекты предполагаемого вида исторического здания. Этот жанр графического изображения,

появившийся в XIX столетии, требует к себе особо критического отношения, поскольку почти всегда в какой-то мере неизбежно отражает субъективную интерпретацию позднейшим исследователем форм древней архитектуры. Научные графические источники могут рассматриваться как финальная группа в исчерпывающем перечне графических материалов, применимых для реставрации объектов историко-архитектурного наследия. Схематическое деление графических источников на виды и подвиды в соответствии с разработанной классификацией приведено в таблице 1.

4. Обсуждение

Разработанная классификация графических источников не вступает в противоречие с существующими классификациями исторических источников, принятыми в источниковедении, а дополняет их. Отметим, что ряд исследователей, проанализированных во введении статьи, (в частности, С.О. Шмидт) отмечали, что их разработки ориентированы в первую очередь на «источниковедческую практику» и не были предназначены для углубленного изучения исторических источников определенного типа [4]. Они рассматривались авторами, как предпосылки для создания более сложных, многоаспектных классификаций, составной частью которых в полной мере может служить видовая классификация графических источников, предложенная в рамках настоящей работы. Наибольшее соответствие предложенной классификации обнаруживается при рассмотрении циклической схемы классификации источников Л.Н. Пушкарева [3], так как в процессе разработки классификации графических источников также была применен подход, основанный на этапах цикла существования объекта культурного наследия.

Помимо этого, полученные результаты согласуются с приведенными постулатами мэтров архитектурно-реставрационной науки о необходимости сбора, изучения и систематизации всех видов графических источников при работе с историко-культурным наследием. Таким образом, выполненная работа развивает и дополняет сформированное в отечественной реставрационной школе научное представление о предпроектных историко-теоретических исследованиях.

Виды графических источников были выделены и описаны на основе применения системно-функционального научного метода. Подвиды графических источников в тексте настоящей статьи перечислены рамочно и требуют дальнейших исследований, уточнений и детализации. Несмотря на это, можно утверждать, что полученный результат уже представляет собой углубление существующих научно-методических разработок и может быть востребован при поиске и сборе информации во время работы с конкретными историко-культурными объектами.

Новизна разработанной классификации графических источников заключается в том, что впервые предложен классификационный критерий, который позволяет, во-первых, четко разделять графические источники на виды и подвиды в соответствии с их функциями, во-вторых, структурировать современные графические источники, выполняющие функции в соответствии с выбранным классификационным критерием, что позволит не только систематизировать накопленную источниковую базу, но и пополнять её в рамках отдельных видов и подвидов, сохраняя предложенную классификацию.

Разработанная классификация графических источников вносит существенный вклад, как в развитие отечественного источниковедения, так и в реставрационную науку, поскольку не просто систематизирует разрозненные источники, но способствует задачам их поиска, отбора и изучения. Каждый вид графических источников, выделенный на основе признака функции, обособлен от других и, следовательно, может быть самостоятельно рассмотрен на следующем этапе исследований. Таким образом, предложенная классификация может выступать в качестве научного фундамента для построения видовых классификаций графических источников второго (и, при необходимости углубленного изучения, - третьего) порядка.

Практическая ценность полученных научных результатов обусловлена возможностью повышения эффективности сбора и анализа графических источников при разработке проектов реставрации историко-культурного наследия, а также усилением информационной отдачи графических источников при их изучении в рамках выделенных

видов. Продолжение исследований в этой области позволит перейти к разработке методики оценки информационного потенциала различных видов графических источников, что будет востребовано при реставрации историко-культурных объектов любого уровня.

5. Заключение

1. В ходе проведенного исследования уточнено множество объектов классификации.

2. Определен и обоснован признак классификации, позволивший добиться однозначной принадлежности графического источника к определённому классификационному виду.

3. В качестве классификационных видов на основе применения системно-функционального научного метода выделены: проектный, фиксационный и научный виды графических источников.

4. Обособлены и описаны подвиды, которые могут быть самостоятельно изучены на следующем этапе исследований.

5. Разработана классификация графических источников в контексте реставрации историко-архитектурного наследия.

6. Классификация рассмотрена в сравнении с существующими классификациями исторических источников. В результате установлено, что она обладает новизной, и не вступает в противоречие с научной базой проведенного исследования.

Список литературы/ References

1. Бернгейм Э. Введение в историческую науку. М. : Ленанд, 2023. 72 с. [Berngejm E. Introduction to historical science. Moscow: Lenand, 2023. 72 p.].

2. Методология истории: Н. И. Кареев, А. С. Лаппо-Данилевский, Д. М. Петрушевский, В. М. Хвостов / Ин-т философии РАН, Некоммерч. фонд "Ин-т развития им. Г. П. Щедровицкого" ; под ред. Т. Г. Щедриной, Б. И. Пружинина. – М. : РОССПЭН, 2019. 399 с. [Methodology of History: N. I. Kareev, A. S. Lappo-Danilevsky, D. M. Petrushevsky, V. M. Khvostov / Institute of Philosophy of Russian Academy of Sciences, Noncommercial fund " Institute of Development named after G.P. Shchedrovickiy". – M. : ROSSPEN, 2019. 399 p.].

3. Пушкарев, Л. Н. Классификация русских письменных источников по отечественной истории. М. : Наука, 1975. 281 с. [Pushkarev, L. N. Classification of Russian written sources on national history. M. : Nauka, 1975. 281 p.].

4. Шмидт, С. О. Путь историка: избранные труды по источниковедению и историографии. М. : РГГУ, 1997. 612 с. [Shmidt, S. O. The path of the historian: selected works on source studies and historiography. M. : RGGU, 1997. 612 p.].

5. Качемцева, А. А. Разработка определения понятия "графические источники" в аспекте реставрации архитектурного наследия // Приволжский научный журнал. 2022. № 3 (63) С. 128-134. [Kachemceva, A. A. Development of the definition of the concept of "graphic sources" in the aspect of restoration of architectural heritage // Privolzhsky scientific journal. 2022. № 3 (63) P. 128-134].

6. Алексеев, В. В. Феномен изобразительных источников / визуальных источников: к вопросу о терминологии и классификации: сб. ст. Роль изобразительных источников в информационном обеспечении исторической науки / М., 2019. С. 90-101. [Alekseev, V. V. The phenomenon of visual sources / visual sources: on the issue of terminology and classification: collection of articles. The role of visual sources in the information support of historical science / M., 2019. P. 90-101].

7. Юмашева Ю. Ю. Источниковая база виртуальных исторических реконструкций объектов историко-культурного наследия: к постановке проблемы // Историческая информатика. 2020. № 3(33). С. 21-50. DOI: 10.7256/2585-7797.2020.3.33473. [Yumasheva Yu. Yu. Source database of virtual historical reconstructions of objects of historical and cultural heritage: to the formulation of the problem // Historical computer science. 2020. № 3(33). P. 21-50. DOI: 10.7256/2585-7797.2020.3.33473].

8. Borodkin L. I., Zherebyatyev D. I., Entin A. L. Virtual reconstruction of the historical landscape and urban development of Moscow Bely Gorodin the 17th - 18th centuries: sources and methods : сб. ст. научно-практической конференции, Москва, 11 февраля 2021 года – История Москвы: методология, источниковедение, историография. Роль просветительской деятельности в формировании образа Москвы / Парламентская библиотека Московской городской Думы. М., 2021. С. 147-161. [Borodkin L. I., Zherebyatyev D. I., Entin A. L. Virtual reconstruction of the historical landscape and urban development of Moscow Bely Gorodin the 17th - 18th centuries: sources and methods: proceedings of the scientific and practical conference, Moscow, February 11, 2021 - History of Moscow: methodology, source studies, historiography. The role of educational activities in shaping the image of Moscow / Parliamentary Library of the Moscow City Duma. M., 2021. P. 147-161].

9. Надырова, Х. Г. Виртуальная реконструкция памятников архитектуры и градостроительства как форма сохранения архитектурного наследия Татарстана: сб. ст. Материалы 16-ой Международной научно-практической конференции – Цифровая трансформация в высшем и профессиональном образовании / Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Казань, 2022. С. 498-501. [Nadyrova, H. G. Virtual reconstruction of architectural monuments and urban planning as a form of preserving the architectural heritage of Tatarstan: Proceedings of the 16th International Scientific and Practical Conference - Digital Transformation in Higher and Professional Education / Kazan State University of Architecture and Engineering. Kazan, 2022. P. 498-501].

10. Павлинов А.М. История русской архитектуры. М. : Бином. Лаборатория знаний / Олма, 2020. 256 с. [Pavlinov A.M. History of Russian architecture. M. : Binom. Knowledge Lab / Olma, 2020. 256 p.].

11. Горностаев, И. И. План Новгорода на иконе Знамения Божией Матери в Новгородском Знаменском соборе // Известия Императорского Археологического общества. 1864. Т. 5. Вып. 3. С. 145–150. [Gornostaev, I. I. The plan of Novgorod on the icon of the Sign of the Mother of God in the Novgorod Znamensky Cathedral // Proceedings of the Imperial Archaeological Society. 1864. Vol. 5. Iss. 3. P. 145–150].

12. Мильчик, М.И. Древнерусская иконография монастырей, храмов и городов XVI-XVIII веков : статьи 1973-2017. Санкт-Петербург : Коло, 2017. 376 с. [Mil'chik, M.I. Ancient Russian iconography of monasteries, temples and cities of the XVI-XVIII centuries : articles 1973-2017. Saint-Petersburg : Kolo, 2017. 376 p.]

13. Айдарова-Волкова, Г. Н. Историко-архитектурный анализ изображения Казани голландским мастером Корнелисом де Брейном // Вестник Санкт-Петербургского университета. История. 2020. Т. 65. № 2. С. 566-583. DOI: 10.21638/11701/spbu02.2020.214. [Ajdarova-Volkova, G. N. Historical and architectural analysis of the image of Kazan by the Dutch master Cornelis de Bruijn // Bulletin of St. Petersburg University. History. 2020. Vol. 65. № 2. P. 566-583. DOI: 10.21638/11701/spbu02.2020.214].

14. Lillo Giner, S., Rodrigo Molina, Ángeles, & Esteve Sendra, C. Metodología para la restitución gráfica de un edificio desaparecido. La Casa de Armas de Valencia. // EGA Expresión Gráfica Arquitectónica. 2021. Vol. 26, no. 43. P. 96–109. DOI: https://doi.org/10.4995/ega.2021.13797

15. Rozalem J. F. M., Rodríguez F. A., Guisado A. A.. Graphic sources as the sole testament to forgotten architectural heritage: border architecture in the Kingdom of Seville in the late Middle Ages // EGA Expresión Gráfica Arquitectónica. 2021. Vol. 26, no. 41. P. 92–101. DOI: https://doi.org/10.4995/ega.2021.14625.

16. Gamiz Gordo, Antonio & Ruiz Padrón, Luis. The First Views of Malaga in the 16th Century: Graphic Sources for Research // Architectural Draughtsmanship. 2018. P.1325-1337. DOI: 10.1007/978-3-319-58856-8_104.

17. López Sánchez, M., Linares Gómez del Pulgar, M. y Tejedor Cabrera, A. Acknowledging heritage through the landscape: towards a networked interpretation of the historical context of the territory // DisegnareCON. Vol. 14, no. 26. 2021. DOI: https://doi.org/10.20365/disegnarecon.26.2021.10.

18. Beltramo S. Describing and ‘Mapping the Town’ Using Iconographic and Literary Sources. Cities in the Late Middle Ages in Italy // Portraits of the City. 2014. P.143-158. DOI:10.1484/M.SEUH-EB.5.101617.

19. Hryniewicz M. Cartography and landscape painting of the 17th and 18th centuries as iconographic sources // Czasopismo Techniczne. 2019. Vol. 5. P. 23-32. DOI: 10.4467/2353737XCT.19.051.10575.

20. Veronica della Dora. Topia: Landscape before Linear Perspective // Annals of the Association of American Geographers. 2013. 103:3, P. 688-709. DOI: 10.1080/00045608.2011.652882.

Информация об авторах

Анна Александровна Качемцева, доцент, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород, Российская Федерация
Email: kachemtseva@yandex.ru

Information about the authors

Anna Alexandrovna Kachemtseva, Associate Professor, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Email: kachemtseva@yandex.ru

УДК: 72.01
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_146
EDN: VUGQKJ

Особенности историко - архитектурного формирования региональных торгово-рыночных комплексов на примере Поволжья

С. И. Калимуллина[1], Г.Н. Айдарова [2]
[1] АО «Казанский гипронииавиапром» им. Б.И. Тихомирова» г. Казань.
[2]Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация.

Аннотация. *Постановка задачи.* Недостаточная изученность развития торгово-рыночных комплексов, формирования их типологических особенностей оказывает влияние на полноту научного знания и практику архитектурного проектирования. Цель исследования - выявление историко-архитектурных периодов и особенностей формирования региональных архитектурных типов торгово-рыночных комплексов. *Задачи исследования:* выявление основных этапов историко-архитектурного формирования торгово-рыночных комплексов; классификация торгово-рыночных комплексов; установление типов торгово-рыночных комплексов Поволжья, в том числе Татарстана в контексте Российских явлений;. определение понятий и терминов, связанных с торгово-рыночными комплексами,
Результаты. В статье рассмотрены 4 этапа исторического формирования торговых объектов и комплексов в зависимости от хозяйственных и технологических укладов. Выявлены базовые архитектурные типы пространств для торговых процессов: стихийные и организованные, открытого и закрытого типа, единичные и комплексные. Открытого типа: торжок, уличные торговые ряды, береговые торговые ряды, базарные площади, рынки, региональные и общегородские ярмарки; закрытого типа: караван-сараи, гостиные дворы, пассажи, торговые центры; даны их структурные характеристики.
Выводы. Исторически сформировавшиеся типы торговых комплексов эволюционировали в современные ярмарочные, рыночные комплексы и торговые центры. Выявлено, что структурной единицей торговых комплексов стал «торговый ряд», «торговая площадь», «торговая улица». Установлено, что формирование архитектуры современного торгово-рыночного комплекса может осуществляться на основе развитой инфраструктуры, соединения функций торговли, выставки, развлечений, жилья, отдыха; может совмещать крытый рынок, открытые торговые ряды, рынок-улицу; рынок из крытых павильонов, благоустроенные открытые общественные пространства с учетом региональных традиций.

Ключевые слова: периодизаци**я** и классификация торгово-рыночных комплексов, особенности архитектурно-пространственного формирования региональных торгово-рыночных комплексов.

Для цитирования: Калимуллина С.И., Айдарова Г.Н. Особенности историко-архитектурного формирования региональных торгово-рыночных комплексов на примере Поволжья // Известия КГАСУ 2023 № 2(64), с.146-162, DOI:10.52409/20731523_2023_2_146, EDN: VUGQKJ

Features of the historical and architectural formation of regional trade and market complexes on the example of the Volga region

S. I. Kalimullina[1], G.N. Aidarova[2]
[1] JSC "Kazan giproniiaviaprom" named after B.I. Tikhomirov" Kazan.
[2]Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.

Abstract. *Problem statement.* Insufficient knowledge of trade and market complexes, the formation of their typological features has an impact on the completeness of scientific knowledge and the practice of architectural design. The purpose of the study is to identify the historical and architectural periods of the formation of architectural types of trade and market complexes.
The *research objectives* are to identify the main stages of the historical and architectural formation of trade and market complexes; to classify trade and market complexes; to establish the types of trade and market complexes of the Volga region, including Tatarstan; to define concepts and terms related to trade and market complexes.
Results. The article considers 4 stages of the historical formation of retail facilities and complexes depending on economic and technological structures. The basic architectural types of spaces for trade processes are revealed: spontaneous and organized, open and closed, single and complex. Open type: rows of shopping stalls, coastal rows of shopping stalls, market squares, markets, regional and citywide fairs; closed type: caravanserais, merchant courts, arcades, shopping centers; their structural characteristics are given.
Conclusions. Street trading was a linear organization along the house space, through trading shops. Markets were divided into open areas with commercial covered or open rows, or living rooms with several merchant shops. A bazaar was an open square or a covered large room with shopping arcade. Fairs represent seasonal trade and mobile, and therefore the location of such trade is possible in many urban spaces. Shopping centers are represented by large closed-type spaces, which include a variety of functions with trading points.

Key words: development of trade and market complexes, classification, features of spatial organization of fairs, bazaars, markets.

For citation: Kalimullina S.I., Aidarova G.N. Features of the historical and architectural formation of regional trade and market complexes on the example of the Volga region// News KSUAE. 2023. № 2 (64), p. 146-162, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_146, EDN: VUGQKJ

1. Введение

Понятие «торговый комплекс» предполагает группу коммерческих предприятий, спроектированных, построенных, эксплуатируемых и управляемых как единое целое. В свете происходящих событий проблема актуальности торговых центров и рынков становится значительной, так как прибыль и интерес у людей пропал. В настоящее время существует множество видов торгово-рыночных отношений. Они выражаются в различных типах и классификациях экономических товарно-денежных оборотах, которые требуют организации архитектурного пространства для процесса сбыта. Площадками могут быть торговые улицы, базары, торговые центры, ярмарки, которые являются классическими моделями рынка как общего понятия для различных торговых процессов и операций. Это предполагает создание новой типологии зданий в связи с возникновением новых потребностей и возрождением традиционных видов торговли. Открытые торговые площадки как более демократичные пользуются все большей популярностью, что показала статистика роста ярмарок за последние годы. Вместе с тем, актуальными остаются вопросы формирования многофункциональных торгово-развлекательных рыночных комплексов, более гибких в условиях изменяющихся запросов и новых технологий.

В трудах, посвященных исследованию торгово-рыночных комплексов отражены различные аспекты их организации.

М.Соловьёва дает важные сведения и термины, описывая становления ярмарок от первых балаганов до организованных торговых площадей и ярмарок на Руси. [1]. Р.М.Валеев утверждает, что Волжская Булгария была значимым звеном в системе Великого Волжского торгового пути, о чем свидетельствуют исторические находки, описанные в исследовании; отмечает важность расположения городов на пересечении путей [2]. А.Х. Халиков отмечает расселение и быт татарского народа, типологические особенности татарских базаров, традиционные виды торговли открытого и закрытого типа [3].

Особенности зарубежных торговых центров и их социально-экономические аспекты формирования освещены в трудах В. В. Московцева, Ю. П. Лукьяновой, Н. Флигстин [4,5]. А.А. Авдашин отмечает наличие китайских торговых рядов перед гостиным двором в Москве в 1661-1665-м годах, указывая на влияние зарубежной торговли [6]. Исследованию архитектурной организации московских гостиных дворов нижегородской ярмарки посвящены труды С.М. Шумилкина, К.В.Симонова, К.А. Абдрахманова, В.Н Шкунова [7-10].

И. Прознич описывает историю развития Сенного базара, его традиционные особенности и типологические составляющие, которые позволили базару быть одним из самых популярных торговых комплексов своего времени [11]. А.Ю. Романова рассказывает о формировании торговли Казанского края, начиная с XVI века в период формирования купеческого сословия. Ярмарки со временем становились не только местного, но и регионального и межнационального значения [12]. О. Данкир _освещает историю Мологской ярмарки, приводит исторические сведения начиная с 12-го века [13].

Н. Наумкин в своей статье рассуждает о вероятном прохождении большой ярмарки на Гостином острове в период ее расцвета, описывая возможные прохождения сделок. Историю работы данной ярмарки автор подтверждает историями людей, которые нашли предметы того времени [14]. В работах О.Мамаевой, Т.Рябовой, Е.В. Пименовой, В.И. Шумейко, посвященных технологиям торговых процессов и экономическим вопросам, отмечаются новые тенденции и проблемы снижения интереса к торговым центрам [15-17].

В рассмотренных исследованиях содержатся фрагментарные сведения об отдельных исторических периодах, отдельных типах торговых пространств, их функциональной принадлежнгости, а также тенденции развития современных торговых комплексов. При этом остаются в тени особенности историко-архитектурного формирования региональных торгово-рыночных комплексов. Недостаточная изученность развития торгово-рыночных комплексов, формирования их типологических особенностей оказывает влияние на полноту научного знания и практику архитектурного проектирования.

Цель исследования: особенности историко- архитектурного формирования региональных торгово-рыночных комплексов на примере Поволжья.

Задачи исследования: выявление основных этапов и особенностей историко-архитектурного формирования торгово-рыночных комплексов; разработка классификации торгово-рыночных комплексов; установление типов торгово-рыночных комплексов Поволжья, в том числе Татарстана в контексте Российских явлений; определение понятий и терминов, связанных с торгово-рыночными комплексами.

2. Материалы и методы

Для решения поставленных задач применен комплексный подход, выявлены и проанализированы литературные источники, включающие труды по общей истории, истории архитектуры, культурологии, этнологии, вопросам организации торговых процессов. Методом натурного анализа изучены планировочно-пространственные и функциональные процессы некоторых торгово-рыночных комплексов Казани. При разработке периодизации и классификации торговых объектов использованы методы историко-архитектурного, типологического, структурного анализа и синтеза.

3. Результаты исследования

Анализ литературных источников позволил выявить этапы развития пространственной организации торгово-рыночных комплексов, факторы их формирования на фоне исторических событий, повлиявших на становление открытых и закрытых типов торгово-рыночных комплексов, таких как базар или ранние виды уличных торговых центров. Пространственное формирование торговых пространств проявлялось и видоизменялось с ростом торгово-рыночных отношений: натуральное хозяйство, индивидуальное предпринимательство в сельских хозяйствах, мануфактура.

1 этап (IX- XVII вв.)

На Руси история развития рынков начиналась с IX века. В деревнях и городах проходили торги, которые длились всего несколько дней с небольшим выбором товара, но всегда с весёлыми гуляниями и развлечениями, порой доходящими до безрассудства. По сторонам площади и на прилегавших к ней улицах имелись ряды шалашей, полок, скамей, которые имели свою специализацию в зависимости от товара. Розничная торговля шла и в рядах, и посредине площади, прямо с возов [18].

В Среднем Поволжье в X – XIV вв. Волжская Булгария была ключевым звеном в системе Великого Волжского торгового пути, соединявшего страны Северной и Центральной Европы с Востоком. В первых упоминаниях о базарах на пути в Булгар говорилось о сборных мечетях в центральных частях крупных городов на центральном рынке. Караван-сарай, вероятно, возводился из дерева со сложной планировочной структурой и, возможно, кирпичными строениями, которые могли быть согласно историческим сведениям банями. Украшался комплекс входными порталами, которые строились из прочного камня-известняка. Принципиальное отличие Караван-сарая от ближневосточных и среднеазиатских комплексов заключалось в укреплении двора и устройства помещений, имевших названия худжр, ориентированных во двор и обогреваемых в зимнее время. Конфигурация комплекса представляла прямоугольный двор, с торговыми помещениями в центре и вокруг него в несколько ярусов [19].

Рис. 1 Исторический аналог: сохранившийся караван-сарай Шах Аббаси, XI в., Иран.
Fig. 1 Historical analogue: the preserved caravanserai of Shah Abbasi, XI century, Iran.
(https://cdn.tabnak.ir/files/fa/news/1398/5/10/1054353_127.jpg)

В ханской Казани караван-сарай, расположенный на площади против Ханских (кремлёвских) ворот, ярмарочный комплекс «Таш аяк» под западным склоном Кремля, торговый комплекс Волжской ярмарки на Гостином острове, вероятно, так же могли представлять собой замкнутые дворы, по периметру которых располагались жилые, складские помещения и торговые лавки, ориентированные входами во двор. Известная ярмарка, проводимая с XV в. на острове Гостином на р. Волга около Казани, стала преемницей древних традиций по посредничеству данной территории между Севером и Югом, Западом и Востоком [20]. По мнению А.Х. Халикова особенность татарского базара по сравнению с русским заключалась в длинных, крытых галереях, тянущихся вдоль улиц с обеих сторон. Маленькие полутемные торговые лавки не имели окон и освещались при помощи дверных проемов, сохраняя прохладу летом и сухость зимой. Обязательным атрибутом ансамбля базара оставалась главная мечеть. После вхождения

Казанского ханства в состав Московского государства, базары и ярмарки в Казани сохраняли прежние места, например, Гостиный двор, Сенной базар и др. [21] .

Термин «Ярмарка» в исследованиях В. В. Московцева, Ю. П. Лукъянцевой представляется как продвижение продукции посредством коммуникации между продавцом и покупателем, существующее с древних времен. Ярмарки разделялись на 5 видов в соответствии с налогообложением, которое зависело от места, длительности и товара, что является ещё одним аспектов торговли. Разделялись на: международные, межрегиональный, областные; сезонные и постоянные; универсальные и специализированные; ярмарки праздничные или выходного дня; налогооблагаемые и свободные [22]. Самыми популярными ярмарками были: Мологская (холопья) ярмарка (Верхнее Поволжье, конец XIV — начала XVI веков.), Макарьевская ярмарка (Верхнее Поволжье, XVII- нач. X1X вв). Мологская ярмарка получила свое название по месту нахождения в холопьем городе Мологи, который имел выход на широкое русло, что способствовало продажам прямо с реки. Суда выстраивались таким образом, что имелась возможность перейти с одного берега на другой, не используя мост. Источником развлечения помимо торговли были кабаки, которых насчитывалось около семидесяти и разные развлечения [23]. С XV—XVII века зародилась развлекательная функция при торговле в виде отдельных павильонов, салонов, балаганов и садов, что очень сильно привлекало людей.

2 этап XIV- конец XVII вв.

Объединение отдельных купеческих лавок в ряды является первым шагом на пути развития архитектуры торговых зданий. Длинные ряды аркад из ритмичного повторения трех элементов: арки, двери, окна– оказался настолько функционально и образно оправданным, что стало признаком торговых сооружений в России (Торговые ряды, Гостиные дворы). Пространство помещений внизу, предназначались для общения с покупателями. В помещении второго этажа находились полки для товаров. Корпуса попарно лицевыми сторонами друг к другу соединялись между собой сводами на уровне первого яруса. Образованный таким способом длинный крытый проход, служил общим торговым залом. Освещался этот коридор отверстиями в сводах [24].

В 1661-1665-м годах в Москве к существующему гостиному двору пристраивают Новый Гостиный двор. Здание было с трехэтажными корпусами, над которыми возвышалась богато декорированная, двухпролетная башня, завершенная шатром, напоминающим шатры кремлевских башен. Башня замыкала переулок выхода на Красную площадь прямо напротив Спасской башни. Внутренний двор был местом для разгрузки и складирования товара; по периметру его окружали двухъярусные корпуса — в них находились склады и магазины, куда можно было попасть также и со стороны улиц.». Площадь перед гостиным двором с противоположной стороны украшали *Китайские ряды* — четыре корпуса в духе китайской архитектуры, предназначенные для торговцев из Азии [25].

Казань в ХУ веке становится крупным рынком сбыта. Основными торговыми партнёрами для Казанского ханства были Московское государство и русские княжества, Кавказ, Турция. Для торговли с внешним миром открывалась международная ярмарка, располагавшаяся на Гостином острове на Волге, которая существовала с XIII в. и до 1524 г. Другой рынок располагался территориально на месте площади Тукая, а весь северный берег озера Кабан и берега Булака были плотно застроен складами для хранения различного товара привезенного на рынок. Для разгрузки товаров с корабля можно было подняться по руслу Казанки, до слияния с Булаком [26].

Во второй половине ХУ1 века, после вхождения Казанского ханства в состав Московского государства Иваном IV Грозным был введён ряд ограничений для татарского населения: запрет на ведение торговли в городах, на продажу нерусскому населению «заповедных товаров». Международная Торговля надолго пришла в упадок, но местная торговля, согласно сведениям Писцовых книг, оставалась в Казани на прежних местах [27]. По восточной традиции застройка велась по принципу замкнутых кварталов, внутри которых были свои проезды, тупики, закоулки. Торговля велась у острожных ворот Забулачья, на так называемом Сенном базаре, который в X1X веке после урегулирования планировки превратился в торговую Сенную площадь Торговое

значение Казани было восстановлено лишь к концу XVII в. В середине XVII в. появляются гостиные дворы, некоторые из них строились с угловыми и воротными башнями в формах феодальной крепостной архитектуры, напоминающие структуру караван-сарая более раннего времени [28].

3 этап (конец XVIII- XIX вв)

В XIX в. рост мануфактурного производства привел к бурному развитию ярмарочной деятельности. География проведения ярмарок расширяется. К концу первой половины XIX в. в России их насчитывалось свыше 5,5 тыс. Ярмарки становились крупнейшими центрами оптовой торговли. Самой большой считалась Нижегородская ярмарка с вместимостью 20 тысяч человек. Экономическая жизнь развивалась весьма активно, чему способствовала ярмарка, открывшаяся на Стрелке (месте слияния Оки и Волги) в 1817 году [29]. В ярмарке были заинтересованы торговые фирмы Японии и Китая. Изменение торговой политики после 1917 г. привело к оживлению товарооборота с восточными странами [30]. Торговля товарами импортного (восточного, азиатского) происхождения на российских ярмарках дореволюционной эпохи проанализирована в статьях И.Ю. Авдакова и В.Н. Шкунова. [31, 32] Посещавшие несколько оренбургских купцов Нижегородскую ярмарку находились под впечатлением от коммерческой инфраструктуры и предлагали построить такие же торговые ряды на месте ветхих строений Гостиного двора в 1865–1867 гг [33]

Административный корпус ярмарки к концу XIX в. обветшал и в 1885 г. было решено разобрать до основания и устроить конкурс на новый проект. Основное ядро торгового комплекса Макарьевской ярмарки составляли 48 приблизительно одинаковых двухэтажных корпусов. Центральное место со стороны города занимал Главный дом с двумя квадратными корпусами, в следствии чего их фасады получили более тщательную разработку. Перед Главным домом имелась площадь "для торжествованний", ограниченная по сторонам восемью Г-образными торговыми корпусами. На оси с Главным домом располагалось самое высокое здание ансамбля - ярмарочный собор. Все это окружал подковообразный широкий канал с системой шлюзов, имевший глубину для заводки с Волги судов. Канал выполнял одновременно и функцию противопожарного разрыва от окружающих временных деревянных строений. Вдоль боковых сторон комплекса шли более чем на 25 метров подземные галереи [34].

Рис.2. Главный дом Нижегородской ярмарки. 1890 г.
Fig.2. The main house of the Nizhny Novgorod Fair. 1890 Photo by M. Dmitriev.
(https://ar.culture.ru/ru/subject_widget_full/glavnyy-yarmarochnyy-dom?ysclid=lhqos3r9s7385041911)

Экономическое развитие Казанской губернии в XVIII в. характеризуется прежде всего развитием феодального способа производства, который являлся господствующим. В 1714 г. в Казани была построена суконная мануфактура. Со второй половины XVIII в.

стала зарождаться и промышленность. В крае появляются первые промышленные предприятия. Центром северной части становится Сенной базар с мечетью. Вокруг строились в основном гостиницы, доходные дома, складские и торговые помещения. Площадь имела вид прямоугольника. Композиционным центром комплекса стало здание базарной мечети, выстроенное в 1845 году. Группа доходных домов у базарной мечети имеют черты объемно - караван планировочного и типологического сходства позволяют отнести их к караван-сараям, сочетавшим функции торговых рядов, гостиничных зданий и складских помещений, окружавших сенную площадь, отдаленно напоминавших по типологии - сарай — стойла и конюшни, обширный внутренний двор. Здесь имелись караульный и три питейных дома, гостиничные номера, доходные дома, бани. Центральным местом считалась площадь, к которой примыкали ряды мелких лавок и частных магазинчиков [35].

Береговая торговля проводилась на пристанях Волги и Казанки, или с лодок по берегам речки Булак. Во время половодья, Булак заполнялся до самого верха водой, людей перевозили с одного берега на другой в лодках. Торговали на площади прямо с телег, ларей, бочек, с рогож, которые расстилали на земле. Зимой сюда обозами везли мороженую рыбу. В 19 веке стали появляться каменные дома с торговыми рядами. К этому времени на базаре работали 20 ремесленных мастерских, 9 трактиров, 7 питейных заведений [36].

Рис. 3 Торговые ряды в Казани на берегу Булака.
Fig. 3 Shopping malls in Kazan on the shore of Bulak.
(https://chronograph.livejournal.com/352524.html)

Рыбный рынок до конца XIX века имел разбросанную планировку и застройку из дощатых лавок, палаток, будок, лари, шкафов, но позже появляются каменными двух- и трехэтажные застройки среди одноэтажных домов. Рыбнорядская площадь (ныне Тукаевская) в середине XVIII века простиралась от озера Кабан до Николаевского сада. Дома состояли из двух помещений-в первой приказчики обслуживали покупателей, во второй хранили товар. Задняя дверь такого строения обычно выходила во двор, застроенный сараями и погребами, которые были набиты льдом и служили холодильными камерами. Постоянные места были собственностью города. Крестьяне, приезжавшие в базарные дни, продавали с возов. К началу XX века на Рыбном базаре насчитывалось около сорока торговых заведений, относящихся к разряду крупных, а на Рыбнорядской улице все больше работали рестораны, столовые, трактиры [37].

4 этап (начало XX-XXI век)

В годы военного коммунизма торговля была почти уничтожена. С 1921 года, в связи с введением НЭПа, наблюдается ее возрождение. В 1920-е годы становятся популярны базары. Во времена СССР существовала теория проектирования торговых зданий, издавались пособия по строительству, однако они имели своеобразные методы. Министерство торговли разрабатывало подобные издания, изучая и анализируя зарубежный опыт, но в свете тех исторических событий под другим углом, подгоняя под задачи социализма [38]. В стабильные советские годы базары становятся частью симбиоза с государственной системой торговли и снабжения, терминалами трансрегиональной частной торговли [39].

В 1920-у годов в Казани функционировало 5 базаров: Рыбнорядский, Толкучий рынок, Съестной базар, Сенной базар, Сорочий базар. Базарчики имелись в каждой слободе, а также постепенно восстановила работу Казанская ярмарка. В Гостином дворе, по воскресеньям шла оживленная торговля всевозможными вещами и товарами. Тем самым сводя свободную торговлю на нет. К 1940 году в Казани работало 10 колхозных рынков — Сталинский, Чеховский, Суконный, Лозовский, Вахитовский, Конный, Ягодинский, Кзылармейский и Ленинский. По данным исследователей и писателей в городе в 1940 году имелось 443 магазина и 429 палаток [40]. В постсоветский период некоторые исторически сложившиеся рынки Казани сохраняли свое значение и место расположения: Чеховский, Суконный, Колхозный и др., возникли новые – Московский, Савиноский и др. Наряду с рыночной торговлей, эпизодически здесь проводятся сезонные ярмарки, где функции торговли нередко соединяются с функциями развлечения с устройством небольшой сцены для музыкальных номеров и др.

К концу XX века чуть ли не повсеместно начинается строительство торговых центров. Базары, рынки и подобные продовольственные точки по возможности перепрофилировались или исчезали.[1] Однако стоит отметить, что на данный момент существуют коренные отличия в проведении ярмарочных мероприятий. Во-первых, само понятие ярмарки зачастую отожествляют с выставками, и проводится анализ этих двух понятий в целом, причем большее значение отводится выставкам. Как показывает зарубежный опыт, ярмарки являются важным механизмом установления прямых торговых связей и развития рыночных процессов" [41].

В настоящее время городская торговля открытого типа включает в себя максимальное количество функций от стихийной организации пространства (штучная частная торговля на улицах) до крупных организованных общественно-торговых пространств (уличные сезонные ярмарки). К закрытым торгово-рыночным комплексам можно отнести базары и торговые центры. Принцип классической модели все также сохраняется, но имеет этнические отголоски прошлого по сравнению с нынешними молами.

Таблица1

Исторические типы пространственной организации торгово – рыночных объектов.

Название	Тип сооружения	Место и период существования	Пространственная организация
Торжок	Торговое место открытого типа	Торги в городах и селениях Руси, городах Поволжья, начало с 1Х века	Торговая площадь для временного торга или позднее с постоянными местами продаж в виде лавок, амбаров, прилавков с навесами, небольшим двориком.
Сезонная Ярмарка	площадь открытого типа	Казань, Гостиной остров на Волге с XIII в. до 1524 г.	Ежегодная сезонная ярмарка с временными местами продаж в виде торговых рядов, лотков, телег и др.
Караван-сарай	открыто-закрытого типа	Волжская Булгария, Булгар Х - XIУвв.	Торговые дворы с укрепленными с угловыми и воротными башнями
Сенной базар	открытого типа	Казань, Сенная площадь, середина XVI-Х1Хвв.	Площадь в виде прямоугольника. Композиционным центром комплекса было здание базарной мечети. Группа доходных домов вокруг площади имела типологическое сходство с

[1] Зайнуллина А.М., Типология современных архитектурных решений рынков, Известия КГАСУ, 2017, № 4 (42) С.95-101.

Окончание таблицы 1

			караван-сараями, сочетавшим функции торговых рядов, гостиничных зданий и складских помещений, стойла и конюшни, обширные внутренние дворы.
Гостиный двор на.	Гостиный двор, открыто-закрытого типа	Варварке. Москва, ХУ11 в Казань. XV111-Х1Хвв.	Двухъярусные корпуса с галереями вокруг замкнутого двора. Внутренний двор был местом для разгрузки и складирования товара, в корпусах находились склады и магазины.
Торговые ряды		Начало XVII	Торговые ряды представляли собой два ряда торговых лавок, объединенным общим проходом посередине, не имевшим никакого покрытия с характерной системой продольных и поперечных проходов.
Семейные кооперации и мастерские	Купеческие лавки закрытого типа	Казань, XVIII в	Располагались линейно на торговых улицах
Торговля на Булаке	Береговая торговля, открытого типа	Казань, ХУ - XVIII в	Береговая торговля с телег, ларей, бочек
Рыбнорядская площадь	Торговая площадь, открытого типа.	Казань,середина XVIII в.	Имела разбросанную планировку из дощатых лавок, палаток, будок, «шкафов», позже каменных двух- и трехэтажных построек
Здание Александровского пассажа	Торговая улица закрытого типа	Казань, конец XIX в.	Торговый комплекс, включавший гостиничные номера, квартиры, магазины, складские помещения; в основе планировки внутренняя улица(пассаж) под стеклянной крышей
Ярмарочный комплекс	Торговая площадь открытого типа, крытая галерея, павильоны	*Нижегородская ярмарка,* Нижний Новгород, конец XIXв. в	Крупный многофункциональный торгово-рыночный комплекс, состоящий из множества строений.
Колхозные рынки: Сталинский, Чеховский, Суконный, Московский и др.	Торговая площадь, открыто-закрытого типа.	Казань, XX-XX1 вв.	Крытые павильоны с торговыми рядами, рассредоточенные павильоны и торговые ряды открытого типа.
Торговые центры	Крупный комплекс закрыто-открытого типа	Крупные и средние города, XX-XX1 вв.	Многофункциональные комплексы с зально-ячеистой структурой

4. Обсуждение

Анализ показал разнообразие исторических типов торговых объектов. Торжок представлял собой стихийно сформированное пространство. Уличная торговля - линейную организацию вдоль домового пространства, посредством крытых или открытых галерей, береговая торговля как разновидность открытой уличной торговли. Базарные площади представляли собой центричное скопление открытых торговых рядов. Гостиные дворы формировались купеческими лавками и обходными галереями. Ярмарки представляли собой многофункциональные открытые и закрытые комплексы, занимавшие значительные территории. Караван - сарай представлял собой торговый комплекс из открытых и закрытых пространств. Крытый базар представлял большое центрично организованное пространство с торговыми рядами. Пассажи представляют собой крытые многофункциональные комплексы линейной структуры. Торговые центры - крупные торговые комплексы закрытого типа с торговыми ячейками, включающими разнообразные функции. Современные городские ярмарки представляют собой сезонную мобильную торговлю, с дисперсным расположением в различных городских пространствах. Во всех исторических типах торгово-рыночных комплексов и современных торговых центров выявлены функции досуга и развлечения.

Как показало исследование, среди исторически сложившихся функций ярмарок издавна существуют функция выставки (Мологская ярмарка, Нижегородская ярмарка). В настоящее время ярмарки приобретают иной смысл. К.В. Симонов предлагает термин, где ярмарка имеет функции выставки, а именно демонстрация и распространение товара в чётко установленные сроки с некой периодичностью [42].

Как в своей книги отмечает Н. Флигстин, любой ученый, который пытается изучить формирование рынка, всегда сталкивается с проблемой, что рынок это в большей степени социальный институт [43]. В связи с этим обнаруживается некоторая двойственность в трактовке терминов: базар и рынок, рынок и рыночный комплекс, рыночный комплекс и торговый комплекс.

В своей статье Куракина А.А. рассматривает создание комфортной среды в торговом центре при помощи планировочных приемов архитектуры. При построении учитывается система под названием «wayfinding», что в переводе означает «нахождение пути», которая направлена на формирование потоков людей и торговли. В приемы входят такие направления, как создание наиболее длинного пути, распределение и направление потоков, управление восприятием торгового пространства и скоростью потока, создание «якорей», «польза» прохождения маршрута, логика маршрута [44]. При этом представляется важным сохранение приоритетов функционального разнообразия, зеленых островков, выставочных зон, зон развлечения и др..

Развлекательная функция издавна существовала в торгово-рыночных комплексах открытого или открыто-закрытого типа и остается актуальной (Нижегородская ярмарка, Толкучий рынок, Чеховский рынок). По современным требованиям все открытые рынки, кроме сельскохозяйственных, должны размещаться в капитальных зданиях, что привело к сокращению самых популярных у населения рынков более чем в два раза [45]. Поддержание развлекательной функцией подобного здания, в виде кинотеатра или фудкорта продлевает жизнь экономическим площадкам, но не на длительный срок. Торговые центры сегодня перестали восприниматься как магазины в связи с тем, что функции, как общепит, кинотеатры в пропорциональном соотношении занимают примерно 60% по словам маркетолога И.Тебеневой [46].

Наблюдается сокращение строительства количества торгово-развлекательных зданий за последние 5-7 лет и выявление новых тенденций, напоминающих привычный старый рынок, где есть натуральные продукты, для здорового образа жизни [47].

Если учесть все исторические аспекты формирования, социальные и экономические принципы становления, добавить зарубежный опыт и развить концепцию, то можно выявить один из возможно удачных вариантов становления торгового центра-рынка. Для заложения архитектурного компонента необходимо учесть и новые технологии, как отдельный аспект формирования [48].

Авторы предлагают ввести подобные системы в общественные здания, дабы расширить возможности для развлекательных функций. Для сезонного назначения было

бы удобным очерчивать территорию процессов торговли, привлекая людей взаимодействовать как в городской среде, так и в торговой.

Любой из типологий не хватает социального аспекта. Создание новой типологии повлечёт за собой организацию пространств открытого и закрытого типа, отвечающих актуальным потребностям и основанных на историческом и социальном аспектах, заключающих в себе возрождение традиционной торговли.

5. Заключение

1. Выявлены 4 этапа развития торговли на примере территории Поволжья: *1 этап (IX-XVII вв.), 2 этап XIV- конец XVII вв. ,3 этап (конец XV1II- X1X вв) , 4 этап (начало XX-XXI век).*
2. Предложенная классификация включает торгово-рыночные комплексы открытого типа: базарные площади, уличная торговля, региональные и общегородские ярмарки; закрытого типа: караван-сараи, купеческие лавки при мануфактурах, гостиные дворы, рынки, крытые галереи(пассажи), торговые центры, молы, рынки; комбинированного типа: открыто-закрытые комплексы, объединяющие крытые и открытые торговые площади.
3. Установлены типы торгово-рыночных комплексов Поволжья, в том числе Татарстана в контексте Российских явлений. Установлены типы : открытые площади с торговыми крытыми рядами; прибрежная открытая торговля, комплексы с гостиными дворами; ансамбли с мечетями; ансамбли с купеческими домами и лавками. Исторически сформировавшиеся типы торговых комплексов эволюционировали в современные ярмарочные, рыночные комплексы и торговые центры.
4. Определено что термин «рынок» имеет широкое значение, применимое как к понятию «рыночные отношения» как социального института, так и к типологии архитектурного объекта. Термин «Торгово-рыночный комплекс» можно отнести как к исторически сформировавшимся типам пространственной организации торговли, так и к современным торговым объектам. Структурной единицей пространственно организованных торговых комплексов стали «торговый ряд», «торговые ряды» (торжок, толкучий рынок, ярмарка). Стихийные «торговые точки» формировались и формируются в местах, не предусмотренных для торговли (товарный обмен, торговля с лотка, с телеги, на улице и др.)

Список литературы / References

1. Соловьёва М. Старинные ярмарки: от балагана до культурного центра // История ярмарок в России, «Культура.РФ» [Электронный ресурс]. URL: https://www.culture.ru/materials/253302/istoriya-yarmarok-v-rossii?ysclid=lhqpg8g8nv931486795 (дата обращения: 10.09.2022) [Solovyova M. Ancient fairs: from the booth to the cultural center // History of fairs in Russia, "Culture.RF" [website]. URL:https://www.culture.ru/materials/253302/istoriya-yarmarok-v rossii?ysclid=lhqpg8g8nv931486795 (reference date: 09.10.2022)]

2. Валеев Р. М. Торговля Волжской Булгарии с северной и западной Европой в Домонгольский период (IX – начало XIII века) // [Электронный ресурс]. URL: https://lib.nsu.ru/xmlui/handle/nsu/4759 (дата обращения: 22.11.2022) [Valeev R. M. Trade of Volga Bulgaria with northern and western Europe in the Pre–Mongol period (IX - the beginning of the XIII century) // [website]. URL: https://lib.nsu.ru/xmlui/handle/nsu/4759 (reference date: 22.11.2022)]

3. Халиков А.Х. Татарский народ и его предки. // Казань: Татарское книжное издательство.1989. – 220 с. [Khalikov A.H. The Tatar people and their ancestors. // Kazan: Tatar Book Publishing House.1989. – 220 p.]

4. Московцев В. В., Лукьянова Ю. П. Эволюция ярмарок в России: социально-экономический аспект // Международный научно-теоретический и прикладной журнал. Социально-экономические явления и процессы № 2 (018), 2010 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-yarmarok-v-rossii-sotsialno-ekonomicheskiy-aspekt/viewer. (дата обращения: 15.08.2022) [Moskovtsev V. V.,

Lukyanova Yu. P. The evolution of fairs in Russia: socio-economic aspect // International Scientific, Theoretical and Applied Journal. Socio-economic phenomena and processes No. 2 (018), 2010 [website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-yarmarok-v-rossii-sotsialno-ekonomicheskiy-aspekt/viewer. (reference date:08.15.2022)]

5. Флигстин Н. Архитектура рынков: экономическая социология капиталистических обществ XXI века. // Экономическая социология. Т. 14. № 1. Январь 2013, Стр. 30-33. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-rynkov-ekonomicheskaya-sotsiologiya-kapitalisticheskih-obschestv-xxi-veka/viewer (дата обращения: 22.06.2022) [Fligstin N. Architecture of markets: economic sociology of capitalist societies of the XXI century. // Economic Sociology. Vol. 14. No. 1. January 2013, P. 30-33. [website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-rynkov-ekonomicheskaya-sotsiologiya-kapitalisticheskih-obschestv-xxi-veka/viewer (reference date: 06.22.2022)]

6. Авдашкин А. А., «Китайский» рынок в пространстве российского города (Случай Челябинска) // [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/341942381_Chinese_market_in_the_space_of_a_Russian_city_the_case_of_Chelyabins doi.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-13. DOI.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-13 (дата обращения: 10.09.2022) [Avdashkin A. A., "Chinese" market in the space of the Russian city (The case of Chelyabinsk) // [website]. URL: https://www.researchgate.net/publication/341942381_Chinese_market_in_the_space_of_a_Russian_city_the_case_of_Chelyabins doi.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-13 . DOI.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-13 (reference date: 09.10.2022)]

7. Шумилкин С.М. Нижегородская ярмарка. // Нижний Новгород: «Кварц»-2014.-199с. [Shumilkin S.M. Nizhny Novgorod Fair. // Nizhny Novgorod: "Quartz"-2014.-199 p.]

8. Симонов К.В. Историческая ретроспектива выставочно-ярмарочной деятельности в России // Материалы XXIII междунар. науч.-практ. конф. Проблемы современной экономики, Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015 [Электронный ресурс]. https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskaya-retrospektiva-vystavochno-yarmarochnoy-deyatelnosti-v-rossii . (дата обращения: 15.08.2022) [Simonov K.V. Historical retrospective of exhibition and fair activities in Russia // Materials of the XXIII International Scientific and practical conference. Problems of Modern Economy, Novosibirsk: CRNS Publishing House, 2015 [website]. URL:https:// https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskaya-retrospektiva-vystavochno-yarmarochnoy-deyatelnosti-v-rossii/viewer. (reference date: 08.15.2022)]

9. Абдрахманов К.А. Трудовая повседневность оренбургского пореформенного купечества в сфере ярмарочной торговли // Исторические науки и археология, Самарский научный вестник. 2021 Т. 10, № 1 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/trudovaya-povsednevnost-orenburgskogo-poreformennogo-kupechestva-v-sfere-yarmarochnoy-torgovli/viewer. (дата обращения: 25.09.2022) [Abdrakhmanov K.A. Labor everyday life of Orenburg post-reform merchants in the field of fair trade // Historical Sciences and Archeology, Samara Scientific Bulletin. 2021 Vol. 10, No. 1 [website]. URL:https://cyberleninka.ru/article/n/trudovaya-povsednevnost-orenburgskogo-poreformennogo-kupechestva-v-sfere-yarmarochnoy-torgovli/viewer. (reference date: 25.09.2022)]

10. Шкунов В.Н. Сбыт импортных товаров на ярмарках Симбирской губернии в первой половине XIX века // Известия Самарского научного центра РАН. Исторические науки. 2019. № 4 (4). С. 25–29. [Электронный ресурс]. URL: https://sciup.org/sbyt-importnyh-tovarov-na-jarmarkah-simbirskoj-gubernii-v-pervoj-polovine-xix-148315364?ysclid=lhqremclbg644156530 (дата обращения: 5.10.2022) [Shkunov V.N. Sale of imported goods at fairs of Simbirsk province in the first half of the XIX century // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Historical sciences. 2019. No. 4 (4). P. 25-29. [website]. URL: https://sciup.org/sbyt-importnyh-tovarov-na-jarmarkah-simbirskoj-gubernii-v-pervoj-polovine-xix-148315364?ysclid=lhqremclbg644156530 (reference date: 5.10.2022)]

11. Прознич И. Легенды старой Казани: сенной базар // Электронный журнал «MediaСоль» [Электронный ресурс]. URL: https://mirputeshestvij./legendy_staroy_kazani_sennoy_bazar (дата обращения: 7.10.2022) [

Proznich I. Legends of old Kazan: hay market // Electronic magazine "Mediasol" [website]. URL: https://mirputeshestvij./legendy_staroy_kazani_sennoy_bazar (reference date: 7.10.2022)]
12. Романова А.Ю. Ремесло и торговля в казанском крае на рубеже XVI-XVII ВВ. // Цифровая Наука №5 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/remeslo-i-torgovlya-v-kazanskom-krae-na-rubezhe-xvi-xvii-vv?ysclid=lhruoz32jt224741761 (дата обращения: 18.05.2023) [Romanova A.Yu. Craft and trade in the Kazan region at the turn of the XVI-XVII centuries. // Digital Science No. 5 2020 [website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/remeslo-i-torgovlya-v-kazanskom-krae-na-rubezhe-xvi-xvii-vv?ysclid=lhruoz32jt224741761 (reference date: 05/18/2023)]
13. Данкир О. Молога на Волге // Электронный журнал «Проза.ру», 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://proza.ru/2020/05/22/1309 (дата обращения: 20.011.2022) [Dankir O. Mologa on the Volga // Electronic magazine "Prose.ru", 2020 [website]. URL: https://proza.ru/2020/05/22/1309 (reference date: 20.011.2022)]
14. Наумкин Н.Н. Гостиный остров 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://proza.ru/2019/12/28/1246 (дата обращения: 18.05.2023)[Naumkin N.N. Gostiny Ostrov 2019 [website]. URL: https://proza.ru/2019/12/28/1246 (reference date: 05.18.2023)]
15. Мамаева О. Минпромторг предложил упростить открытие уличных рынков в городах России // Электронная газета РБК «Город» 16 фев 2018 [Электронный ресурс]. URL: https://realty.rbc.ru/news/5a8694b29a794731e00fc387 (дата обращения: 11.12.2023) [Mamaeva O. Minpromtorg proposed to simplify the opening of street markets in Russian cities // The electronic newspaper of RBC "Gorod" February, 16 2018 [website]. URL: https://realty.rbc.ru/news/5a8694b29a794731e00fc387 (reference date: 11.12.2023)]
16. Рябова Т. Крах торговых центров оказался неизбежным. «Половина площадей до сих пор пустует» // Электронный журнал «СМИ «Моменты» 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://momenty.org/city/6832 (дата обращения: 18.12.2022) [Ryabova T. The collapse of shopping centers was inevitable. "Half of the squares are still empty" // Electronic magazine "Mass media "Moments" 2019 [website]. URL: https://momenty.org/city/6832 (reference date: 12/18/2022)]
17. Пименова Е.В., Шумейко В.И. Трансформация в архитектуре уникальных общественных зданий // Инженерный вестник Дона, № 4 (2016) Электронный научный журнал "Инженерный вестник Дона", 2007-2016 гг. Преобразования в архитектуре уникальных общественных зданий. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3939 (дата обращения: 07.03.2023) [Pimenova E.V., Shumeyko V.I. Transformation in the architecture of unique public buildings // Engineering Bulletin of the Don, No. 4 (2016) Transformations in the architecture of unique public buildings. [website]. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3939 (reference date: 07.03.2023)]
18. Соловьёва М, там же Соловьёва М. Старинные ярмарки: от балагана до культурного центра // История ярмарок в России, «Культура.РФ» [Электронный ресурс]. URL: https://www.culture.ru/materials/253302/istoriya-yarmarok-v-rossii?ysclid=lhqpg8g8nv931486795 (дата обращения: 10.09.2022) [Solovyova M. Ancient fairs: from the booth to the cultural center // History of fairs in Russia, "Culture.RF" [website]. URL: https://www.culture.ru/materials/253302/istoriya-yarmarok-v-rossii?ysclid=lhqpg8g8nv931486795 (reference date: 09.10.2022)]
19. Валеев Р. М., там же Валеев Р. М. Торговля Волжской Булгарии с северной и западной Европой в Домонгольский период (IX – начало XIII века) // [Электронный ресурс]. URL: https://lib.nsu.ru/xmlui/handle/nsu/4759 (дата обращения: 22.11.2022) [Valeev R. M. Trade of Volga Bulgaria with northern and western Europe in the Pre–Mongol period (IX - the beginning of the XIII century) // [website]. URL: https://lib.nsu.ru/xmlui/handle/nsu/4759 (reference date: 22.11.2022)]
20. Романова А.Ю., там же Романова А.Ю. Ремесло и торговля в казанском крае на рубеже XVI-XVII ВВ. // Цифровая Наука №5 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/remeslo-i-torgovlya-v-kazanskom-krae-na-rubezhe-xvi-xvii-vv?ysclid=lhruoz32jt224741761 (дата обращения: 18.05.2023) [Romanova A.Yu. Craft and trade in the Kazan region at the turn of the XVI-XVII centuries. // Digital Science No. 5 2020

[website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/remeslo-i-torgovlya-v-kazanskom-krae-na-rubezhe-xvi-xvii-vv?ysclid=lhruoz32jt224741761 (reference date: 05/18/2023)]

21. Халиков А.Х. там же Халиков А.Х. Татарский народ и его предки. // Казань: Татарское книжное издательство.1989. – 220 с. [Khalikov A.H. The Tatar people and their ancestors. // Kazan: Tatar Book Publishing House.1989. – 220 p.]

22. Московцев В. В., Лукьянова Ю. П., там же Московцев В. В., Лукьянова Ю. П. Эволюция ярмарок в России: социально-экономический аспект // Международный научно-теоретический и прикладной журнал. Социально-экономические явления и процессы № 2 (018), 2010 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-yarmarok-v-rossii-sotsialno-ekonomicheskiy-aspekt/viewer. (дата обращения: 15.08.2022) [Moskovtsev V. V., Lukyanova Yu. P. The evolution of fairs in Russia: socio-economic aspect // International Scientific, Theoretical and Applied Journal. Socio-economic phenomena and processes No. 2 (018), 2010 [website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-yarmarok-v-rossii-sotsialno-ekonomicheskiy-aspekt/viewer. (reference date:08.15.2022)]

23. Данкир О., там же Данкир О. Молога на Волге // Электронный журнал «Проза.ру», 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://proza.ru/2020/05/22/1309 (дата обращения: 20.011.2022) [Dankir O. Mologa on the Volga // Electronic magazine "Prose.ru", 2020 [website]. URL: https://proza.ru/2020/05/22/1309 (reference date: 20.011.2022)]

24. Романова А.Ю., там же Романова А.Ю. Ремесло и торговля в казанском крае на рубеже XVI-XVII ВВ. // Цифровая Наука №5 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/remeslo-i-torgovlya-v-kazanskom-krae-na-rubezhe-xvi-xvii-vv?ysclid=lhruoz32jt224741761 (дата обращения: 18.05.2023) [Romanova A.Yu. Craft and trade in the Kazan region at the turn of the XVI-XVII centuries. // Digital Science No. 5 2020 [website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/remeslo-i-torgovlya-v-kazanskom-krae-na-rubezhe-xvi-xvii-vv?ysclid=lhruoz32jt224741761 (reference date: 05/18/2023)]

25. Авдашкин А. А., там же Авдашкин А. А., «Китайский» рынок в пространстве российского города (Случай Челябинска) // [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/341942381_Chinese_market_in_the_space_of_a_Russian_city_the_case_of_Chelyabins doi.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-13. DOI.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-13 (дата обращения: 10.09.2022) [Avdashkin A. A., "Chinese" market in the space of the Russian city (The case of Chelyabinsk) // [website]. URL: https://www.researchgate.net/publication/341942381_Chinese_market_in_the_space_of_a_Russian_city_the_case_of_Chelyabins doi.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-13 . DOI.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-13 (reference date: 09.10.2022)]

26. Наумкин Н.Н. там же Наумкин Н.Н. Гостиный остров 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://proza.ru/2019/12/28/1246 (дата обращения: 18.05.2023) [Naumkin N.N. Gostiny Ostrov 2019 [website]. URL: https://proza.ru/2019/12/28/1246 (reference date: 05.18.2023)]

27. Худяков М.Г. Очерки по истории Казанского Ханства // Издатель: "ИНСАН", Москва, 1991 ISBN: 5-85840-253 [Электронный ресурс]. URL: https://xn-80ad7bbk5c.xn--p1ai/ru/content/ocherki-po-istorii-kazanskogo-hanstva (дата обращения: 07.07.2022) [Khudyakov M.G. Essays on the history of the Kazan Khanate // Publisher: INSAN, Moscow, 1991 ISBN: 5-85840-253 [website]. URL: https://xn-80ad7bbk5c.xn--p1ai/ru/content/ocherki-po-istorii-kazanskogo-hanstva (reference date: 07.07.2022)]

28. Решетников Н.Ф Сенная площадь в Казани. // Очерки истории архитектуры. [Электронный ресурс]. URL:http://nik-rech.narod.ru/album_kazan/excursion/page/page319.htm (дата обращения: 09.09.2022) [Reshetnikov N.F. Sennaya Square in Kazan. // Essays on the history of architecture. [website]. URL:http://nik-rech.narod.ru/album_kazan/excursion/page/page319.htm (reference date: 09.09.2022)]

29. Сенюткина О.Н. Татарская община Нижнего Новгорода в условиях социально-экономических перемен рубежа XIX–XX вв. // «Из истории и культуры народов Среднего Поволжья». 2017. № 7 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tatarskaya-obschina-nizhnego-novgoroda-v-usloviyah-sotsialno-ekonomicheskih-peremen-rubezha-xix-xx-vv/ (дата обращения: 19.12.2022)

[Senyutkina O.N., The Tatar community of Nizhny Novgorod in the conditions of socio-economic changes at the turn of the XIX–XX centuries // From the history and culture of the peoples of the Middle Volga region. 2017. № 7 // [website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tatarskaya-obschina-nizhnego-novgoroda-v-usloviyah-sotsialno-ekonomicheskih-peremen-rubezha-xix-xx-vv (reference date: 19.12.2022)

30. Халиков А.Х. там же Халиков А.Х. Татарский народ и его предки. // Казань: Татарское книжное издательство.1989. – 220 с. [Khalikov A.H. The Tatar people and their ancestors. // Kazan: Tatar Book Publishing House.1989. – 220 p.]

31. Шкунов В.Н. там же Шкунов В.Н. Сбыт импортных товаров на ярмарках Симбирской губернии в первой половине XIX века // Известия Самарского научного центра РАН. Исторические науки. 2019. № 4 (4). С. 25–29. [Электронный ресурс]. URL: https://sciup.org/sbyt-importnyh-tovarov-na-jarmarkah-simbirskoj-gubernii-v-pervoj-polovine-xix-148315364?ysclid=lhqremclbg644156530 (дата обращения: 5.10.2022) [Shkunov V.N. Sale of imported goods at fairs of Simbirsk province in the first half of the XIX century // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Historical sciences. 2019. No. 4 (4). P. 25-29. [website]. URL: https://sciup.org/sbyt-importnyh-tovarov-na-jarmarkah-simbirskoj-gubernii-v-pervoj-polovine-xix-148315364?ysclid=lhqremclbg644156530 (reference date: 5.10.2022)]

32. Авдаков И.Ю. История торговли России со странами востока на Нижегородской ярмарке // Вестник Института востоковедения РАН №2(8),2019. с.203-213 [Электронный ресурс].URL: https://arxiv.gaugn.ru/s2618-73020000620-7-1-ru-13/?reader= Y (дата обращения: 28.02.2023) [Avdakov I.Yu. The history of trade between Russia and the countries of the East at the Nizhny Novgorod Fair // Bulletin of the Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences No. 2(8), 2019. P.203-213 [Electronic resource].URL: https://arxiv.gaugn.ru/s2618-73020000620-7-1-ru-13/?reader = Y (reference date: 02.28.2023)]

33. Абдрахманов К.А. там же Абдрахманов К.А. Трудовая повседневность оренбургского пореформенного купечества в сфере ярмарочной торговли // Исторические науки и археология, Самарский научный вестник. 2021 Т. 10, № 1 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/trudovaya-povsednevnost-orenburgskogo-poreformennogo-kupechestva-v-sfere-yarmarochnoy-torgovli/viewer. (дата обращения: 25.09.2022) [Abdrakhmanov K.A. Labor life of Orenburg post-reform merchants in the field of fair trade // Historical Sciences and Archeology, Samara Scientific Bulletin. 2021 Vol. 10, No. 1 [website]. URL:https://cyberleninka.ru/article/n/trudovaya-povsednevnost-orenburgskogo-poreformennogo-kupechestva-v-sfere-yarmarochnoy-torgovli/viewer. (reference date: 25.09.2022)]

34. Шумилкин С.М. там же Шумилкин С.М. Нижегородская ярмарка. // Нижний Новгород: «Кварц»-2014.-199с. [Shumilkin S.M. Nizhny Novgorod Fair. // Nizhny Novgorod: "Quartz"-2014.-199 p.]

35. Прознич И. там же Прознич И. Легенды старой Казани: сенной базар // Электронный журнал «MediaСоль» [Электронный ресурс]. URL: https://mirputeshestvij./legendy_staroy_kazani_sennoy_bazar (дата обращения: 7.10.2022) [Proznich I. Legends of old Kazan: hay market // Electronic magazine "Mediasol" [website]. URL: https://mirputeshestvij./legendy_staroy_kazani_sennoy_bazar (reference date: 7.10.2022)]

36. Решетников Н.Ф. там же Решетников Н.Ф Сенная площадь в Казани. // Очерки истории архитектуры. [Электронный ресурс]. URL:http://nik-rech.narod.ru/album_kazan/excursion/page/page319.htm (дата обращения: 09.09.2022) [Reshetnikov N.F. Sennaya Square in Kazan. // Essays on the history of architecture. [website]. URL:http://nik-rech.narod.ru/album_kazan/excursion/page/page319.htm (reference date: 09.09.2022)]

37. Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Старая Казань в цвете: как изменился центр города за 100 лет — от Рыбной площади до Кольца, Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, 18 ноября 2020. [Электронный ресурс]. URL: https://kpfu.ru/womens-league/aktualno/istoriya/staraya-kazan-v-cvete-kak-izmenilsya-centr-goroda.html (дата обращения: 09.09.2022) [Old Kazan in color: how the city center has changed in 100 years — from Rybnaya Square to the Koltso, Kazan (Volga Region) Federal

University // [website]. — URL: https://kpfu.ru/womens-league/aktualno/istoriya/staraya-kazan-v-cvete-kak-izmenilsya-centr-goroda.html (reference date: 09.09.2022)]

38. Канаян К., Канаян Р., Канаян А. там же Канаян К., Канаян Р., Канаян А. «Проектирование магазинов и торговых центров».М.: «Юнион-Стандарт Консалтинг», 2005 – 424с. [Kanayan K., Kanayan R., Kanayan A. Designing of shops and shopping centers. Moscow: "Union-Standard Consulting", 2005 – 424 p.]

39. Флигстин Н. там же Флигстин Н. Архитектура рынков: экономическая социология капиталистических обществ XXI века. // Экономическая социология. Т. 14. № 1. Январь 2013, Стр. 30-33. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-rynkov-ekonomicheskaya-sotsiologiya-kapitalisticheskih-obschestv-xxi-veka/viewer (дата обращения: 22.06.2022) [Fligstin N. Architecture of markets: economic sociology of capitalist societies of the XXI century. // Economic Sociology. Vol. 14. No. 1. January 2013, P. 30-33. [website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-rynkov-ekonomicheskaya-sotsiologiya-kapitalisticheskih-obschestv-xxi-veka/viewer (reference date: 06.22.2022)]

40. Московцев В. В., Лукьянова Ю. П., там же Московцев В. В., Лукьянова Ю. П. Эволюция ярмарок в России: социально-экономический аспект // Международный научно-теоретический и прикладной журнал. Социально-экономические явления и процессы № 2 (018), 2010 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-yarmarok-v-rossii-sotsialno-ekonomicheskiy-aspekt/viewer. (дата обращения: 15.08.2022) [Moskovtsev V. V., Lukyanova Yu. P. The evolution of fairs in Russia: socio-economic aspect // International Scientific, Theoretical and Applied Journal. Socio-economic phenomena and processes No. 2 (018), 2010 [website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-yarmarok-v-rossii-sotsialno-ekonomicheskiy-aspekt/viewer. (reference date:08.15.2022)]

41. Твердюкова Е.Д. Колхозная торговля Ленинграда 1930-х годов // Вестник Санкт-Петербургского Университета сер.2, 2007 г. с. 126-132. [Электронный ресурс]. URL:https://cyberleninka.ru/article/n/kolhoznaya-torgovlya-leningrada-1930-h-godov/viewer (дата обращения: 14.09.2022) [Tverdyukova E.D. Collective farm trade of Leningrad of the 1930s // Bulletin of the St. Petersburg University ser.2, 2007, P. 126-132. [website]. URL:https://cyberleninka.ru/article/n/kolhoznaya-torgovlya-leningrada-1930-h-godov/viewer (reference date: 14.09.2022)]

42. Симонов К.В., там же Симонов К.В. Историческая ретроспектива выставочно-ярмарочной деятельности в России // Материалы XXIII междунар. науч.-практ. конф. Проблемы современной экономики, Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015 [Электронный ресурс]. URL:https:// https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskaya-retrospektiva-vystavochno-yarmarochnoy-deyatelnosti-v-rossii/viewer. (accessed: 08.15.2022)]. (дата обращения: 15.08.2022) [Simonov K.V. Historical retrospective of exhibition and fair activities in Russia // Materials of the XXIII International Scientific and practical conference. Problems of Modern Economy, Novosibirsk: CRNS Publishing House, 2015 [website]. URL:https:// https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskaya-retrospektiva-vystavochno-yarmarochnoy-deyatelnosti-v-rossii/viewer. (reference date: 08.15.2022)]

43. Флигстин Н. там же Флигстин Н. Архитектура рынков: экономическая социология капиталистических обществ XXI века. // Экономическая социология. Т. 14. № 1. Январь 2013, Стр. 30-33. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-rynkov-ekonomicheskaya-sotsiologiya-kapitalisticheskih-obschestv-xxi-veka/viewer (дата обращения: 22.06.2022) [Fligstin N. Architecture of markets: economic sociology of capitalist societies of the XXI century. // Economic Sociology. Vol. 14. No. 1. January 2013, P. 30-33. [website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-rynkov-ekonomicheskaya-sotsiologiya-kapitalisticheskih-obschestv-xxi-veka/viewer (reference date: 06.22.2022)]

44. Мамаева О. там же Мамаева О. Минпромторг предложил упростить открытие уличных рынков в городах России // Электронная газета РБК «Город» 16 фев 2018 [Электронный ресурс]. URL: https://realty.rbc.ru/news/5a8694b29a794731e00fc387 (дата обращения: 11.12.2023) [Mamaeva O. Minpromtorg proposed to simplify the opening of street markets in Russian cities // The electronic newspaper of RBC "Gorod" February, 16 2018 [website]. URL: https://realty.rbc.ru/news/5a8694b29a794731e00fc387 (reference date: 11.12.2023)]

45. Флигстин Н. там же Флигстин Н. Архитектура рынков: экономическая социология капиталистических обществ XXI века. // Экономическая социология. Т. 14. № 1. Январь 2013, Стр. 30-33. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-rynkov-ekonomicheskaya-sotsiologiya-kapitalisticheskih-obschestv-xxi-veka/viewer (дата обращения: 22.06.2022) [Fligstin N. Architecture of markets: economic sociology of capitalist societies of the XXI century. // Economic Sociology. Vol. 14. No. 1. January 2013, P. 30-33. [website]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-rynkov-ekonomicheskaya-sotsiologiya-kapitalisticheskih-obschestv-xxi-veka/viewer (reference date: 06.22.2022)]
46. Рябова Т. там же Рябова Т. Крах торговых центров оказался неизбежным. «Половина площадей до сих пор пустует» // Электронный журнал «СМИ «Моменты» 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://momenty.org/city/6832 (дата обращения: 18.12.2022) [Ryabova T. The collapse of shopping centers was inevitable. "Half of the squares are still empty" // Electronic magazine "Mass media "Moments" 2019 [website]. URL: https://momenty.org/city/6832 (reference date: 12/18/2022)]
47. Galina Aidarova and Elza Bashirova. Regional architecture of Russia: Kazan – conflicts of the "old" and "new". IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 890 (2020) 012016 IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/890/1/012016
48. Рябова Т. там же Рябова Т. Крах торговых центров оказался неизбежным. «Половина площадей до сих пор пустует» // Электронный журнал «СМИ «Моменты» 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://momenty.org/city/6832 (дата обращения: 18.12.2022) [Ryabova T. The collapse of shopping centers was inevitable. "Half of the squares are still empty" // Electronic magazine "Mass media "Moments" 2019 [website]. URL: https://momenty.org/city/6832 (reference date: 12/18/2022)]

Информация об авторах

Сабина Ильгизовна Калимуллина , архитектор, АО «Казанский гипронииавиапром» им. Б.И. Тихомирова», г. Казань, Российская Федерация
E-mail: kalimullinasabina4@gmail.com
Галина Николаевна Айдарова, доктор архитектуры, профессор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
E-mail: aidagalnik@mail.ru

Information about the authors

Sabina Il. Kalimullina, architect, JSC "Kazan Giproniiaviaprom" named after B.I. Tikhomirov", Kazan, Russian Federation
Email: kalimullinasabina4@gmail.com
Galina N. Aidarova, doctor of architecture, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation.
Email: aidagalnik@mail.ru

УДК: 72.036
DOI: 10.52409/20731523_2023_2_163
EDN: SPKVUT

Визуальная идентичность исламских школ и влияние нанее войны. Тематическое исследование (Школа Аль-Султания в Алеппо)

К.А. Ибрагим[1], Р.М. Алшаваф[1], Х. Абусело[2]
[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет.
г. Казань,Российская Федерация
[2]Университет Дамаска.
г. Дамаск, Сирия

Аннотация: *Постановка задачи.* Концепция идентичности имеет глубокую связь с городским архитектурным наследием. Она позволяет определить идентификаторы визуальной идентичности, как отдельных построек, так и застройки городов. Однако существует проблема не только установления визуальной идентичности объекта или городской среды, но и ее утрата в процессе военных действий. В Сирийском городе Алеппо оказались разрушенными ценные памятники архитектуры. Проблема связана не только с утратой старой исторической идентичности и объектов культурного наследия, но и потерей исторического облика города. Цель работы заключается в определении визуальной идентичности исламских школ и их роли и значения в формировании идентичности исторического г. Алеппо в Сирии на примере объекта культурного наследия школы Аль-Султания, разрушенной во время войны. Задачами исследования являются: документирование визуальной идентичности исламских школ, влияющей на формирование идентичности города Алеппо; подчеркивание визуальной идентичности города Алеппо и анализ ее элементов; предложение способа восстановления рассматриваемой идентичности при утрате.
Результаты исследования состоят в установлении идентификаторов исламских школ как объектов наследия (силуэт, архитектурная стилистика и т.д.) и их роли в формировании визуальной идентичности исторического города. Особую роль исламские школы играли при формировании исторического силуэта города. Важность этого исследования заключается в том, что установлено значение исламских школ, поскольку они несут в себе характеристики мечети и школы, которые в совокупности с их архитектурными особенностями играют важную роль в формировании визуальной идентичности центра Алеппо.
Выводы. Значимость полученных результатов для архитектурно-строительной отрасли Сирии состоит в том, что выявлена значительная роль исламских школ, наряду с другими типами общественных сооружений, в формировании визуальной идентичности города Алеппо и для её восстановления потребуется реконструкция (возрождение) таких объектов, как школа Аль-Султания. В теоретическом аспекте эти выводы имеют значение и для архитектурно-строительной отрасли России.

Ключевые слова. Идентичность, визуальная идентичность, исламские школы, война, Алеппо.

Для цитирования: Ибрагим К.А., Алшаваф Р.М., Абусело Х. Визуальная идентичность исламских школ и влияние на нее войны. Тематическое исследование (Школа Аль-Султанъия в Алеппо)//Известия КГАСУ 2023 № 2 (64), с. 163-174, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_163, EDN: SPKVUT

Visual identity of Islamic schools and the impact of war on it. Case Study (Al-Sultaniya School in Aleppo)

K.A. Ibrahim[1], R. Alshawaf[1], K. Aboselo[2]

[1]Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
[2]Damascus university, Damascus, Syria

Abstract: *Problem statement*. The concept of identity has a deep connection with the urban architectural heritage. It allows defining the identifiers of visual identity, both for individual buildings and urban development. However, there is a problem not only of establishing the visual identity of an object or urban environment, but also of its loss in the course of military activities. Valuable architectural monuments were destroyed in the Syrian city of Aleppo. The problem is connected not only with the loss of the old historical identity and cultural heritage, but also with the loss of the historical appearance of the city. The purpose of the work is to determine the visual identity of Islamic schools and their role and significance in shaping the identity of the historical city of Aleppo in Syria on the example of the cultural heritage site of the Al-Sultaniya school, destroyed during the war. The objectives of the study are to document the visual identity of Islamic schools, influencing the formation of the identity of the city of Aleppo; to emphasize the visual identity of the city of Aleppo and analyze its elements; to suggest a way to restore the considered identity in case of loss.
The results of the study consist in establishing the identifiers of Islamic schools as heritage sites (silhouette, architectural style, etc.) and their role in shaping the visual identity of the historical city. Islamic schools played a special role in shaping the historical skyline of the city. The importance of this study lies in the fact that the significance of Islamic schools is established, since they have the characteristics of a mosque and a school, which, together with their architectural features, play an important role in shaping the visual identity of the center of Aleppo.
Conclusions. The significance of the results obtained for the architectural and construction industry in Syria lies in the fact that the significant role of Islamic schools, along with other types of public buildings, has been revealed in the formation of the visual identity of the city of Aleppo and its restoration will require the reconstruction (revival) of such buildings as the Al-Sultaniya school. In a theoretical aspect these conclusions are also important for the architectural and construction industry in Russia.
Keywords: identity, visual identity, Islamic schools, war, Aleppo.

For citation: Ibrahim K.A., Alshawaf R., Aboselo K. Visual Identity of Islamic Schools and the Impact of War on It. Case study (Al-Sultaniya School in Aleppo)//News of KSUAE 2023 № 2(64), p.163-174, DOI: 10.52409/20731523_2023_2_163, EDN: SPKVUT

1. Введение

Идентичность является особым аспектом строительства и архитектуры общества [1-3]. С начала распространения ислама архитектура Сирии подвергалась разным влияниям, которые привели к появлению различных архитектурных идентичностей, которые постоянно формируются и видоизменяются по мере её развития.

Объектом исследования являются здания школ-медресе, в архитектуре которых отражены характеристики и черты эпох, в которые они появились. Предметом исследования служит визуальная идентичность школ-медресе Алеппо, формировавшаяся в течение длительного времени и влиявшая на облик исторического центра Алеппо.

Актуальность исследования обусловлена тем, что война в Сирии 2014-2021 гг. нанесла большой урон архитектурному наследию городов, в т.ч. и Алеппо. Многие средневековые постройки в Алеппо были разрушены в результате столкновений между сирийской арабской армией и оппозиционными вооруженными группами Исламского

фронта. Это вызвало изменения в визуальной идентичности города. Решение проблемы возрождения ключевых для идентичности Алеппо объектов и определяет актуальность темы исследования.

Применительно к архитектуре и градостроительству первоначально понятие идентичности шло через образ города [4]. Наиболее важной для понимания архитектурной идентичности стала книга К. Линча «Образ города». В ней он пришел к заключению, что образ города складывается на основе синтеза материальных и смысловых проявлений [5]. С развитием концепции идентичности углублялось и расширялось понятие идентичности в архитектуре и городской среде. При этом основополагающим в понятии оставалось представление о ней, как об исторически сложившейся, целостной и узнаваемой совокупности материальных и нематериальных особенностей городской среды [6, 7]. Изучение историко-архитектурной среды городов и объектов культурного наследия способствовало развитию аппарата выявления так называемых идентификаторов или идентификационных кодов идентичности. Этот аппарат позволяет составить полное представление об идентичности в архитектуре и градостроительстве [8-10].

В связи с утратой в городах объектов культурного наследия от разных причин, связанных с революционными, террористическими или военными действиями, существует проблема восстановления идентичности объектов, городских пространств и т.д. [11]. В зависимости от поставленных задач в исследованиях могут изучаться различные виды идентичностей [12]. В связи с разрушением сооружений во время военных действий, большое значение в исследовании имеют библиографические и архивные материалы.

Алеппо - город с богатым историческим прошлым. Многие объекты культурного наследия построены на остатках зданий еще более ранних эпох, поэтому в исследовании привлекались данные археологических исследований [13-15]. Для изучения функционирования исламских школ необходимо было понимание жизни учащихся в медресе [16-17].

Таким образом, визуальную идентичность города можно определить, как способность людей идентифицировать место по зданию или нескольким зданиям, отличающимся по форме, имеющим стиль и определенную характеристику. Целью исследования является определение визуальной идентичности исламских школ и их роли и значения в формировании городской визуальной идентичности г.Алеппо в Сирии на примере объекта культурного наследия школы Аль-Султания, разрушенной во время войны.

Задачи исследования:

- документирование визуальной идентичности исламских школ с описательным подходом;
- подчеркивание визуальной идентичности города Алеппо и анализ ее элементов;
- полное описание здания школы с планами, обеспечивающими ее сохранение с целью воспроизведения объекта в случае полного разрушения как способа восстановления рассматриваемой идентичности при утрате.

Все элементы научного исследования, включающие чертежи, фотографии, были выполнены авторами. В настоящий момент отсутствует достаточное количество публикации относительно того, с чем столкнулась Сирия – реставрация зданий в случае их разрушения в результате военных действий. Таким образом, исследование направлено на изучение актуальных вопросов, связанных с полной или частичной утратой элементов исламских школы.

2. Материалы и методы

В данной статье различные исследовательские материалы, включая предыдущие источники и научные работы, местные поездки и документирование современного положения (Султанской школы) при помощи фотографий и создания оригинальных рисунков с использованием исторических источников.

Для решения задач применялись методы:

- описательный подход с его теоретическим аспектом в простом объяснении исламских школ, их происхождения и развития их архитектуры;

– прикладной подход в применении этих элементов к локальной модели, чтобы продемонстрировать их важность и факторы, влияющие на их формирование;

- сравнительно-аналитический подход при рассмотрении интегрированного городского визуального ландшафта этих элементов;

- дедуктивный подход, который проявился в необходимости обратить внимание и учесть влияние военных повреждений на визуальную идентичность как основной вспомогательный фактор в сфере сохранения самобытного градостроительного и архитектурного наследия города;

- библиографические исследования, графические анализы и натурное обследование объектов.

Посещение авторами статьи школы «Аль- Султания» в г. Алеппо в период с 08.11.2018 и по 11.11.2018 проходило в присутствии доктора Хайр аль-Дина аль-Рифаи, председателя Центрального комитета по наследию Синдиката сирийских инженеров, а также председателя Комитета по наследию Алеппо и инженера Махмуда Сикета, председателя Комитета общественной безопасности Старого города Шестого округа, а также члена Комитета по наследию Синдиката инженеров Алеппо.

Идентичность памятников архитектуры связано с визуальной идентификацией, которое включает в себя особенности восприятия этого объекта в историко-архитектурной среде, наряду с не визуальными элементами, такими, как: история его развития, события, люди, связанные с ним на разных этапах его существования и т.д. В то же время визуальная идентификация представляет собой отдельный аспект, входящий в общее понятие идентичности памятников архитектуры в целом.

Таким образом, в данном исследовании мы рассматриваем два основных аспекта идентичности:

А – Материальный аспект идентичности, который зависит от способности людей идентифицировать данное место со зданием или несколькими зданиями, которые отличаются от других по форме и имеют определенный стиль.

В – Нематериальный аспект идентичности, который зависит от деятельности и событий, связанных с данным зданием или несколькими зданиями. Таким образом, идентичность базируется на взаимосвязи этих двух аспектов и развивается во времени постепенно.

Элементы визуальной идентификации

Во-первых, мы можем познать форму как видимую массу целостного здания, содержащую функцию и воплощающую ее, а характеристики формы можно выявить следующими свойствами:

- линия застройки, т.е. граница застройки на уровне горизонтальной проекции;
- высота, одна из важнейших характеристик визуальной идентичности, измеряемая от земли до верха здания или оцениваемая количеством этажей в нем;
- функциональность, т.е. форма использования и занятости здания;
- архитектурный стиль, который определяет здание определенного периода, его датировку и связан с ним деталями;
- линию неба, т.е. границу между концами зданий и небом, сильно влияющую на визуальную непрерывность.

Во-вторых, поверхность, которая описывается с помощью ряда элементов, включая материалы, цвета, текстуры, детали и проемы:

- материалы: строительные материалы должны быть совместимы с функцией общественного или частного здания таким образом, чтобы соответствовать климатическим условиям и отражать характер конструкции;
- текстура: состояние поверхности, указывающее на отличительный внешний вид материалов; она проявляется в результате взаимодействия света и поверхности, придавая определенные ощущения шероховатости - гладкости - степени полировки; а свет, отраженный от поверхностей материалов, определяет физические характеристики материала твердость - мягкость - легкость - тяжесть;
- цвет: сочетающиеся цвета создают дух архитектурного единства, в отличие от несочетающихся цветов; цвет также показывает характер материалов, а

каждый материал имеет характерный хроматический спектр;

- детали: качество деталей, используемых для украшения зданий;

- проемы, это элементы, которые сильно влияют на язык архитектуры и эстетику места, и они ключ к идентичности.

Факторы, влияющие на визуальную идентичность

Архитектура исламского города является результатом взаимодействия между человеком с его духовными ценностями, социальным управлением его жизнью, и окружающей его средой с ее климатическими, пространственными и культурными элементами в широком смысле. Поэтому архитектура на протяжении веков была зеркалом, в котором отражаются все эти факторы. Необходимо было их изучить, как и их влияние на формирование визуальной идентичности исламской архитектуры. Эти факторы делятся следующим образом.

Во-первых, культурные факторы: например, влияние доисламских цивилизаций в Сирии, таких, как эллинистическая и византийская.

Во-вторых - экологические факторы, к которым относятся климат и строительные материалы, повлиявшие на сложившуюся конфигурацию зданий. Например, в холодных районах используются теплопоглощающие строительные материалы, в холодных районах преобладают крытые патио, а в умеренных и пустынных районах - открытые патио.

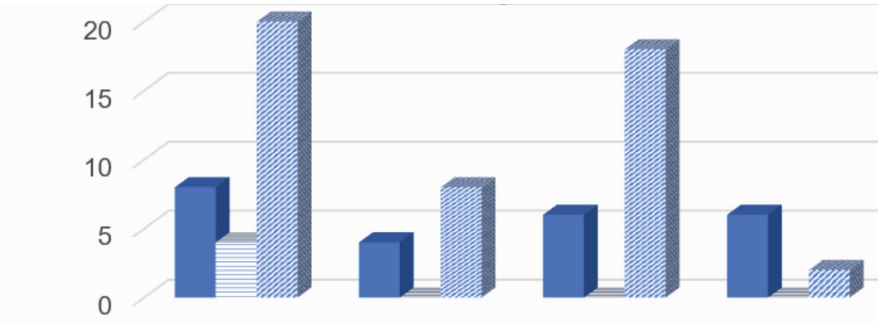
В-третьих, политические факторы: они сыграли большую роль в формировании визуальной идентичности школы, так как правители оказали явное влияние на архитектуру. Однако есть и другие факторы, которые также способствовали различиям в школьной архитектуре одной страны от другой, от одного периода времени к другому. К ним можно отнести местные влияния, связанные со строительными нормами, материалами и формами кровли, с отделкой зданий и т.д. Эти влияния, были связаны с религиозным, экономическим, политическим и социальным аспектами.

В застройке города есть визуально отличительные здания, привлекающие внимание людей и выделяющиеся по цвету, размеру и архитектурному строению. Благодаря этому формируется визуальный образ города. Здания, обладающие уникальными архитектурными и историческими качествами, играют важнейшую роль в структуре городов.

Для применения положений концепции идентичности в анализе старых школ Алеппо необходимо остановиться на возникновении и развитии исламских школ. Школы-медресе были известны после 4-го века хиджры (626 г.), и причина их строительства часто была связана с религиозными или политическими мотивами. Строительство школ началось в эпоху сельджуков (1037-1194 гг.) и продолжилось в начале XII века, особенно в Дамаске и Алеппо. В Алеппо существовали школы Корана, хадисов, четыре школы юриспруденции, медицины и другие, особенно в эпоху султана Нур ад-Дин Махмуд Занги и Салах ад-Дин аль-Айюби, которые вели активную деятельность и развитию этого типа зданий. Таким образом, эпоха Айюбидов (1140-е-1250 гг.) считается золотым веком школ Алеппо [17].

Школы продолжали строиться и позднее, но их строительство сократилось в эпоху мамлюков из-за вторжения в Сирию в 1239 г. монгольского хана Хулагу. В османскую эпоху количество школ увеличилось относительно немного, из-за насыщения города школами в большом количестве в предыдущие две эпохи. Государственные школы в Сирии были разных типов. В Алеппо, помимо пяти школ государственных, иностранными миссиями были построены две миссионерские школы. Были школы начальные, средние и школы, устроенные на дому или при мечетях.

На рис. 1 представлено количество школ, построенных в Алеппо в разные периоды.



Эпохи	Заеги	Айлюбиды	Мамлюкиты	Османцы
Оставшиеся	8	4	6	6
Полуразрушенное	4	0	0	0
Разрушенное	20	8	18	2

Рис.1. Количество школ в Алеппо (рассчитано авторами)
Fig.1. Number of schools in Aleppo (calculated by the authors)

До наших дней сохранилось 17 исламских школ, расположенных в черте старого города и различающихся по стилю, соответствующим эпохам: Сельджуков – 4; Занги – 3; Айюбидов – 3; Мамлюков – 6; Османов - 1. В исследовании были изучены оставшиеся школы эпохи Айюбидов в Алеппо, в т.ч. и школа Аль-Султания, потому что они отражают характерные черты архитектуры этого периода.

Форма исследования:

Школа Аль-Султания (модель школы):

1. Дата постройки: около 1223 г.
2. Тип здания: медресе периода Айюбидов
3. Основатель: Аль-Малик Аль-Захир Гази бин Салих Аль-Дин Аль-Айюби
4. Расположение: напротив, главного входа в Цитадель Алеппо с южной стороны
5. Планировочная структура: в планировке здания подчеркнута осевая симметрия, с особым акцентом на входе. Простота и долговечность конструкции зависели от основного строения, состоящего из трех частей. Смежные помещения были устроены на двух этажах, к востоку и западу от двора.

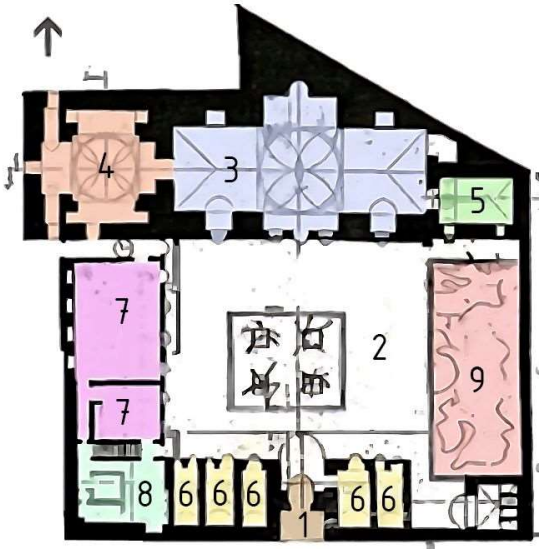


Рис. 2. Чертеж школы Аль-Султания (рисунок авторов)
1. Вход, 2. Сад, 3. Южная комната, 4. Могила, 5. Зал,
6. Боковые помещения, 7. Зал гостей, 8. Кухня и умывальная, 9. Парк
Fig.2. Drawing of the Al-Sultania school (drawing by the authors)
1. Entrance, 2. Garden, 3. South room, 4. Tomb, 5. Hall,
6. Side rooms, 7. Guest room, 8. Kitchen and washroom, 9. Park

6. Исторический обзор:

- В 1223 г. строительство школы было завершено султаном Аз-Захир Гази бин Салах ад-Дин аль-Айюби, она получила название Аль-Султания;
- В 1438 г. школа была повреждена в результате междоусобных столкновений;
- В 1469 г. в школе были проведены реставрационные работы в эпоху мамлюков (1250 - 1517 гг.), был добавлен минарет и восстановлены верхние части стен;
- В 1821 г. школа пострадала от землетрясения в Алеппо;
- В 1883 г. первоначальный объем был восстановлен во времена Джамиля-паши;
- В 1921 г. – восстановлены пять комнат по обе стороны от входа, реконструирована восточная стена после ее разрушения, отремонтирована наружная лестница, ведущая на 2-й этаж;
- В 1944 г. вокруг школы м во дворе проведены обширные раскопки и убраны напластования земли;
- В 1979 г. к востоку от двора была построена большая комната, а к северу от двора помещение, в которое вела лестница;
- 12.07.2014 г. в школе произошел первый взрыв, причинивший большой ущерб;
- В 2017 г. школа подверглась второму взрыву, и остался только минарет;
- В 2021 году школа осталась лежать в руинах.

3. Результаты и обсуждение

Результатами исследования являются установленные визуальная идентичность школы-медрее Аль-Султания и оценка её значения для идентичности Алеппо.

Опираясь на результаты библиографических, археологических, историко-архитектурных и натурных исследований объекта, выявлены и обобщены в табличной форме элементы визуальной идентичности школы Аль-Султания:

Таблица 1

Элементы визуальной идентичности медресе Аль-Султания

Фасады					
Материал/Цвета		Камень/ Дерево/ Светлый, тональный			
Архитектурные детали		Проемы			
Специальный компонент композиции		Зонты и кушк	Окна	Входы	Двери
Михраб. Чередующаяся цветность. Два купола	Минарет с мукарнасом	восьмиугольный деревянный навес минарета	Фасад лишен внешних окон, за исключением небольшого прямоугольного окна. Над ним полоса надписей. Внутренние окна - двухпролетные арочные проемы, лишенные декора	Стрельчатый арочный вход, увенчанный фризом с надписями, в центре есть деревянная дверь, увенчанная люстрой, с историческим текстом, опоясывающим три стены, а на входной стене – табличка с датой постройки	Внешняя дверь из дерева резная с геометрическими мотивами внутренние двери арочной формы из дерева и стекла

Рис. 3. Элементы фирменного стиля школы Аль-Султания (фотографии авторов)
Fig 3. Elements of the corporate identity of the Al-Sultania school (photos by the authors)

Оценка значения школы-медрее Аль-Султания резюмируется в ценностях, которыми она обладает:

- исключительность расположения, поскольку находится вблизи главного входа в цитадель Алеппо;
- архитектурная редкость, определяемая ограниченным типологическим рядом медресе этого периода;
- историческая и социальная значимость объекта, обусловленная 800-летней историей развития медресе и его местом и религиозным значением в мусульманском сообществе Сирии.

Установлен ущерб для школы Аль-Султания. Военное нападение на школу 12.07.2014 г. привели к 70 % вандализма и разрушениям. В 2017 г. комплекс медресе подвергся повторной бомбардировке, в результате разрушения комплекса составили 90 % при сохранности минарета. Повреждены стены, перекрытия, купола, нарушена целостность зданий и т.д. Повреждения можно определить по текущей ситуации следующим образом:

Большая часть элементов визуальной идентичности школы, установленных в процессе исследования, уничтожена, и следов осталось очень мало.

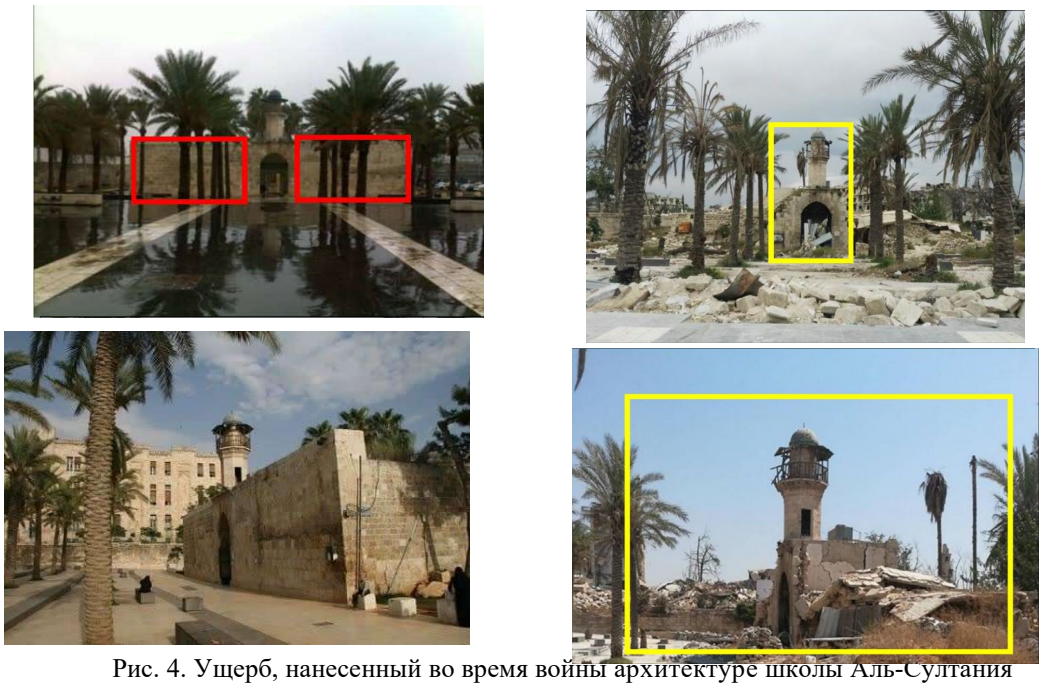


Рис. 4. Ущерб, нанесенный во время войны архитектуре школы Аль-Султания (фотографии авторов)
Fig 4. Damage caused during the war to the architecture of the school of Al-Sultaniya (photos by the authors)

Следовательно, архитектурные признаки школы отсутствуют, и осталась только одна поврежденная часть входа с минаретом, что требует реабилитационных работ по восстановлению архитектурной и визуальной идентичности комплекса [18].

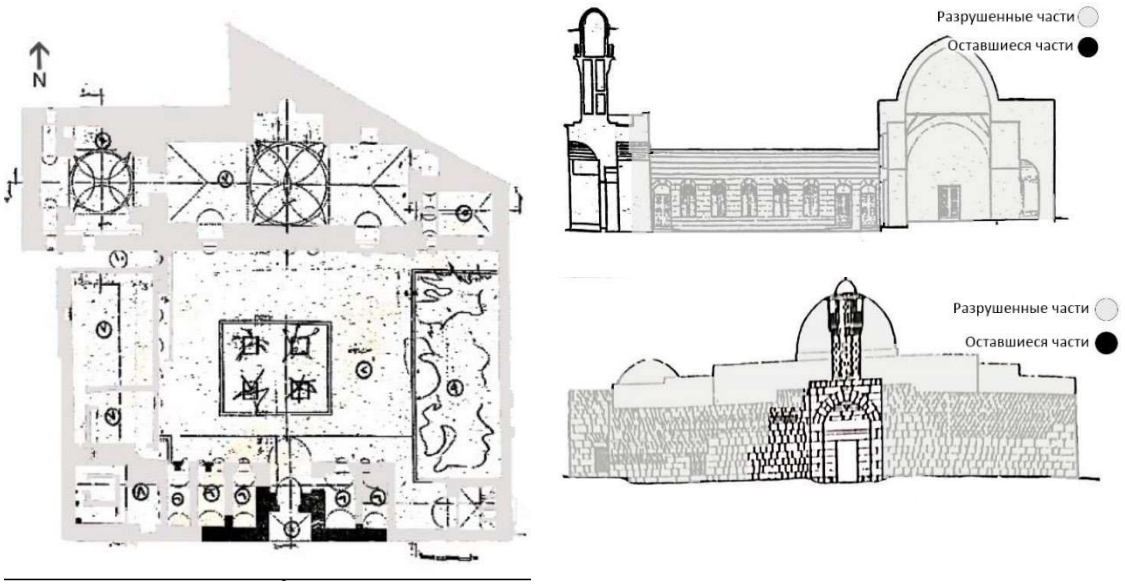


Рис. 5. Фрагменты уцелевшей части медресе на плане, фасаде и разрезе школы Аль-Султания после войны (чертежи авторов)
Fig. 5. Fragments of the surviving part of the madrasah on the plan, facade and section of the Al-Sultaniya school after the war (drawings by the authors)

Влияние визуальной идентичности школы-медресу Аль-Султания на формирование идентичности исторического центра Алеппо:

- В XIII в. застройка Алеппо развивалось в пределах каменных стен прямоугольного в плане города, северную стену которого перерезала мощная эллипсовидная в плане цитадель. Вблизи главных южных ворот цитадели было построено без минарета и куполов медресе Аль-Султания, считающееся первым религиозным сооружением подобного типа. К концу эпоху мамлюков в медресе появились купола и минарет.
- Примерно в 1550 г. была построена мечеть Хусравийя, расположенная рядом с медресе Аль-Султания. Комплекс состоял из мечети, медресе, комнат для путешественников, общественной кухни, магазинов и других объектов. Построен известным архитектором Ходжа Синаном. Как Аль-Султания, так и комплекс Аль-Хусравийя включали в себя все элементы визуальной идентичности, будь то внутри или снаружи. Такими элементами, как минареты, купола и т.д., они формировали идентичность и небесную линию неба центральной части Алеппо вблизи Цитадели.
- К 1930 г., восстановленное после известных событий медресе Аль-Султания и реконструированные, и появившиеся к этому времени окружающие ее здания старого дворца, судейского дворца и т.д. способствовали развитию небесной линии и интеграции в визуальную идентичность южного входа в Цитадель Алеппо.
- Около 2014 года, в результате происходившей войны многие постройки были разрушены с разной степенью повреждений, в том числе школы-медресе Аль-Султания. Это привело к потере и изменению небесной линии этой части города и, следовательно, к исчезновению визуальной идентичности, которая составляет наследие древнего Алеппо.
- В 2021 г., после окончания войны, стал очевиден очень большой процент разрушений исторических зданий, составлявших архитектурное наследие города Алеппо.

Исследование, проведенное исследователем, является документальным

исследованием и является частью оригинальности исследования. Тогда как предыдущие исследования, посвященные школе, были историческими исследованиями с использованием нарративного метода. Там, где здание описано в описательном аспекте, как указано в исследовании «Нахайят аль-Марам» в Дераят аль-Калам, исследовании истории Алеппо, автором которого является Диаа ад-Дин аль-Макки Ибн Фахр ад-Дин аль -Рази, где он касался основ господствующих в городе нравов и построек, были описаны, в общем и целом.

Разрушение объектов войной глубоко воздействует на структуру общества, разрушая его инфраструктуру, включающие образовательные учреждения и объекты здравоохранения, вызывая гуманитарный кризис и утрату культурного наследия. Это также приводит к длительной реабилитации и восстановлению после конфликта, затрудняя процесс восстановления и мирного сосуществования.

Путем анализа и оценки, было установлено, что школа, как одно из учреждений в Алеппо, тесно связана с историческими, политическими, экономическими и социальными изменениями и бедствиями города, что подтверждается рядом сравнительных исследований (Al-Qudsi, 2017; Al-Hussein, 2018). Подробное аналитическое исследование и определение уровня документально подтвержденного ущерба, позволило исследованию прийти к выводу о правильной и надежной методологии восстановления этой школы в ее первоначальном виде, на основе ее собственных элементов визуальной идентичности, что также подтверждается в работах других авторов (Al-Sabouni, 2016; Al-Masry, 2019). В ходе исследования также было выявлено, что Алеппо потеряла визуальную идентичность не только этой школы, но и целой группы зданий, школ разных стилей и периодов времени, что подтверждается исследованиями (Abu Sitta, 2017; Fawaz, 2020). Структура этой школы имела особый масштаб и место в структуре древней застройки и стала частью идентичности города на протяжении нескольких столетий, что подтверждается также в работах (Shahoud, 2015; Al-Faham, 2018). В результате, процесс восстановления поврежденных зданий должен стать реабилитацией исламских школ, чтобы город Алеппо и окрестности Цитадели приобрели былую визуальную идентичность, как это предлагается в других исследованиях (Hassoun, 2019; Al-Sabouni, 2021).

4. Заключение

1. Основываясь на элементах собственной визуальной идентичности, можно уверенно сказать, что школа Аль- Султания была и остается одним из институтов, наиболее тесно связанных с многочисленными аспектами жизни Алеппо, особенно из-за присущих ей характеристик, связанных с историей города на протяжении длительного периода времени, а также с политическими, экономическими и социальными изменениями и бедствиями, которые его окружали.

2. Структура рассматриваемой этой школы имела особый масштаб и место в структуре древней застройки и стала частью идентичности города на протяжении нескольких столетий, визуальная идентичность города Алеппо складывается из идентичности ее элементов- исламских школ.

3. Разработка паспорта объекта с описанием типа здания, местоположения, планировочной структуры, выполнением исторического обзора является способом восстановления визуальной идентичности значимых городских объектов- исламских школ при утрате.

Список литературы/References

1. Айдарова Г. Н. Деревянные жилые кварталы Казани. Старотатарская слобода: история и современность // Жилищное строительство. – 2018. – № 12. – С. 45-49. [Aidarova G. N. Wooden residential quarters of Kazan. Starotatarskaya settlement: history and modernity // Housing construction. - 2018. - No. 12. - P. 45-49]– EDN YSJWQX.

2. Айдарова-Волкова Г. Н. Модель-концепция архитектурной культуры региона: матрица архитектурно-градостроительных типов, традиции, влияния (на примере Республики Татарстан) // Архитектура и строительство России. – 2021. – № 4(240). – С. 8-

13. [Aidarova-Volkova G. N. Model-concept of the architectural culture of the region: a matrix of architectural and urban planning types, traditions, influences (on the example of the Republic of Tatarstan) // Architecture and construction of Russia. - 2021. - No. 4 (240). - P. 8-13.]– EDN PCCSNQ.

3. Stepanchuk, A. Preserving identity while reorganizing urban spaces / A. Stepanchuk, M. Salyakhova, V. Salyakhova // E3S Web of Conferences Volume 274 (2021): 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021), Kazan, April 21–28, 2021. Vol. 274. – France: EDP Sciences, 2021. – p. 1017. – DOI 10.1051/e3sconf/202127401017. – EDN ZBETKE.

4. Михайлов С. М., Белов М. И., Ибрагимова Н. И. Город для Человека XXI века // Дизайн-ревю. – 2011. – № 3-4. – С. 107-113. [Mikhailov S. M., Belov M. I., Ibragimova N. I. City for a Man of the XXI century // Design Review. - 2011. - No. 3-4. - P. 107-113.] – EDN PHGXMV.

5. Kevin Lynch. The Image of the City Copyright by the Massachusetts Institute of Technology and the President and Fellows of Harvard College Twentieth Printime. 1990. – p.195

6. Скалкин А.А. Архитектурная идентичность города: понятие и методология исследования // Architecture and Modern Information Technologies. – 2018. – No2(43). – С. 87-97. [Skalkin A.A. Architectural identity of the city: the concept and methodology of research // Architecture and Modern Information Technologies. – 2018. – No2(43). - P. 87-97.]

7. Есаулов Г. В. Об идентичности в архитектуре и градостроительстве //Архитектура. 2018. № 4. С. 12–18. [Esaulov G.V. On the identity in architecture and urban planning //Architecture. 2018. No. 4. P. 12–18.]

8. Вавилонская Т. В. Система универсалий - идентификационная система архитектурно-исторической среды Самарского Поволжья // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 3. – С. 16-22 [Vavilonskaya, T.V. The system of universals - an identification system of the architectural and historical environment of the Samara Volga region// Industrial and civil construction. - 2017. - No. 3. - P. 16-22.] – EDN YHTEEL.

9. Al-Faham, Zeinab. Historic buildings in Aleppo: Loss and renewal. In: Heritage-led Urban Regeneration in the Arab World, edited by Amale Andraos and Bernard Khoury//Springer. – 2018– P. 109-130.

10. Аль-Масри, Н. Влияние войн на архитектуру Сирии: изучение изменений в городской среде Алеппо// Arts and Humanities Open Access Journal – 2019 - том 3, № 2. [Al-Masri, N. The Impact of Wars on the Architecture of Syria: Exploring Changes in the Urban Environment of Aleppo// Arts and Humanities Open Access Journal –2019 - Vol. 3, No. 2.]

11. Надырова, Х. Г. Проблема возрождения идентичности архитектуры Старо-Татарской слободы Казани / Х. Г. Надырова // Историческая этнология. – 2019. – Т. 4, № 2. – С. 255-263. – DOI 10.22378/he.2019-4-2.255-263. [Nadyrova, H. G. The problem of reviving the identity of the architecture of the Old Tatar settlement of Kazan // Historical ethnology. - 2019. - V. 4, No. 2. - P. 255-263. – DOI 10.22378/he.2019-4-2.255-263.]– EDN ACWAIC.

12. Михайлова, А. С. Национальные модели дизайна // Дизайн-ревю. – 2013. – № 3-4. – С. 68-78. [Mikhailova, A. S. National Design Models // Design Review. - 2013. - No. 3-4. - P. 68-78.] – EDN VFMQUP.

13. Al-Hussein, Nasser. The Educational System in Aleppo during the Ottoman Period// Al-Masaq – 2018.–№ 30 (1) – P. 67-86.

14. Natifa, Menon, Tarifi, Raual, Mohammed Delal. Local influences on the character of Islamic era school buildings in Syria// Journal of Research and Scientific Research of Tishin University. – 2014. – P. 337-354

15. Al-Masry, Nada. The Impact of Wars on the Architecture of the Old City of Homs, Syria// Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development – 2019 –№9 (3)- P. 344-361.

16. Аль-Фахам, З. Исторические здания Алеппо: потери и возрождение. Восстановление городской среды на основе наследия в арабском мире// Springer –2018 –

с. 109-130. [Al-Faham, Z. The Historic Buildings of Aleppo: Loss and Rebirth. Heritage-Based Urban Restoration in the Arab World // Springer –2018 – P. 109-130.]

17. Аль-Хусейн, Н. Система образования в Алеппо в период Османской империи// Al-Masaq, –2018 – том 30, № 1, с. 67-86. [Al-Hussein, N. The education system in Aleppo during the Ottoman period// Al-Masaq, -2018 - Volume 30, No. 1, P. 67-86.]

18. Шагиахметова Э. И., Боровских О. Н., Низамова А. Ш., Бирюлева Д. К. Экономическая оценка мероприятий по повышению привлекательности историко-архитектурного объекта на примере г. Болгар// Вестник экономики, права и социологии. – 2020. – № 4. – С. 63-69. [Shagiakhmetova E. I., Borovskikh O. N., Nizamova A. Sh., Biryuleva D. K. Economic evaluation of measures to increase the attractiveness of a historical and architectural object on the example of the city of Bolgar// Bulletin of Economics, Law and Sociology. - 2020. - No. 4. - P. 63-69.]– EDN YJPRNQ.

Информация об авторах

Ибрагим Карим Ахмад, аспирант кафедры архитектуры, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация
Email: karizmamltf@gmail.com
Алшаваф Радван, Магистрант кафедры Дизайн архитектурной среды, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Российская Федерация
Email: radwan.alshawaf@gmail.com
Абусело Халед, Степень магистра Высшего института регионального планирования, Университет Дамаска, Сирия, Дамаск
Email: Aboselo@gmail.com

Information about the authors

Ibrahim Karim Ahmad, post-graduate student, Department of Architecture, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: karizmamltf@gmail.com
Alshawaf Radwan, Master’s degree student, Department of Architectural Environment Design, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation
Email: radwan.alshawaf@gmail.com
Aboselo Khaled, Master, Higher Institute of Regional Planning, University of Damascus, Syria, Damascus
Email: Aboselo@gmail.com

Журнал «Известия КГАСУ» выходит 4 раза в год, тиражом 500 экз. Журнал является подписным изданием и включен 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 периодическое издание (ЭПИ) 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
2023г., № 2(64)

Гл. редактор: Низамов Р. К.
Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Макет и редактирование: Кареева Ю.Р.

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.

Подписной каталог ГК Урал-Пресс
Индекс издания – 36939

Распространение: свободная цена

Подп. к печати 30.06.2023 Формат 60×84/8
Заказ №79 Бумага тип. №1
Усл.-печ. л 21,7 Уч.-изд. л. 22,6
Тираж 500 экз.
I завод – 100

Дата выхода в свет: 30.06.2023г.

Отпечатано в Издательстве КГАСУ: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1