

АСТ

ISSN 2782-232X (print)
ISSN 2713-0770 (online)

АРХИТЕКТУРА СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАНСПОРТ

ARCHITECTURE • CONSTRUCTION • TRANSPORT



№ 4 (102)
2022

16+

Научно-информационный журнал «Архитектура, строительство, транспорт» посвящен рассмотрению широкого круга вопросов теоретического и практического характера, направленных на решение проблем в области архитектуры, строительства и транспорта. Цель журнала – создать доступное информационно-коммуникационное пространство для обсуждения новых знаний, подходов в данных сферах и внедрения научных и технических достижений в практику.

The scientific and information journal "Architecture, Construction, Transport" ("Arkhitektura, stroitel'stvo, transport") addresses a wide range of theoretical and practical issues aimed at solving problems of architecture, construction, and transport. The purpose of the journal is to create an accessible information and communication space for discussing new knowledge and approaches in these areas and introducing scientific and technical achievements into practice.

Журнал выходит 4 раза в год

Наименование и содержание рубрик журнала соответствуют отраслям науки и группам специальностей научных работников Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени.

- 2.1.1 Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)
- 2.1.2 Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки)
- 2.1.3 Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки)
- 2.1.4 Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов (технические науки)
- 2.1.5 Строительные материалы и изделия (технические науки)
- 2.1.8 Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей (технические науки)
- 2.1.9 Строительная механика (технические науки)
- 2.1.11 Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (архитектура, технические науки, искусствоведение)
- 2.1.12 Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура, технические науки)
- 2.5.5 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)
- 2.5.6 Технология машиностроения (технические науки)
- 2.5.11 Наземные транспортно-технологические средства и комплексы (технические науки)
- 2.5.21 Машины, агрегаты и технологические процессы (технические науки)
- 2.6.17 Материаловедение (по отраслям)
- 2.9.5 Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки)

The journal is published 4 times a year

The name and content of the journal sections correspond to the branches of science and groups of specialties of scientific workers according to the Nomenclature of Scientific Workers' Specialties for which academic degrees are awarded.

- 2.1.1 Construction structures, buildings and facilities (engineering sciences)
- 2.1.2 Bases and foundations, underground structures (engineering sciences)
- 2.1.3 Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply and illumination (engineering sciences)
- 2.1.4 Water supply sewerage, construction systems for water resources protection (engineering sciences)
- 2.1.5 Construction materials and products (engineering sciences)
- 2.1.8 Design and construction of roads, subways, airfields, bridges and transport tunnels (engineering sciences)
- 2.1.9 Structural mechanics (engineering sciences)
- 2.1.11 Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical and architectural heritage (architecture, engineering sciences, art history)
- 2.1.12 Architecture of buildings and structures. Creative conceptions of architectural activity (architecture, engineering sciences)
- 2.2.5 Technology and equipment for mechanical, physical and technical processing (engineering sciences)
- 2.5.6 Machine-building technology (engineering sciences)
- 2.5.11 Ground transport and technological means and complexes (engineering sciences)
- 2.5.21 Machines, aggregates and technological processes (engineering sciences)
- 2.6.17 Materials science (by industry)
- 2.9.5 Operation of motor transport (engineering sciences)

Учредители журнала

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (издатель)

Главное управление строительства Тюменской области

Редакционная коллегия

Мальцева Татьяна Владимировна, д. ф.-м. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень – **главный редактор**

Абдураманов Абдуманап Абдукаримович, д. т. н., профессор, Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, Тараз (Республика Казахстан)

Амирзода Ориф Хамид, д. т. н., доцент, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе (Республика Таджикистан)

Арынов Калдыбай Канаевич, доктор архитектуры, профессор, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан (Республика Казахстан)

Асенов Асен Цветанов, PhD, доцент, Русенский университет имени Ангела Кынчева, Русе (Болгария)

Барсуков Владимир Георгиевич, д. т. н., доцент, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно (Республика Беларусь)

Бартоломей Леонид Адольфович, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Бородинец Анатолий Викторович, д. т. н., профессор, Рижский технический университет, Рига (Латвия)

Ватин Николай Иванович, д. т. н., профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург

Волков Андрей Анатольевич, д. т. н., профессор, член-корреспондент РААСН, Научно-исследовательский центр "Строительство", Москва

Грдич Зоран, д. т. н., профессор, Нишский университет, Ниш (Сербия)

Захаров Николай Степанович, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Ковенский Илья Моисеевич, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Кудрявцев Сергей Анатольевич, д. т. н., профессор, Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

Мамян Заруи Генриховна, кандидат архитектуры, профессор, Национальный университет архитектуры и строительства Армении, Ереван (Республика Армения)

Миронов Виктор Владимирович, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Менендес Пидаль Игнасио, PhD, профессор, Политехнический университет Мадрида, Мадрид (Испания)

Мерданов Шохбуба Магомедкеримович, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Мурали Гунасекаран, PhD, доцент, Университет SASTRA, Танджавур (Индия)

Овчинников Евгений Витальевич, д. т. н., профессор, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно (Республика Беларусь)

Овчинников Игорь Георгиевич, д. т. н., профессор, действительный член Академии транспорта РФ, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь

Панфилов Александр Владимирович, кандидат архитектуры, доцент, Департамент строительства, архитектуры и земельных отношений Администрации города Салехарда, Салехард

Попок Николай Николаевич, д. т. н., профессор, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Новополоцк (Республика Беларусь)

Райчик Марлена, д. т. н., профессор, Ченстоховский технологический университет, Ченстохова (Польша)

Сепехри Мехран, PhD, доцент, Технологический университет имени Шарифа, Тегеран (Иран)

Сладковски Александр Валентинович, д. т. н., профессор, Силезский технический университет, Катовице (Польша)

Соколов Владимир Григорьевич, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Султанова Дилшода Намазовна, доктор архитектуры, профессор, Самаркандский архитектурно-строительный институт, Самарканд (Республика Узбекистан)

Тарасенко Александр Алексеевич, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Ци Чэнжи, д. ф.-м. н., профессор, Пекинский университет гражданского строительства и архитектуры, Пекин (Китай)

Чекардовский Михаил Николаевич, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Редакционный совет

Набоков Александр Валерьевич, к. т. н., доцент, директор Строительного института, Тюменский индустриальный университет – **председатель**

Перевалов Павел Анатольевич, начальник Главного управления строительства Тюменской области

Воронцов Вячеслав Викторович, к. т. н., доцент кафедры строительных конструкций, Тюменский индустриальный университет

Кучерявый Алексей Александрович, директор ГАУ Тюменской области «Управление государственной экспертизы проектной документации»

Малышкин Александр Петрович, к. т. н., доцент кафедры строительных конструкций, Тюменский индустриальный университет

Нанака Виктор Николаевич, первый заместитель директора АО «ЮТЭК региональные сети»

Бабийчук Михаил Владимирович, председатель Правления СРО Союз «Строители ЯНАО»

Табанакоев Андрей Владимирович, председатель Тюменского отделения Союза архитекторов России

Редакция

Маслова Евгения Анатольевна – редактор
Вахрушева Наталья Викторовна – редактор
Николюк Светлана Анатольевна – дизайнер

Дата выхода: 26.12.2022

Цена свободная

Адрес редакции

625001, Тюмень, ул. Луначарского, 2, к. 117
Тюменский индустриальный университет
Телефон (3452) 28-37-50, e-mail: ast@tyuiu.ru

Отпечатано в ООО «Типография ВиК»

625056, Тюмень, ул. Счастливая, 21, телефон: (3452) 38-86-88

Адрес издателя

625000, Тюмень, ул. Володарского, 38
Тюменский индустриальный университет
Телефон (3452) 28-35-91

Journal Founders

FSBEI HE "Industrial University of Tyumen" (publisher) General Administration of Construction of the Tyumen region

Editorial Board

Tatyana V. Maltseva, D. Sc. in Physics and Mathematics, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen – **editor-in-chief**

Abdumanap A. Abduramanov, D. Sc. in Engineering, Professor, M. Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz (Republic of Kazakhstan)

Orif Kh. Amirzoda, D. Sc. in Engineering, Associate Professor, Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe (Republic of Tajikistan)

Kaldybay K. Arynov, D. Sc. in Architecture, Professor, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, (Republic of Kazakhstan)

Asen Ts. Asenov, PhD, Associate Professor, "Angel Kanchev" University of Ruse, Ruse (Bulgaria)

Vladimir G. Barsukov, D. Sc. in Engineering, Associate Professor, Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno (Republic of Belarus)

Leonid A. Bartolomey, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Anatoliy V. Borodinecs, D. Sc. in Engineering, Professor, Riga Technical University, Riga (Latvia)

Nikolay I. Vatin, D. Sc. in Engineering, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

Andrey A. Volkov, D. Sc. in Engineering, Professor, Corresponding Member of the RAACS, Research Center of Construction, Moscow

Zoran Grdić, D. Sc. in Engineering, Professor, University of Niš, Niš (Serbia)

Nikolay S. Zakharov, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Ilya M. Kovenskiy, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Sergey A. Kudryavtsev, D. Sc. in Engineering, Professor, Far Eastern State Transport University, Khabarovsk

Zarui G. Mamyan, C. Sc. in Architecture, Professor, National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan (Republic of Armenia)

Viktor V. Mironov, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Ignacio Menendez Pidal, PhD, Professor, Madrid Polytechnic University, Madrid (Spain)

Shakhbuba M. Merdanov, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Gunasekaran Murali, PhD, SASTRA Deemed to be University, Thanjavur (India)

Evgeniy V. Ovchinnikov, D. Sc. in Engineering, Professor, Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno (Republic of Belarus)

Igor G. Ovchinnikov, D. Sc. in Engineering, Professor, Full Member of the Academy of Transport of Russian Federation, Perm National Research Polytechnic University, Perm

Alexander V. Panfilov, C. Sc. in Architecture, Associate Professor, Department of Construction, Architecture and Land Relations of the Administration of Salekhard, Salekhard

Nikolay N. Popok, D. Sc. in Engineering, Professor, Euphrosyne Polotskaya State University of Novopolotsk, Polotsk (Republic of Belarus)

Marlena Rajchik, D. Sc. in Engineering, Professor, Czestochowa University of Technology, Czestochowa (Poland)

Mehran Sepehri, PhD, Associate Professor, Sharif University of Technology, Tehran (Iran)

Alexander V. Sladkovski, D. Sc. in Engineering, Professor, Silesian University of Technology, Katowice (Poland)

Vladimir G. Sokolov, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Dilshoda N. Sultanova, D. Sc. in Architecture, Professor, Samarkand State Architectural and Civil Engineering Institute, Samarkand (Republic of Uzbekistan)

Alexander A. Tarasenko, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Chengzhi Qi, D. Sc. in Physics and Mathematics, Professor, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing (China)

Mikhail N. Chekardovski, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Editorial Council

Alexander V. Nabokov, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Director of the Construction Institute, Industrial University of Tyumen – **Chairman**

Pavel A. Perevalov, Head of the General Administration of Construction of the Tyumen region

Vyacheslav V. Vorontsov, C. Sc. in Engineering, Associate Professor at the Department of Building Constructions, Industrial University of Tyumen

Alexey A. Kucheryavy, Director of the State Autonomous Institution of the Tyumen Region "Department of State Expertise of Project Documentation"

Alexander P. Malyshkin, C. Sc. in Engineering, Associate Professor at the Department of Building Constructions, Industrial University of Tyumen

Viktor N. Nanaka, First Deputy Director of "UTEK-RS" JSC

Mikhail V. Babiychuk, Chairman of the Board of the SRO Soyuz "Stroiteli YaNAO"

Andrey V. Tabanakov, Chairman of the Tyumen Branch of the Union of Architects of Russia

Edition

Evgeniya A. Maslova – editor
Natalia V. Vakhrusheva – editor
Svetlana A. Nikoluk – designer

Editorial office

625001, Tyumen, 2 Lunacharskogo St., office 117
Industrial University of Tyumen
Phone (3452) 28-37-50, e-mail: ast@tyuiu.ru

Publisher address

625000, Tyumen, 38 Volodarskogo St.
Industrial University of Tyumen
Phone (3452) 28-35-91

Содержание

Архитектура

В. О. Охотников, Д. М. Астанин

Ретроспектива пространственного развития Ярославской области 6

Е. И. Волынец

Этапы градостроительного формирования исторических городов
Тобольской губернии (1796–1920 гг.) 16

Строительство

Ю. В. Зазуля, О. В. Ашихмин, Д. С. Баянов

Алгоритмы предварительной оценки технического состояния
зданий социального назначения 28

А. Х. Шарифов

Анализ экспериментальных данных облегченных железобетонных плит
с комбинированным армированием 36

Н. И. Куриленко, К. Е. Кузьменко

Коррозионное разрушение внутренних стальных поверхностей в тепловых сетях.
Анализ и методы определения 46

П. С. Хужаев

Пассивная отопительная система жилого здания 53

Т. С. Жилина, С. Д. Вяткина, Ю. С. Ульянова

Опыт проектирования приточно-вытяжных систем вентиляции
на примере помещений офисного центра в г. Тобольске 60

В. А. Солонина

Возможности использования промышленных отходов для получения строительной керамики 73

Транспорт

В. А. Свистунова, Д. А. Чайников, И. А. Шацков

Оптимизация организационных процессов станции технического обслуживания 82

Т. Р. Холмуратов, П. С. Хужаев

Модернизация буровых установок с использованием приводных планетарных механизмов
с переменными параметрами 93

Информация для авторов

Правила подготовки рукописи (на русском языке) 102

Правила подготовки рукописи (на английском языке) 104

Contents

Architecture

V. O. Okhotnikov, D. M. Astanin

A retrospective of the spatial development of Yaroslavl region 6

E. I. Volynets

Stages of urban planning of the historical towns
of Tobolsk province (1796-1920) 16

Construction

Yu. V. Zazulya, O. V. Ashikhmin, D. S. Bayanov

Algorithms for preliminary evaluation of the technical state
of social buildings 28

A. Kh. Sharifov

Analysis of experimental data of lightweight armoured concrete slabs
with combined reinforcement 36

N. I. Kurilenko, K. E. Kuzmenko

Corrosion of internal steel surfaces in the heat supply network.
Analysis and detection methods 46

P. S. Khujaev

Passive heating system of a residential building 53

T. S. Zhilina, S. D. Viatkina, Yu. S. Ulyanova

Experience in designing the supply-and-exhaust ventilation systems
on the example of the premises of the office center in Tobolsk 60

V. A. Solonina

Possibilities of using industrial waste to produce structural ceramics 73

Transport

V. A. Svistunova, D. A. Chaynikov, I. A. Shatskov

Optimization of the organizational processes at the service station 82

T. R. Holmurotov, P. S. Khujaev

Modernization of drilling rigs using driving planetary machines
with variable parameters 93

Instructions for Authors

Manuscript preparation guidelines (In Russian) 102

Manuscript preparation guidelines (In English) 104

УДК 711.1

2.1.11 Теория и история архитектуры, реставрация
и реконструкция историко-архитектурного наследия
(архитектура, технические науки, искусствоведение)

РЕТРОСПЕКТИВА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. О. Охотников¹, Д. М. Астанин^{1,2}¹ Вологодский государственный университет, Вологда, Россия² Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева,
Москва, Россия

A RETROSPECTIVE OF THE SPATIAL DEVELOPMENT OF YAROSLAVL REGION

Vitaly O. Okhotnikov¹, Dmitry M. Astanin^{1,2}¹ Vologda State University, Vologda, Russia² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Аннотация. Рассматриваются принципы пространственного расселения по современной территории Ярославской области, градостроительное планирование и основные социально-экономические факторы, повлиявшие на развитие региональных городов. Со второй половины XI в. на Руси усилилась тенденция строительства городов вдоль берегов рек и озер, определившая особенности градостроительного планирования региона. Для городов Ярославской области была характерна веерная планировка. В годы первых пятилеток Ярославль превратился в один из главных индустриальных центров страны. Современная стратегия социально-экономического развития Ярославской области направлена на укрепление малых и средних городов, использование преимущества близости к Московской агломерации.

Ключевые слова: градостроительное планирование, НЭП, пространственное развитие, социально-экономическое развитие, кластер, система расселения, индустриализация

Abstract. The article considers the principles of spatial settlement in the modern territory of the Yaroslavl region, urban planning and the main social and economic factors influenced the development of regional cities. From the second half of the 11th century in Russia intensified the tendency of building towns along the banks of rivers and lakes, and this one determined the peculiarities of urban planning of the region. Cities of Yaroslavl region were characterized by fan layout. During several first five-year plans Yaroslavl became one of the main industrial centers of the country. The current strategy of social and economic development of Yaroslavl region is aimed at strengthening small and medium-sized cities, taking advantage of the proximity to Moscow agglomeration.

Key words: urban planning, the new economic policy, spatial development, social and economic development, cluster, settlement system, industrialization

Для цитирования: Охотников, В. О. Ретроспектива пространственного развития Ярославской области / В. О. Охотников, Д. М. Астанин. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-6-15. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 6–15.

For citation: Okhotnikov, V. O., & Astanin, D. M. (2022). A retrospective of the spatial development of Yaroslavl region. Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 6-15. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-6-15.

Введение

Актуальность темы определяется теоретическими и практическими аспектами градостроительного обустройства Ярославской области. В настоящее время во многих регионах нашей страны отсутствует комплексное теоретическое обоснование по реновации территориальных ресурсов в связи с недостаточным вниманием к научным исследованиям архитектурных кафедр РФ и слабой связью последних с экспертным и бизнес-сообществом, а также с представителями власти.

Благодаря близости к Москве Ярославская область может стать образцом формирования и применения инновационных методов комплексного регионального обустройства.

Объект и методы исследования

Процедура исследования основана на синтезе и анализе теории и практики градостроительства. При решении задач используются следующие методы:

- историко-генетический анализ – изучение зарождения, формирования, динамики и перспектив развития градостроительного обустройства Ярославской области;
- междисциплинарный подход (исследования в области географии, истории, культурологии);
- теоретическое моделирование – обоснование управленческих решений.

Целью историко-градостроительных исследований является информация об этапах формирования и развития рассматриваемых территорий.

Определяющее значение для принятия проектного решения играет группа качественных характеристик исторически сложившейся материально-пространственной структуры, ее совокупный социокультурный потенциал.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- выявить экологические, социально-экономические проблемы, возникавшие при градостроительном освоении Ярославской области;
- проанализировать исторический опыт градостроительного освоения Ярославской области.

Результаты и обсуждение

Возникновение первых поселений на территории Ярославского края датируется еще V в. до н. э. Русское население появилось здесь только в IX в. Климат региона не очень благоприятен для ведения сельского хозяйства. Северная и северо-восточная части территории в древнерусский период преимущественно были покрыты лесами. Природные ресурсы ограничены. Несмотря на это, Ярославская область в истории отечества сыграла немаловажную роль. Многие ярославские города были не единожды полностью разрушены.

Древнерусский период

С VI в. территории нынешней Ярославской области заселял народ меряне, относящийся к финно-угорским племенам. На рубеже IX–X вв. славяне начали проникать в междуречье Оки и Волги [1].

Первым русским городом стал Ростов, который упоминается уже в 862 г. в летописи, в легенде о призвании варягов. Около 1010 г. основан Ярославль.

Со второй половины XI в. на Руси усиливается тенденция строительства городов вдоль берегов рек и озер. В годы правления Юрия Долгорукого (основателя Москвы) Ростов теряет влияние в результате переноса столицы княжества в Суз-

даль (ныне город во Владимирской области). В этот же период, в 1148 г., упоминается уже Углич, в 1152 г. – Переславль (Залесский) на Плещеевом озере, во второй половине XIII в. был основан город Романов (ныне Тутаев) (рис. 1).

Во время монголо-татарского нашествия Ростов и Углич сдались без боя, но были почти полностью разрушены, как и Ярославль, который сопротивлялся Золотой Орде. В 1463 г. земли Ярославской области полностью вошли в состав Великого княжества Московского. Бывшие княжества стали его уездами.

Восстановление хозяйства происходило медленно. Главным фактором восстановления стала торговля – именно здесь проходил Волжский торговый путь. Благодаря выгодному географическому положению, Ярославль, Ростов, Переславль медленно, но отстраивались.

Несмотря на то, что в Смутное время регион пострадал от польско-литовской интервенции, с апреля по июль 1612 г. Ярославль являлся негласной столицей Руси. В этот период в Ярославле стояло Второе ополчение, которое позже выдвинулось на Москву освобождать ее от польских оккупантов.

Имперский период

В Российской империи вместо княжеств были образованы губернии. С 1708 по 1777 г. территории Ярославской области были разделены и входили в составы других губерний. В 1777 г. образовалась Ярославская губерния, в которую вошла большая часть земель нынешней Ярославской области (рис. 2).

Многие города империи в этот период процветали. Было введено регулярное планирование городов, прослеживалась тенденция развития городов-крепостей.

Ростов в имперский период в отличие от многих городов расширился незначительно. Церкви имели не только сакральное значение, но и определяли градостроительную структуру. В структуру городов была внедрена радиальная планировка – таким способом улучшалась их обороноспособность [2].

Расширение Ярославля происходило вдоль реки Которосли. Главным фактором расширения

стало развитие промышленности. Центральные улицы складывались веером. Другие города – Углич, Пошехонье, Любим – также использовали веерную планировку.

Было развито сельское хозяйство, но из-за скудности почв и недостаточности землеобеспечения губерния нуждалась в привозном хлебе. Благодаря наличию судоходных рек, таких как Волга, Молога, Шексна, хорошо развивались неземледельческие промыслы: обслуживание водного транспорта, обработка сельскохозяйственного сырья. Главным фактором экономического развития Ярославской губернии тогда, как и сейчас, являлась река Волга.

В 1918 г. в России происходит Гражданская война. Во многих губерниях проходят народные восстания. Ярославскую губернию это не обошло стороной. В ходе данных событий часть Ярославля и Рыбинска были вновь разрушены. Восстановление этих городов шло уже в советский период.

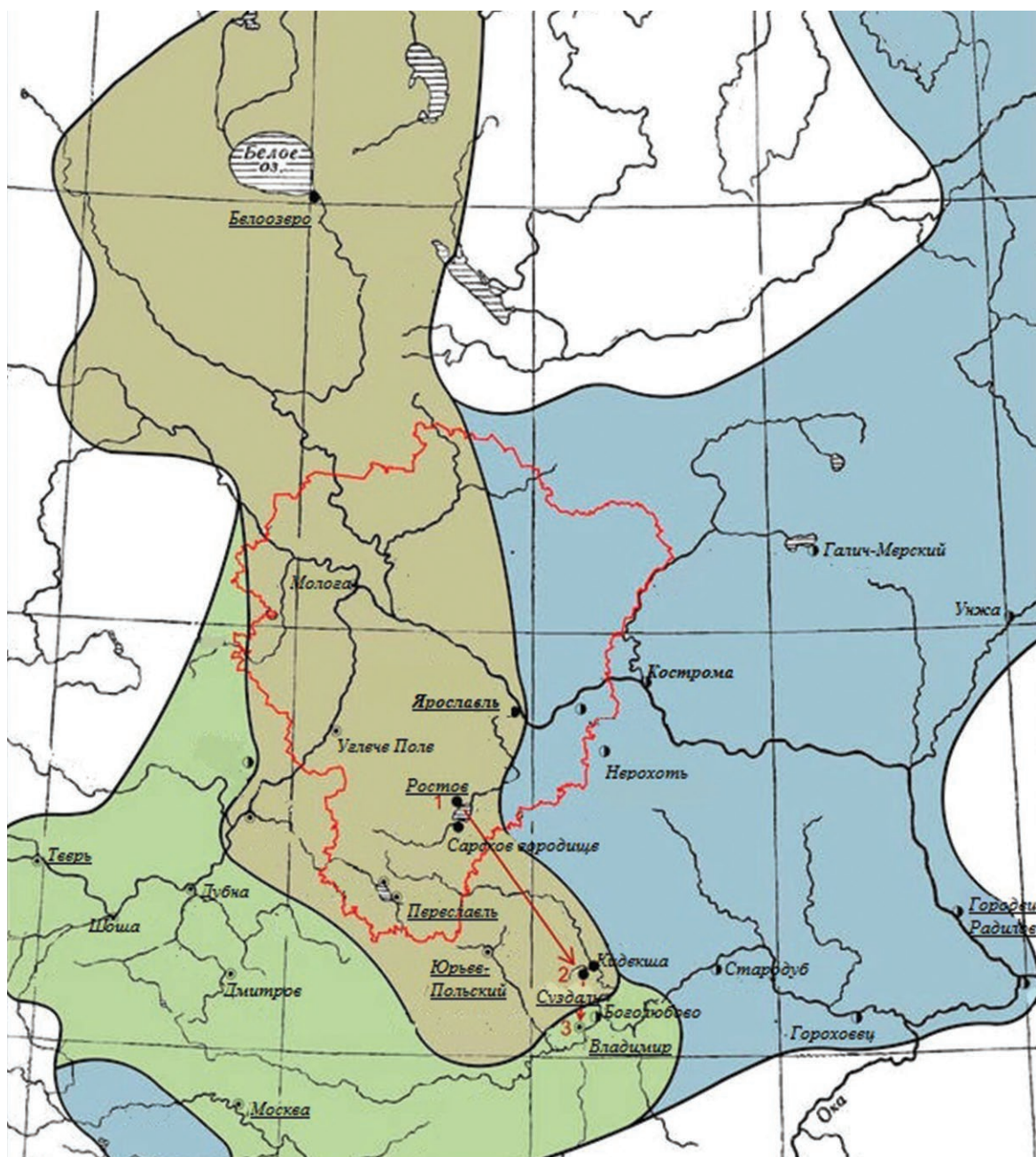
Советский период

В советские годы пространственное развитие Ярославской области было связано с ускорением экономического развития страны, так называемым переходом на новую экономическую политику (НЭП).

Так как Ярославль, фактически полностью уничтоженный после восстания 1918 г., должен был стать одним из крупнейших экономических центров страны, его восстановление шло под контролем советского правительства. Широко рассматривалась проблема развития «транспортных устройств» города: предполагалось расширение железной дороги, строительство первого автомобильного моста через Волгу, развитие трамвайной системы и др.

В начале 1930-х гг. ученые начали разрабатывать проект «Большой Волги», который предусматривал строительство на реке целого ряда электростанций. Город Молога с населением 6 100 человек был обречен на затопление в 1946 г. Было переселено 130 тыс. жителей из 663 деревень и сел, включая население самой Мологи.

Коллективизация деревень, раскулачивание зажиточных крестьян и в дополнение неурожайный 1918 г. отрицательно сказались на сельском



- | | | | |
|--|--|-------------------------|---|
| | Современные границы Ярославской области | | Населенные пункты, существовавшие к концу XI в. |
| | Территория Ростово-Суздальского княжества (ядро будущего Владимиро-Суздальского княжества) | | Населенные пункты, возникшие к 1250 гг. |
| | Территория Владимиро-Суздальского княжества | | Населенные пункты, возникшие в 1275–1330 гг. |
| | Территория присоединения Владимиро-Суздальской земли | <u>Ростов</u> | Города, административные центры |
| | | <u>Сарское городище</u> | Прочие города |
| | | | Смещение столицы княжества |

Рис. 1. Карта-схема. Владимиро-Суздальские земли в XI–XIII вв.

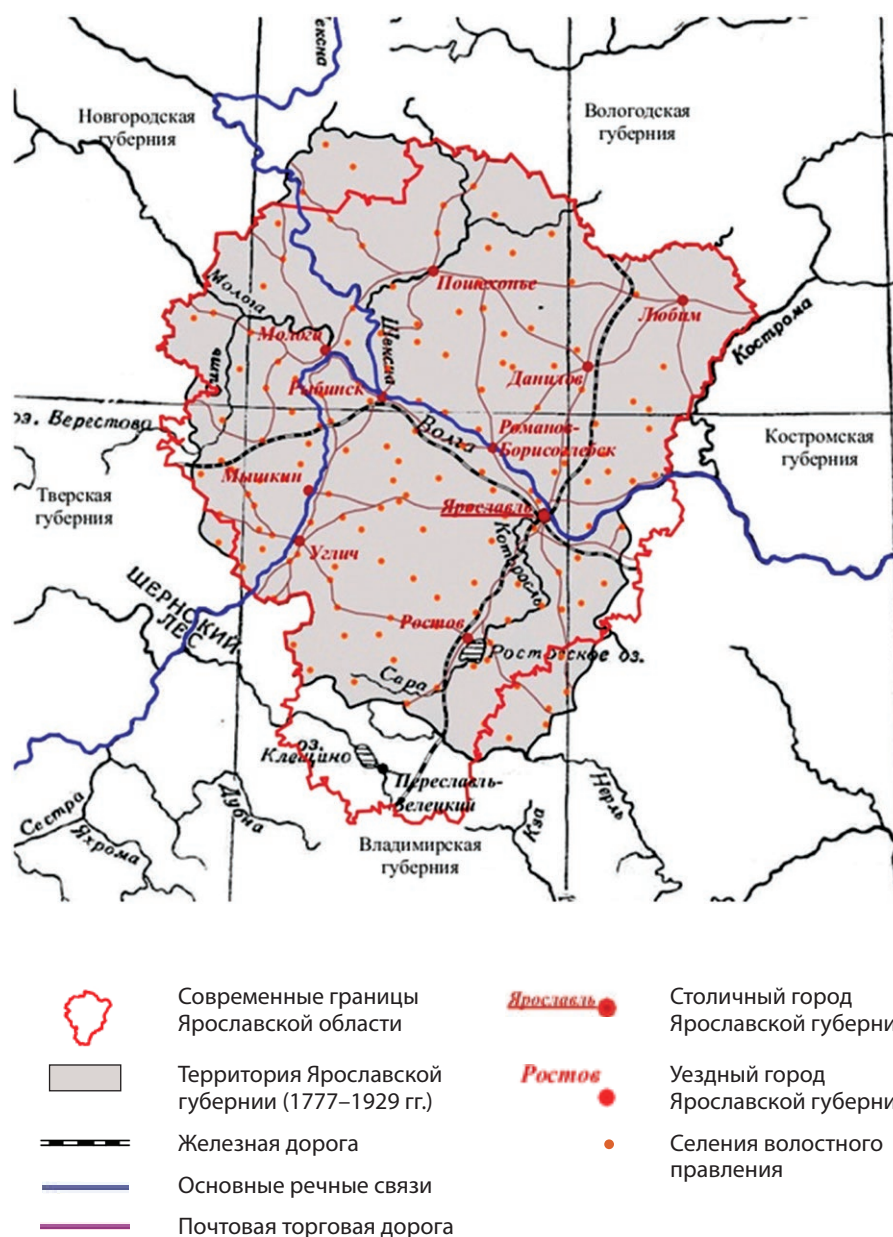


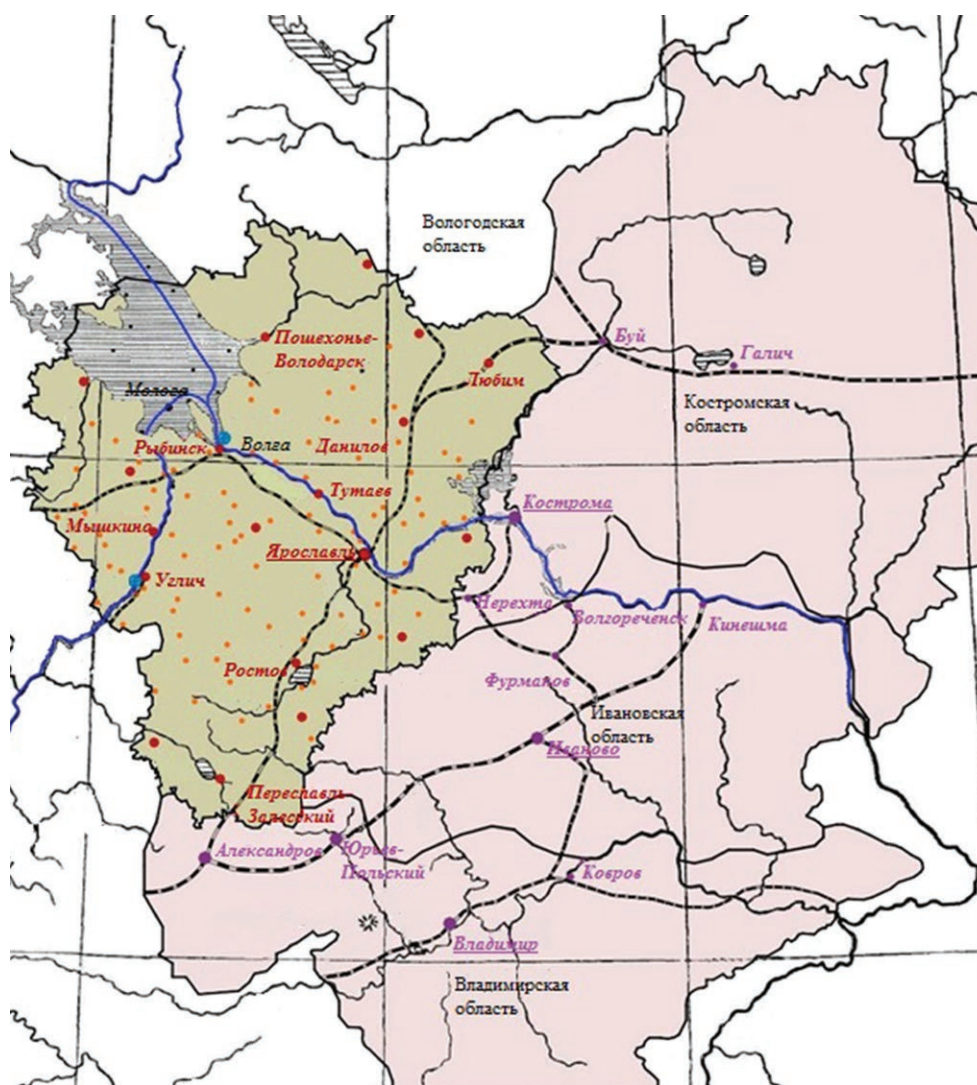
Рис. 2. Карта-схема. Ярославская губерния в 1777–1929 гг.

хозяйстве. В итоге это привело к миграции деревенского населения в города. Данный процесс происходит до сих пор.

После войны процесс разрушения деревень усилился. Советское правительство начало укрупнять колхозы и превращать их в агрогорода. Из 3 900 колхозов осталось 960. Из-за этого многие деревни были заброшены. Доля городского населения с 1959 по 1989 гг. увеличилась с 58,24 до

81,42 %, при этом численность населения уменьшилась с 0,583 до 0,273 млн человек (рис. 3).

В 1959 г. стартовал Седьмой пятилетний план. В стране снова начался промышленный бум. Так, был введен в строй Ново-Ярославский нефтеперерабатывающий завод. Главный упор был сделан на усиление действующих предприятий. Ярославль с 1960-х по 1990-е гг. входил в число пятидесяти наиболее загрязненных городов [3–5].



- | | | | |
|---|---|--|---|
|  | Современная территория Ярославской области с 1944 г., входящая в состав Ивановской промышленной области (1929–1939 гг.) |  Ярославль | Областная столица Ярославской области |
|  | Территория Ивановской промышленной области (1929–1939 гг.) |  Ростов | Административные центры районов Ярославской области |
|  | Железная дорога |  Молога | Затопленные города |
|  | Основные речные связи |  | Гидроэлектростанции |

Рис. 3. Карта-схема. Ярославская область с 1944 года

Постсоветский период

В 1990-м был провозглашен новый курс – на переход к рыночной экономике. Многие предприятия закрылись. Люди стали уезжать не толь-

ко из деревень, а также из районных центров. Первые изменения начались только с 2013 г. Тогда была утверждена Первая концепция социально-экономического развития Ярославской обла-

АРХИТЕКТУРА/ARCHITECTURE

сти до 2025 года¹, на основе которой через год, в 2014 г., была утверждена Стратегия социально-экономического развития Ярославской области до 2025 года². В них были обозначены основные положения развития:

- укрепление и подъем малых и средних городов (Рыбинска, Тутаева, Гаврилов-Яма, Ростова), формирование точек роста сельских

территорий для комплексного развития экономики, социальной и инженерной инфраструктуры;

- использование преимущества близости к Московской агломерации для завоевания рынка по переносу офисных функций и производств московских компаний за счет повышения инвестиционной привлекательности;



Рис. 4. Пространственное развитие Ярославской области (стратегия, современное состояние)

¹ Об утверждении концепции социально-экономического развития Ярославской области до 2025 года : Указ губернатора Ярославской области от 27 февраля 2013 года № 110. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/428665716> (дата обращения: 09.10.2022).

² Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Ярославской области до 2025 года (с изменениями на 10 сентября 2020 года) : Постановление Правительства Ярославской области от 6 марта 2014 года № 188-п. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/412703993> (дата обращения: 09.10.2022).

- концентрация ограниченных ресурсов на развитии наиболее перспективных отраслей экономики региона.

В результате реализации данной стратегии в трех моногородах Ярославской области – Тутаеве, Гаврилов-Яме и Ростове – были созданы территории опережающего социально-экономического развития. Усиливается Ярославская агломерация за счет муниципальных районов: Тутаевского, Некрасовского, Гаврилов-Ямского и Ростовского. Данная территория занимает менее 28 % территории области, вытянута по направлению Рыбинск – Ярославль – Ростов, при этом в ней проживает более 80 % всего населения области (рис. 4).

Но, к сожалению, в развитии региона имеются и проблемы. Так, согласно Стратегии социально-экономического развития до 2025 г., в 2020 г. завершился второй этап, который предполагал ликвидацию критических отставаний и переход на опережающий рост. По предварительным итогам социально-экономического развития в

настоящее время, напротив, намечается замедление промышленного производства с 104,8 до 103,0 % к предыдущему году, упадок сельского хозяйства – со 105,6 до 102,4 % [6–9].

Выводы

В результате исследования выявлена периодизация градостроительного развития Ярославской области, которая была тесно связана с историческими этапами становления российского государства.

Основополагающей проблемой является то, что Ярославская область очень ограниченный временной период могла реализовывать свой стратегический потенциал, что было обусловлено как внешними (монголо-татарское нашествие), так и внутренними (активное участие в Гражданской войне 1918 г., коллективизация деревень) факторами.

Работа по комплексному обоснованию территориальной реновации Ярославской области будет продолжена в следующих публикациях.

Библиографический список

1. История Ярославского края с древнейших времен до конца 20-х гг. XX века: учебное пособие / А. М. Пономарев, В. М. Марасанова, В. П. Федюк [и др.] ; отв. ред. А. М. Селиванов. – Ярославль : ЯрГУ, 1999. – 368 с. – Текст : непосредственный.
2. Русское градостроительное искусство. Москва и сложившиеся русские города XVIII – первой половины XIX века / Н. Ф. Гуляницкий, М. В. Нащокина, М. П. Кудрявцев [и др.] ; под общ. ред. Н. Ф. Гуляницкого. – Москва : Стройиздат, 1998. – 440 с. – ISBN 5-274-01505-0. – Текст : непосредственный.
3. Рязанцев, Н. П. 1928–1936: Ярославский край в годы первых пятилеток / Н. П. Рязанцев, Ю. Г. Салова. – Текст : электронный // Ярвикипедия : сайт. – URL: <https://yarwiki.ru/article/33/yaroslavskij-kraj-v-gody-pervyh-pyatiletok-19281936-gg> (дата обращения: 03.09.2022).
4. Рязанцев, Н. П. История Ярославского края (1930–2005 гг.) : учебное пособие / Н. П. Рязанцев, Ю. Г. Салова. – Ярославль : Рыбинский Дом печати, 2005. – 277 с. – Текст : непосредственный.
5. Основные положения системы стратегического управления Ярославской области. Семинар для экспертного сообщества // narod.yarregion.ru : сайт. – URL: narod.yarregion.ru/upload/present/1.rptx (дата обращения: 03.09.2022).
6. Невзоров, В. А. Место Ярославской области в современных миграционных процессах регионов России и постсоветского пространства / В. А. Невзоров. – Текст : непосредственный // Экология урбанизированных территорий. – 2018. – № 4. – С. 88–93. – DOI 10.24411/1816-1863-2018-14088.
7. Невзоров, В. А. Третьи города и их роль в системе расселения Центрального федерального округа / В. А. Невзоров, Е. Н. Селищев. – Текст : непосредственный // Экология урбанизированных территорий. – 2019. – № 4. – С. 118–123. – DOI 10.24411/1816-1863-2019-14118.
8. Кондакова, Т. Ю. Исторические предпосылки социально-экономической деградации сельских территорий Нечерноземья (на примере сельских поселений Ярославской области) /

Т. Ю. Кондакова // Историческая география России: ретроспектива и современность комплексных региональных исследований (100-летие завершения издания томов серии «Россия. Полное географическое описание нашего Отечества») : материалы V международной конференции по исторической географии, Санкт-Петербург, 18–21 мая 2015 года. Том II. – Санкт-Петербург : Ленинградский государственный университет им. А. С. Пушкина, 2015. – С. 64–68.

9. Мельниченко, Н. Ф. Разработка стратегии развития территории (на примере моногородов Ярославской области) / Н. Ф. Мельниченко, В. В. Жолудева. – Текст : непосредственный // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2014. – Т. 189. – С. 83–88.

References

1. Ponomarev, A. M., Marasanova, V. M., Fedyuk, V. P., Yurchuk, K. I., Ierusalimskiy, Yu. Yu., Ryazantsev, N. P., ... Salova, Yu. G. (1999). Istoriya Yaroslavskogo kraya s drevneyshikh vremen do kontsa 20-kh gg. XX veka. Yaroslavl, YarGU Publ., 368 p. (In Russian).
2. Gulyanickij, N. F., Naschokina, M. V., Kudryavtsev, M. P., Kudryavtseva, T. N., Buseva-Davidova, I. L., Alferova, G. V., ... Bondarenko, I. A. (1998). Russkoe gradostroitel'noe iskusstvo: Moskva i slozhivshiesya russkie goroda XVIII – pervoj poloviny XIX veka. Moscow, Strojizdat Publ., 440 p. (In Russian).
3. Ryazantsev, N. P., & Salova, Yu. G. 1928-1936: Yaroslavskiy kray v gody pervykh pyatiletok. (In Russian). Available at: <https://yarwiki.ru/article/33/yaroslavskij-kraj-v-gody-pervyh-pyatiletok-19281936-gg> (accessed 03.09.2022).
4. Ryazantsev, N. P., & Salova, Yu. G. (2005). Istoriya Yaroslavskogo kraya (1930-2005 gg.). Yaroslavl, Rybinskiy Dom pechaty Publ., 277 p. (In Russian).
5. Osnovnye polozheniya sistemy strategicheskogo upravleniya Yaroslavskoy oblasti. Seminar dlya ekspertnogo soobshchestva. (In Russian). Available at: narod.yarregion.ru/upload/present/1.pptx (accessed 03.09.2022).
6. Nevzorov, V. A. (2018). The place of the Yaroslavl region in the modern migration processes of the regions of Russia and the post-soviet space. Ecology of urban areas, (4), pp. 88-93. (In Russian). DOI 10.24411/1816-1863-2018-14088.
7. Nevzorov, V. A., & Selishchev, E. N. (2019). Third largest towns and their role in the settlement system of the Central federal district. Ecology of urban areas, (4), pp. 118-123. (In Russian). DOI 10.24411/1816-1863-2019-14118.
8. Kondakova, T. Yu. (2015). Istoricheskie predposylki sotsial'no-ekonomicheskoy degradatsii sel'skikh territoriy Nechernozem'ya (na primere sel'skikh poseleniy Yaroslavskoy oblasti). Istoricheskaya geografiya Rossii: retrospektiva i sovremennost' kompleksnykh regional'nykh issledovaniy (100-letie zaversheniya izdaniya toмов series "Rossiya. Polnoe geograficheskoe opisanie nashego Otechestva"): Materialy V mezhdunarodnoy konferentsii po istoricheskoy geografii, Saint Petersburg, May, 18-21. Saint Petersburg, Pushkin Leningrad State University Publ., 2, pp. 64-68. (In Russian).
9. Melnichenko, N. F., & Zholudeva, V. V. (2014). Area development strategy-evidence from the main-cities of the Yaroslavl region. Scientific works of the free economic society of Russia, 189, pp. 83-88. (In Russian).

Сведения об авторах

Охотников Виталий Олегович, обучающийся кафедры архитектуры и градостроительства, Вологодский государственный университет

Information about the authors

Vitaly O. Okhotnikov, Student at the Department of Architecture and Urban Planning, Vologda State University

Астанин Дмитрий Михайлович, доцент кафедры архитектуры и градостроительства, Вологодский государственный университет, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственного строительства и экспертизы объектов недвижимости, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, e-mail: montenegro.astanin@mail.ru

Dmitry M. Astanin, Associate Professor at the Department of Architecture and Urban Planning, Vologda State University, Senior Lecturer at the Department of Agricultural Construction and Real Estate Expertise, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, e-mail: montenegro.astanin@mail.ru

УДК 728.48

2.1.11 Теория и история архитектуры, реставрация
и реконструкция историко-архитектурного наследия
(архитектура, технические науки, искусствоведение)

ЭТАПЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ ТОБОЛЬСКОЙ ГУБЕРНИИ (1796–1920 гг.)

Е. И. Волынец

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

STAGES OF URBAN PLANNING OF THE HISTORICAL TOWNS OF TOBOLSK PROVINCE (1796-1920)

Ekaterina I. Volynets

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. В работе рассмотрены основные этапы формирования исторических городов Тобольской губернии: экспедиционный, оборонительный, торгово-хозяйственный и этап развития капитализма. Выявлены особенности градостроительного становления поселений с точки зрения топографии и экономики. Определены функциональное назначение исторических центров региона (Ишима, Тобольска, Тюмени и Ялуторовска), характер градостроительных изменений в конце XIX – начале XX в.

Ключевые слова: этапы градостроительства, исторические города, городская застройка, торговые центры, планы городов, Тобольская губерния

Abstract. The article considers the main stages of the formation of the historical towns of Tobolsk province: expeditionary, defensive, commercial and economic and the stage of capitalism. The peculiarities of urban formation of settlements in terms of topography and economics were revealed. The functional purpose of the historical centers of the region (Ishim, Tobolsk, Tyumen, and Yalutorovsk) and the nature of urban planning changes in the late XIX – early XX centuries were determined.

Key words: stages of urban planning, historical towns, urban development, shopping centers, city plans, Tobolsk province

Для цитирования: Волынец, Е. И. Этапы градостроительного формирования исторических городов Тобольской губернии (1796–1920 гг.) / Е. И. Волынец. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-16-27. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 16–27.

For citation: Volynets, E. I. (2022). Stages of urban planning of the historical towns of Tobolsk province (1796-1920). Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 16-27. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-16-27.

Введение

Тобольская губерния, основанная в декабре 1796 г., просуществовала до 1920 г. с обширными территориальными границами. На ее территории сохранились памятники деревянного и каменного зодчества конца XIX – начала XX в.

Процесс освоения региона начался еще в XVI в., первым городом стала Тюмень, основанная в 1586 г. Губернским городом стал Тобольск, образованный годом позднее. В процессе развития и формирования губернии появлялись новые города, которые, в зависимости от политического и исторического развития, выполняли оборонительную или торгово-хозяйственную функцию.

На формирование Тобольской губернии как административно-территориальной единицы оказали влияние различные факторы, среди них – экономические, политические, географические и климатические. От них зависело расположение новых сельских и городских поселений. Важную роль в развитии Тобольской губернии играли почтовые и торговые тракты, например, Москва – Тобольск. Соответственно, некоторые поселения образовывались вдоль этих трактов. Кроме того, жителям была необходима чистая питьевая вода, поэтому первые поселения были основаны как раз вблизи рек и озер. Такие города, как Тобольск, Тюмень, Ишим и Ялуторовск, сыграли ключевую роль в историческом процессе освоения Тобольской губернии в XIX и начале XX в., что важно осознавать при исследовании истории края, в том числе особенностей его градостроительного развития.

Предмет и методы исследования

Предметом является рассмотрение основных этапов градостроительного формирования исторических городов Тобольской губернии за период ее существования (1796–1920 гг.). Материалами исследования являются исторические карты и схемы планов городов. Основные методы исследования: анализ, синтез, сравнение и обобщение данных исторических карт, книжных источников и опубликованных статей. В результате выявлены этапы формирования и развития Тобольской губернии, изучены стратегические

функции городов, определена жилая историческая застройка с момента образования до начала XX в.

Результаты

В статье приводятся основные этапы формирования Тобольской губернии: экспедиционный, оборонительный, хозяйственный и этап развития капитализма. С точки зрения топографии и экономики выявлены особенности градостроительного формирования поселений. Изучена история развития основных городов Тобольской губернии конца XIX – начала XX в.

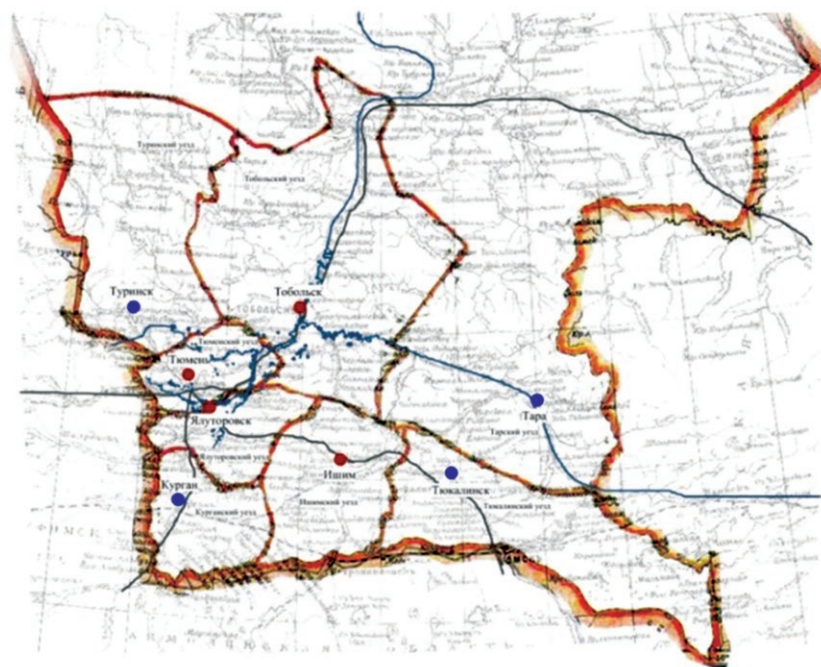
Тюмень и Тобольск были основаны в первый период освоения Тобольской губернии, а Ишим и Ялуторовск – в промежутке между третьим и четвертым.

Первоначально все города выполняли оборонительную функцию, в основном это касалось мелких набегов кочевников, но оборонительное развитие началось только на третьем этапе, поэтому оборонительными городами стали Ишим и Ялуторовск. Основные почтовые и торговые тракты проходили через Тюмень и Тобольск, поэтому эти города получили развитие в торгово-хозяйственном направлении.

Освоение региона

Тобольская губерния по указу Екатерины II была образована как Тобольское наместничество. Первоначально делилась на две области: Тобольскую и Томскую. Каждая из них состояла из нескольких уездов. В 1796 г. по приказу Павла I к Тобольскому наместничеству была присоединена Колыванская губерния, что повлекло его преобразование в губернию. В 1804 г. по указу императора Александра I Томская область была выделена из состава Тобольской губернии. Сама губерния просуществовала до 1918 г. Советская власть перенесла центр из Тобольска в Тюмень с образованием Тюменской губернии. Окончательно же это переименование закреплено декретом ВЦИК от 21.04.1920 г. (рис. 1) [1].

Освоение земель, позже вошедших в Тобольскую губернию, началось еще в конце XVI в. На протяжении длительного исторического периода этот процесс сопровождался созданием по-



Состав юга Тобольской губернии (конец XIX – начало XX в.)

Тобольский уезд (совр. Тобольский, Вагайский районы)

Тюменский уезд (совр. Тюменский, Ярковский, Нижнетавдинский районы)

Ишимский уезд (совр. Ишимский, Викуловский, Голышмановский, Казанский районы)

Тарский уезд (совр. Викуловский район)

Ялуторовский уезд (совр. Заводоуковский, Исетский, Омутинский, Упоровский, Юргинский районы)

Условные обозначения:

- Граница юга Тобольской губернии
- Граница уездов
- Реки
- Почтовые, торговые тракты
- ● Крупные населенные пункты

Рис. 1. Карта юга Тобольской губернии, конец XIX – начало XX в. (рисунок автора)

селений на пересечении крупных рек и трактов. Ввиду более благоприятного климата, заселялась преимущественно южная часть территории [2].

Первый сибирский город – Тюмень – основали в 1586 г. воеводы Василий Сукин и Иван Мясной. На месте старого татарского укрепления Чимги-Тура, на высоком мысу, огражденном ровом и омываемом реками Турой и Тюменкой, возвели русскую крепость – Тюменский городок. В 1587 г. на месте города Кашлыка на высоком берегу Иртыша был возведен Тобольск. Примерно в это же время, в конце XVI – начале XVII в., возникли и другие сибирские города: Пелым, Березов, Сургут, Томск и т. д. (рис. 2).

Первые города Сибири (Тюмень и Тобольск) изначально представляли собой сравнительно небольшие деревянные укрепления. Дальнейшее развитие Тобольской губернии продолжалось по первому пути в Сибирь – самой известной в XV–XVI вв. дороге от Соликамска по притоку Камы вверх по течению реки Вишеры, далее дорога развивалась через горный массив по рекам Лозьве и Тавде [3].

Заселение Тобольской губернии шло как «вольно народным», так и принудительным способами. Правительственная программа по пере-

селению в Сибирь действовала с конца XVI в. Причем кроме ссыльных преступных элементов в край переселялись военные чины и рабочие [4].

Если говорить о «вольно народном» заселении, то процесс освоения территорий Тобольской губернии можно разделить на четыре этапа.

Первый этап – экспедиционный – начался в XVI в. Русский народ осваивал территории с целью добычи пушнины, поэтому продвижение шло в тундровые, таежные лесотундровые районы, в места обитания пушных зверей. Данные места были заселены слабо, но несмотря на малочисленность русский народ проделал огромную работу по хозяйственному исследованию, создал сотни населенных пунктов за сравнительно небольшой исторический период (XVII – начало XVIII в.). Первые остроги формировались в пунктах расселения местных племен – поставщиков пушнины. Место для строительства определялось на пересечении наиболее важных для обороны речных путей, где одна речная система сближалась с другой [3]. Таким образом формировалась первая система обороны и торговли в Тобольской губернии.

Второй этап – оборонительный – охватывает период с XVII по XVIII в. Развитие городов



Фото с сайта <https://kp.rusneb.ru/item/reader/atlas-sibiri-semena-remezova>

Рис. 2. Карты городов: Сургут, Тюмень, Пелым, Березов, Тобольск

Сибири в первую очередь связано с централизованным укреплением и территориальным закреплением России на востоке. Поэтому сибирские города (Тюмень, Тобольск, Пелым, Березов, Сургут, Верхотурье и Томск) возникают как укрепленные опорные пункты. Дальнейшее развитие происходит с продвижением отрядов в районы Восточной Сибири к Оби, Енисею и к бассейну реки Лены [5]. При этом угроза набегов кочевников сохранялась вплоть до середины XVIII в. [6]. Для защиты приграничных зон местные вла-

сти с военными отрядами сформировали оборонительную сибирскую линию, что позволило русскому народу более активно заселять южные районы губернии.

Сибирская линия состояла из трех строившихся в разный промежуток времени частей: Иртышской (1745–1752 гг.), Тоболо-Ишимской (1752–1755 гг.) и Колывано-Кузнецкой (1747–1768 гг.). Общая протяженность оборонительной линии была внушительной. Она брала начало на правом берегу Тобола до Кузнецкой крепости,

далее на юго-восток до Усть-Каменогорской крепости и в северо-восточном направлении до Кузнецка.

Строительство Иртышской линии было связано с активизацией Китая, с нестабильной обстановкой в Казахских жузах и Джунгарии. К середине XVIII в. было принято решение увеличить плотность застройки, ввиду того, что было трудно и затратно для правительства охранять существующие форпосты из-за дальности расстояния между ними. Рядом с крепостями сосредотачивались многочисленные жилые поселения для организации торговли с соседними народами. По мнению С. Р. Муратовой, «строительство Иртышской линии сыграло прогрессивную роль в избавлении населения, живущего в верховьях Иртыша, от разбойничьих набегов кочевников и дальнейшем развитии производительных сил края» (рис. 3) [7].

Тоболо-Ишимская оборонительная линия была проложена между реками Иртыш, Тобол и Ишим. Ее выстроили взамен Ишимской линии, требовавшей больших усилий для обеспечения ввиду ее удаленности и изогнутости. Причиной создания новой оборонительной линии было увеличение населения и развитие хозяйственной деятельности в этом регионе. В общей сложности она включала более 60 укрепленных поселений, а по протяженности охватывала огромные пространства – более 1 000 верст (свыше 1 060 км). Впоследствии выясни-



Рис. 3. Иртышская укрепленная линия [7]

лось, что место ее сооружения выбрали неудачно, так как она проходила по болотам. На территории была нехватка воды, что привело к побегам военных людей. Позже стало понятно, что угрозы со стороны казахов больше нет, и рабочие люди могут безопасно осваивать эти земли (рис. 4).

Колывано-Кузнецкая, или Колывано-Воскресенская, линия была призвана оборонять местные заводы и рудники от набегов зенгорских калмыков. Основной задачей Колывано-Кузнецкой линии было решать с Китаем территориальные разногласия, касающиеся полезных ископаемых Алтая. Когда в 1750-е гг. плотность населения России стала выше, оборонительная линия перестала справляться со своей функцией, и было



Рис. 4. Ишимская и Тоболо-Ишимская укрепленные линии [7]

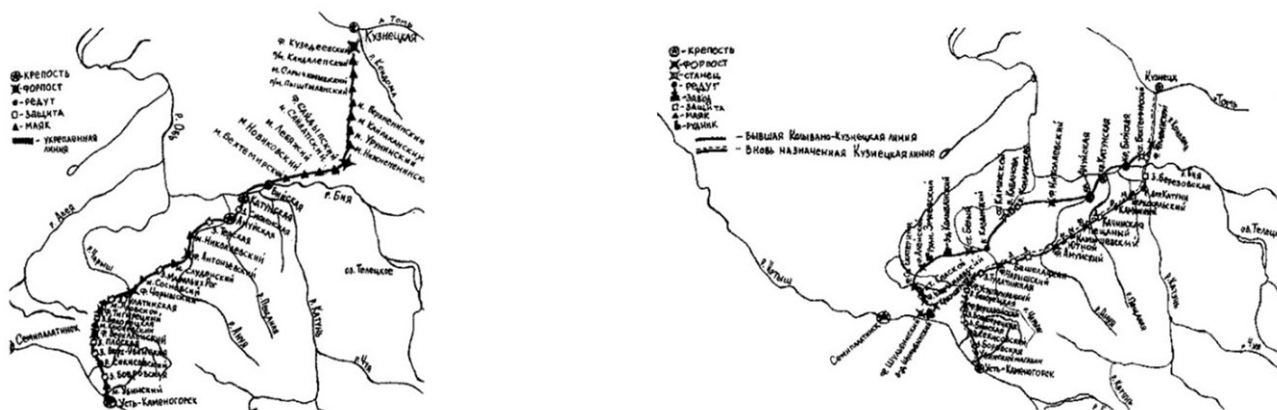


Рис. 5. Колывано-Кузнецкая линия [7]

принято решение о ее переносе с целью увеличения охраняемой территории (рис. 5).

Сибирская оборонительная линия активизировала возведение отдельных опорных пунктов (с военно-административными функциями), а также торговых центров, что способствовало привлечению новых поселенцев и активному строительству жилых поселений (рис. 6) [7]. На каждом этапе создания укрепленных линий уве-

личивалась численность населения. На некоторых территориях жители занимались рыболовством и выращиванием сельскохозяйственных культур, на других основной функцией стала добыча полезных ископаемых.

И если до начала XVIII в. торговля в основном осуществлялась с помощью водных путей (Оби, Енисея и Лены – трех «великих сибирских рек», которые имели первостепенное значение

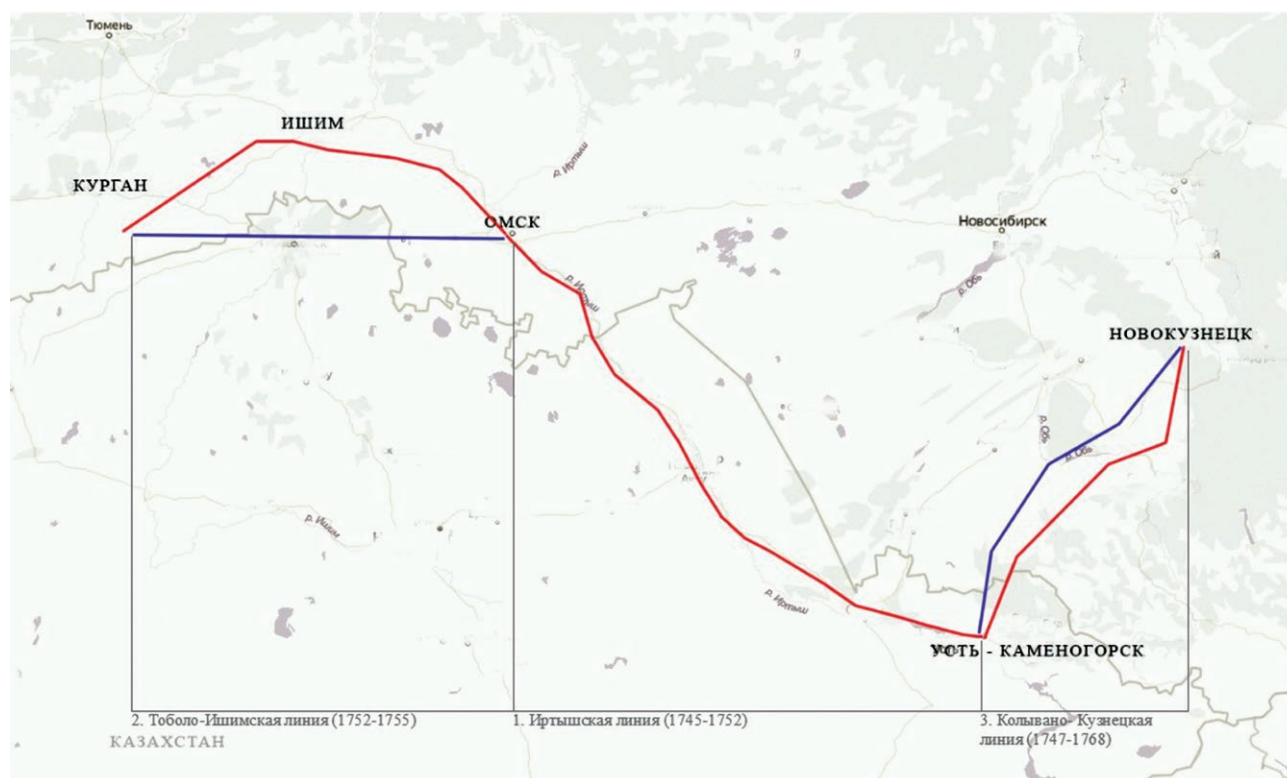


Рис. 6. Поэтапная схема формирования Сибирской линии (рисунок автора)

в процессе разведки и колонизации новых территорий [8]), то с укреплением границ и привлечением населения развивается хозяйственное направление освоения края.

Третий этап – торгово-хозяйственный – развивался практически одновременно со вторым, в период с XVII по XVIII в. Становление территории в XVII–XVIII вв. повлияло на необходимость трансформации торговых и почтовых трактов. Оборонительную функцию сменяет хозяйственная. В XVIII в. был проложен Московско-Сибирский тракт, он сыграл важную роль в процессе заселения Сибири. Кроме этого, южнее Московско-Сибирского проходил линейный тракт: он шел от Оренбурга до Омска, соединялся с Томском через Барнаул. Кроме сухопутных трактов, развивались и водные пути по Туре и Иртышу [5].

Организовывались не только крупные (по меркам того времени) города, но и мелкие поселения с постоянными дворами, шло формирование жилой застройки региона. Это было связано также с активным развитием промышленности в XVIII – начале XIX в., когда открывались первые фабрично-заводские сооружения [2]. Более того, на местном уровне учреждаются институты самоуправления (магистраты, ратуши и думы), и впервые проводятся выборы в их составы [9].

Важную роль играла заинтересованность правительства в развитии этого региона. Петр I считал Тобольск столицей Сибири, одним из стратегически выгодных опорных городов России, который сосредотачивал в себе духовную, политическую и административную власть. В 1697 г. разрабатывался план реконструкции города с целью превращения его в представительный центр региона. В начале XVIII в. проектируются и строятся первые каменные сооружения – Тобольская приказная палата и Гостиный двор. Каменными главным образом были государственные и общественные здания, жилые дома преимущественно строили из дерева [2].

Четвертый этап – капиталистический (конец XVIII – начало XX в.). К этому времени уже полностью сложилась система расселения в Сибири. С началом четвертого этапа заселения связано строительство Великого Сибирского пути

(рис. 7). Для этого периода характерно очаговое расселение на основных железнодорожных линиях [5]. С увеличением масштабов промышленных предприятий возрастает население и, соответственно, жилищный фонд.

Строительство Великого Сибирского пути, или Транссибирской железной дороги, началось в 1891 г. по указу Александра III. Его длина на участке от Миасса до Владивостока составляет около 7 тыс. км. Этот участок строился до 1916 г.

Город Тюмень в рассматриваемый период был одним из конечных пунктов водного пути в Сибирь и к моменту развития железной дороги потерял свое бывшее значение, а Тобольск и вовсе находился в упадке [10].

В целом население Сибири увеличилось в пять раз, было организовано более 30 новых городов. В том числе ключевую роль в формировании системы расселения играла сибирская деревня [8]. Именно поэтому стоит брать во внимание сельские поселения для представления более полной картины типологии исторической застройки Тобольской губернии.

Развитие железной дороги не сократило речные торговые сообщения, но даже значительно увеличило обороты пристаней. Характер товарообмена был тесно связан и с железной дорогой, и с водными пристанями, они практически сливались в один транспортный узел. Железнодорожные пути и сооружения заняли значительные участки набережных рек и таким городам, как Омск, Новониколаевск, Красноярск и Иркутск, нанесли значительный урон с композиционно-художественной точки зрения [8].

Строительство Великого Сибирского пути – одно из важнейших событий в истории освоения Сибири, оно повлияло на культурное и экономическое развитие региона. Жители с особым вниманием проектировали и строили железнодорожные станции, так как они являлись первыми сооружениями, которые видят люди по приезду в город, и, соответственно, должны производить надлежащее впечатление [6].

Отмена крепостного права в стране (1861 г.) способствовала развитию капиталистических отношений в крае, его культурному обогащению и

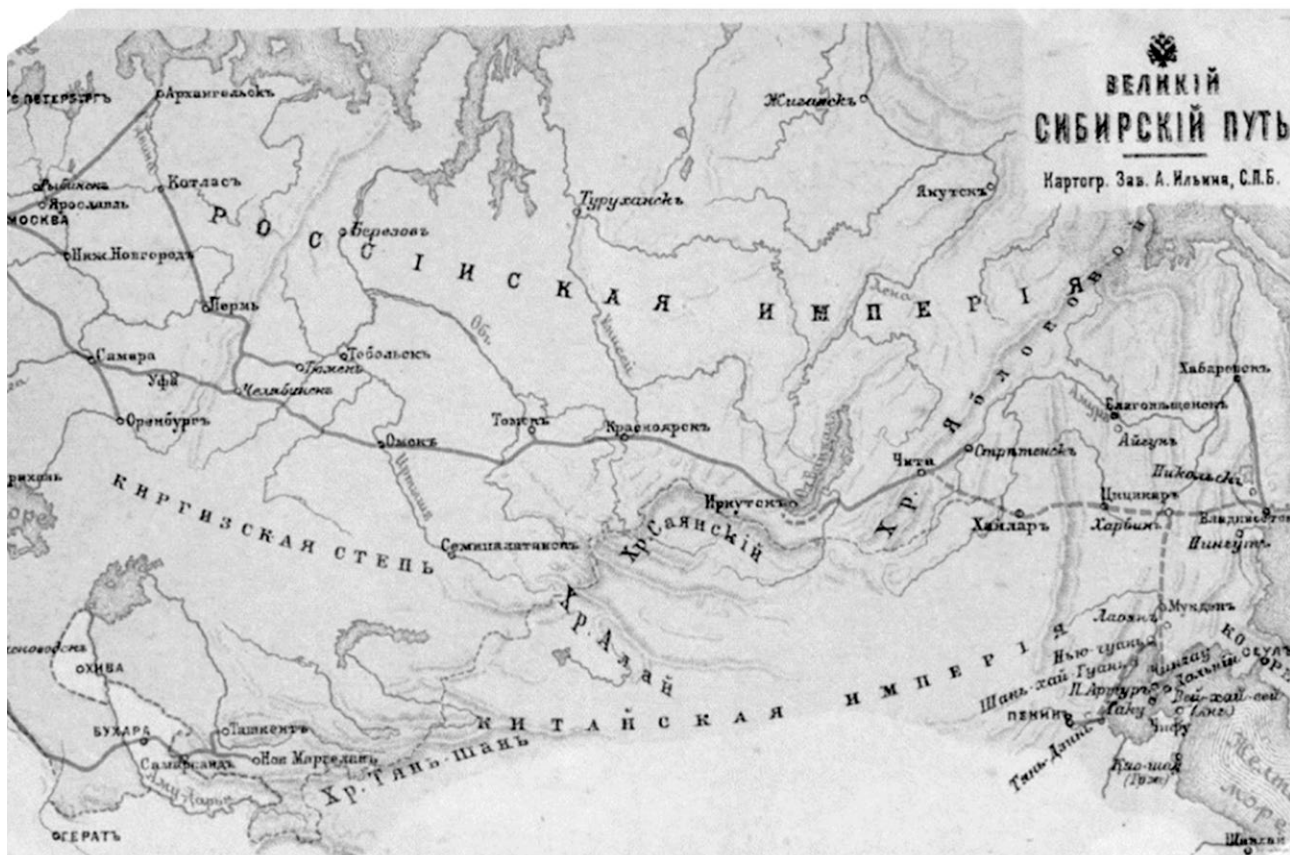


Рис. 7. Великий Сибирский путь

включению в общероссийский рынок. В южных территориях Тобольской губернии развивалось сельское хозяйство, также население все больше проявляло интерес к рыболовству, ремесленной промышленности и торговле [11].

Фабрично-заводские заведения сосредотачивались в основном в Тюмени и ее пригородной зоне. Производственные структуры играли роль градообразующих факторов в развитии города и близлежащих поселений [12]. К концу XIX в. город стал крупнейшим в Сибири промышленным и торговым центром с огромным количеством производственных предприятий разной направленности [13].

Структура промышленности края отличалась большим разнообразием, особое развитие получило кожевенное, кузнечное, чугунное дело, ткацкое ремесло. Общий уровень промышленного производства был низким, при этом переворот затронул лишь несколько отраслей. Большая часть спроса на промышленную продукцию была

от быстро увеличивающегося населения, которое занималось сельским хозяйством, и в большинстве случаев все равно удовлетворялась импортом из Европейской России [14].

Водный, а позднее железнодорожный транспорт достаточно активно вовлекли города Тобольской губернии в рыночные отношения. Первые паромные перевозки по линии Тюмень – Тобольск – Томск были выполнены в 1840–1850-х гг. В свою очередь, возведение железнодорожной ветки Екатеринбург – Тюмень, а позднее участка Транссибирской магистрали Челябинск – Курган – Омск (1896 г.) снизило стоимость и ускорило перевозку пассажиров и грузов, обеспечив ее непрерывность и включение экономики края в российский рынок. Среди товаров, ввозимых через Тюмень в Сибирь, были в основном машиностроительные изделия, затем мануфактурные изделия, кухонная утварь и т. п. [5].

Таким образом, экономическая ситуация благоприятно сказывалась на развитии про-

мышленности в Тобольской губернии, благодаря чему за 1880–1900-е гг. количество промышленных предприятий и объем производства выросли почти в два раза [14].

Развитие градостроительства

Во время первого этапа заселения Тобольской губернии селитебные территории выбирались вблизи рек, что объяснялось необходимостью доступа к питьевой воде. Второй этап был связан с созданием оборонительных укреплений. Во время третьего и четвертого этапов был

проведен ряд градостроительных мероприятий, выделены торговые, промышленные, казенные и общественные зоны, в том числе сформированы площади: гостинодворные, базарные, адмиралтейские, соборные и другие [15].

Однако провинциальные города еще долгое время оставались без градостроительного регулирования. Застройка была преимущественно деревянной, поэтому случались частые пожары, разрушавшие значительную часть зданий. Это подвигло правительство обратить внимание на



Рис. 8. Карта Ишимского округа Тобольской губернии, 1865 г.

проблему и обеспечить градостроительное регулирование не только в столичных городах. Таким образом, со второй половины XVIII – начала XIX в. градостроительный контроль появился и в сибирских городах [16].

К середине XIX в. в регионе почти полностью сформировалась система расселения, согласно которой около 93,5 % людей проживало в сельских поселениях и 6,5 % в городах. Сибиряки селились главным образом вблизи рек, озер и ключей. Такие поселения могли формироваться по одну или обе стороны реки, а также вдоль притоков. Жилые строения ориентировались преимущественно на главную дорогу, а огороды располагались ближе к водным объектам.

Вследствие развития почтовых и торговых трактов к концу XVII в. (во время третьего этапа освоения Тобольской губернии) появляются притрактовые поселения, где располагались постоянные дворы. Расстояние между ними не было случайным, оно равнялось приблизительно 15 верстам (16 км). На карте Ишимского округа четко видна система расположения таких поселений (рис. 8) [15].

Города Тюмень и Тобольск, основанные в первый период освоения Тобольской губернии, получили развитие в торгово-хозяйственном направлении: через них проходили основные почтовые и торговые тракты. Ишим и Ялуторовск,

сформировавшиеся в промежутке между третьим и четвертым этапами, первоначально выполняли именно оборонительную функцию.

Выводы

Исторические города юга Тобольской губернии – Тобольск, Тюмень, Ишим и Ялуторовск – относятся к приречному типу поселений, т. к. на этапе их возникновения они строились по берегам Иртыша, Туры, Ишима и Тобола. Жилая застройка в них формировалась в непосредственной близости от рек, сначала с одной стороны, а впоследствии с другой. Города «разрастались» все дальше от источника воды, чаще всего одна из сторон города относительно водоема развивалась больше. Далее, с развитием градостроительства, образовывались общественные площади: религиозные, торговые, административные и т. д.

С появлением Великого Сибирского пути функциональное значение городов меняется. Если раньше Тюмень была одним из торговых центров, то на момент строительства Транссибирской магистрали утратила свое бывшее значение, а Тобольск и вовсе оказался в упадке. Таким образом, торговые тракты отошли на второй план, и основное экономическое и торговое развитие получили другие города Сибири: Омск, Николаевск, Красноярск и Иркутск.

Библиографический список

1. Тобольская губерния. – Текст : электронный // Большая российская энциклопедия : сайт. – URL: https://bigenc.ru/domestic_history/text/4194589 (дата обращения: 01.10.2022).
2. Оглы, Б. И. Формирование центров крупных сибирских городов. Градостроительные и социально-культурные аспекты / Б. И. Оглы. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета, 1999. – 167 с. – Текст : непосредственный. – ISBN 5-7615-0474-X.
3. Градостроительство Сибири / В. Т. Горбачев, Н. Н. Крадин, Н. П. Крадин [и др.]. – Санкт-Петербург : Коло, 2011. – 784 с. – Текст : непосредственный. – ISBN 978-5-901841-83-9.
4. Тобольская Губерния. Список населенных мест по сведениям 1868–1869 годов / под ред. В. Зверинского. – Санкт-Петербург : Центральный статистический комитет министерства внутренних дел, 1871. – 472 с. – Текст : непосредственный.
5. Оглы, Б. И. Строительство городов Сибири / Б. И. Оглы. – Ленинград : Стройиздат : Ленингр. отделение, 1980. – 272 с. – Текст : непосредственный.
6. Буцинский, П. Н. Заселение Сибири и быт ее первых насельников / П. Н. Буцинский. – Тюмень : Издательство Ю. Мандрики, 1999. – 328 с. – Текст : непосредственный.

7. Муратова, С. Р. Сибирские укрепленные линии XVIII века : специальность 07.00.02 «Отечественная история» : диссертация на соискание ученой степени кандидата исторических наук / С. Р. Муратова. – Уфа, 2007. – 241 с. – Текст : непосредственный.
8. Журин, Н. П. Градостроительство в Сибири второй половины XIX – начала XX веков / Н. П. Журин. – Новосибирск : Темплан, 2000. – 108 с. – Текст : непосредственный.
9. Храмцов, А. Б. Особенности формирования системы местного самоуправления в сибирском регионе по городской реформе 1785 года (на примере г. Тюмени) / А. Б. Храмцов. – Текст : непосредственный // Муниципальная служба: правовые вопросы. – 2020. – № 2. – С. 28–32.
10. Ситникова, Е. В. Архитектурный облик старинного сибирского города Тобольска / Е. В. Ситникова. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 4. – С. 100–114.
11. Отмена крепостного права и развитие промышленного капитализма в России. Появление современного промышленного пролетариата. Первые шаги рабочего движения. – Текст : электронный // ВикиЧтение: сайт. – URL: <https://history.wikireading.ru/319540> (дата обращения: 01.10.2022).
12. Промышленность города Тюмени – история развития. – Текст : электронный // Вся Тюмень : сайт. – URL: http://www.alltyumen.ru/promishlannost_tyumeni.shtml (дата обращения: 01.10.2022).
13. Очерки истории Тюменской области / Отв. ред. В. М. Кружинов. – Тюмень, 1994. – 272 с. – Текст : непосредственный.
14. Сенникова, Е. А. Промышленные сооружения конца XIX – начала XX вв. в г. Тюмени / Е. А. Сенникова, С. Н. Лесков, Е. И. Волюнец. – Текст : непосредственный // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития : материалы международной научно-практической конференции, Тюмень, 05 июня 2020 года. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. – Т. 1. – С. 405–411.
15. Залесов, В. Г. Деревянная застройка городов Сибири в строительном законодательстве России в XIX – начале XX в. / В. Г. Залесов. – Текст : непосредственный // Баландинские чтения. – 2014. – Т. 9. – № 2. – С. 189–195.
16. Карелин, Д. В. Деревянное и каменное жилое домостроительство Западной Сибири (вторая половина XVIII – начало XX веков) : специальность 18.00.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Д. В. Карелин. – Текст : непосредственный. – Новосибирск, 2006. – 190 с.

References

1. Tobol'skaya guberniya. Bol'shaya rossiyskaya entsiklopediya. (In Russian). Available at: https://bigenc.ru/domestic_history/text/4194589 (accessed 01.10.2022).
2. Ogly, B. I. (1999). Formirovanie tsentrov krupnykh sibirskikh gorodov. Gradostroitel'nye i sotsial'no-kul'turnye aspekty. Novosibirsk, Izdatel'stvo Novosibirskogo universiteta Publ., 167 p. (In Russian).
3. Gorbachov, V. T., Kradin, N. P., Krushilinskiy, V. I., Stepan'skaya, T. M. & Tsaryov, V. I. (2011). Gradostroitel'stvo Sibiri. Saint Petersburg, Kolo Publ., 784 p. (In Russian).
4. Zverinskiy, V. (eds.). (1871). Tobol'skaya Guberniya. Spisok naselennykh mest po svedeniyam 1868–1869 godov. Saint Petersburg : Tsentral'nyy statisticheskiy komitet ministerstva vnutrennikh del Publ., 472 p. (In Russian).
5. Ogly, B. I. (1980). Stroitel'stvo gorodov Sibiri. Leningrad, Stroyizdat Publ., 272 p. (In Russian).
6. Butinskiy, P. N. (1999). Zaselenie Sibiri i byt ee pervykh nasel'nikov. Tyumen, Izdatel'stvo Yu. Mandriki Publ., 328 p. (In Russian).

-
7. Muratova, S. R. (2007). Sibirskie ukreplennye linii XVIII veka : spetsial'nost' 07.00.02 "Otechestvennaya istoriya" : dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata istoricheskikh nauk. Ufa, 241 p. (In Russian).
 8. Zhurin, N. P. (2000). Gradostroitel'stvo v Sibiri vtoroy poloviny XIX – nachala XX vekov. Novosibirsk, Templan Publ., 108 p. (In Russian).
 9. Khramtsov, A. B. (2020). Peculiarities of the establishment of a local self-government system in the Siberian region based on the urban reform of 1785 (on the example of Tyumen). Munitsipal'naya sluzhba: pravovye voprosy, (2), pp. 28-32. (In Russian).
 10. Sitnikova, E. V. (2013). Architectural style of Tobolsk, the ancient Siberian city. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta, (4), pp. 100-114. (In Russian).
 11. Otmena krepostnogo prava i razvitie promyshlennogo kapitalizma v Rossii. Poyavlenie sovremennogo promyshlennogo proletariata. Pervye shagi rabochego dvizheniya. (In Russian). Available at: <https://history.wikireading.ru/319540> (accessed 01.10.2022).
 12. Promyshlennost' goroda Tyumeni – istoriya razvitiya. (In Russian). URL: http://www.alltyumen.ru/promishlannost_tyumeni.shtml (accessed 01.10.2022).
 13. Kruzhinov, V. M. (eds.). (1994). Ocherki istorii Tyumenskoy oblasti. Tyumen, 272 p. (In Russian).
 14. Sennikova, E. A., Leskov, S. N., & Volynets, E. I. (2020). Promyshlennye sooruzheniya kontsa XIX – nachala XX vv. v g. Tyumeni. Arkhitektura i arkhitekturnaya sreda: voprosy istoricheskogo i sovremennogo razvitiya : materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Tyumen, June, 05. Tyumen, Industrial University of Tyumen, 1, pp. 405-411. (In Russian).
 15. Zalesov, V. G. (2014). Development of wooden architecture in Siberian cities in view of Russian building law in the XIX – the early XX centuries. Balandinskie chteniya, 9(2), pp. 189-195. (In Russian).
 16. Karelin, D. V. (2006). Derevyannoe i kamennoe zhiloe domostroitel'stvo Zapadnoy Sibiri (vtoraya polovina XVIII - nachalo XX vekov) : spetsial'nost' 18.00.01 : dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata arkhitektury. Novosibirsk, 190 p. (In Russian).

Сведения об авторе

Волынец Екатерина Игоревна, старший преподаватель кафедры дизайна архитектурной среды, Тюменский индустриальный университет, e-mail: volynetsei@tyuiu.ru

Information about the author

Ekaterina I. Volynets, Senior Lecturer at the Department of Architectural Environment Design, Industrial University of Tyumen, e-mail: volynetsei@tyuiu.ru

АЛГОРИТМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ СОЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ю. В. Зазуля, О. В. Ашихмин, Д. С. Баянов
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

ALGORITHMS FOR PRELIMINARY EVALUATION OF THE TECHNICAL STATE OF SOCIAL BUILDINGS

Yurij V. Zazulya, Oleg V. Ashikhmin, Dmitry S. Bayanov
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. В статье представлен рациональный подход к предварительной оценке технического состояния конструктивных элементов зданий социального назначения на примере детских садов и школ города Тюмени с учетом даты строительства, характеристик конструкций и возможностью выбора эффективных способов проведения ремонтных работ. Выявлена зависимость обнаруженных повреждений от типа конструктивных элементов и года постройки здания. Приведена рациональная последовательность действий для оценки технического состояния конструкций зданий с указанием рекомендаций по их устранению.

Abstract. The article presents an algorithm for the preliminary evaluation of the technical condition of structural elements of social buildings (on the example of kindergartens and schools in Tyumen), taking into account the date of construction, the characteristics of structures and the possibility of choosing the effective methods of repair. The correlation between the detected damages and the type of structural elements as well as the year of building construction was revealed. A rational sequence of actions to evaluate the technical state of the structures of buildings with recommendations for their elimination has been proposed.

Ключевые слова: анализ, ремонт, техническое состояние, дефекты, устранение повреждений

Key words: analysis, repair, technical state, defects, damage repair

Для цитирования: Зазуля, Ю. В. Алгоритмы предварительной оценки технического состояния зданий социального назначения / Ю. В. Зазуля, О. В. Ашихмин, Д. С. Баянов. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-28-35. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 28–35.

For citation: Zazulya, Yu. V., Ashikhmin, O. V., & Bayanov, D. S. (2022). Algorithms for preliminary evaluation of the technical state of social buildings. Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 28–35. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-28-35.

Введение

Качественные характеристики зданий, сооружений и конструктивных элементов на протяжении их жизненного цикла постепенно ухудшаются. Данные изменения происходят вследствие совокупного воздействия многих факторов. Наиболее значимые из них: дополнительное напряжение, вызывающее в материале микротрещины; нарушение однородности материалов; разрушение структуры и неравномерные деформации материала вследствие больших перепадов температур, а также циклов замораживания и оттаивания; загнивание древесины; химическое влияние солей и кислот; коррозия металла и многие другие. Возникновение и интенсивность этих процессов зависят от таких факторов, как: качество эксплуатации, агрессивность среды эксплуатации, качество и периодичность проведения строительно-монтажных и ремонтных работ. Они напрямую влияют на долговечность здания [1–7].

Таким образом, появляется необходимость в разработке рационального подхода к системе оценок технического состояния конструктивных элементов зданий на основе специально разработанных каталогов типовых дефектов и повреждений конструктивных элементов с указанием рекомендаций по их устранению в зависимости от принадлежности к определенной группе, позволяющей на начальном этапе оперативно, без глубокого погружения и специальной профильной подготовки сформировать перечень необходимых видов ремонтных работ, оценить их объем и стоимость.

Объект и методы исследования

В условиях активного развития городов и увеличения численности населения нередко возникает необходимость обеспечения доступной и безопасной эксплуатации «возрастных» зданий образовательных учреждений для детей школьного и дошкольного возрастов. Городская застройка довольно плотная, поэтому часто отсутствует возможность возводить новые объекты сферы просвещения для обеспечения нужд граждан. Данная ситуация заставляет обратить

внимание на эксплуатационную пригодность уже существующих зданий детских садов и школ города.

Объект исследования – техническое состояние конструктивных элементов зданий детских садов и школ города Тюмени.

Методы исследования базируются на формировании рационального подхода к фиксации и описанию текущего состояния строительных конструкций обследуемых зданий. В ходе исследований проводились сравнения дефектов и повреждений строительных элементов с выявлением закономерностей, категорирование полученных данных, анализ возможных методов восстановления эксплуатационных характеристик конструктивных элементов, а также систематизация результатов и разработка пошаговой инструкции применения эффективных способов оценки технического состояния зданий социального назначения.

Результаты

Анализ зданий действующих образовательных учреждений города позволил понять, что часть из них введена в эксплуатацию еще в семидесятые годы прошлого столетия. Текущее состояние многих из них не позволяет гарантировать безопасную эксплуатацию зданий. Выходом из создавшейся ситуации является проведение мониторинга технического состояния объектов с последующим выполнением ремонтно-восстановительных работ. Это позволит обеспечить дальнейшее использование объектов по функциональному назначению с возможностью прогнозирования сроков службы нормальной эксплуатации.

Для определения технического состояния зданий школ и детских садов города Тюмени было рассмотрено текущее состояние их отдельных конструктивных элементов. Были проанализированы результаты обследований ряда типовых кирпичных зданий действующих учреждений школьного и дошкольного образования с периодом ввода в эксплуатацию с 1968 по 1990 год. Перечень объектов и общие сведения о них приведены в таблице 1.

Таблица 1

Общие сведения об анализируемых объектах

Наименование объекта	Адрес расположения объекта	Год постройки (ввода в эксплуатацию)
МАОУ гимназия № 12	г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, д. 41	1968
МАОУ д/с № 78	г. Тюмень, ул. Самарцева, д. 38а	1986
МАОУ д/с № 132	г. Тюмень, ул. 30 лет Победы, д. 120	1981
МАОУ д/с № 121	г. Тюмень, ул. 70 лет Октября, д. 10	1980
МАОУ д/с № 1	г. Тюмень, ул. Ямская, д. 94а	1976
МАОУ д/с № 146	г. Тюмень, ул. Моторостроителей, д. 3	1984
МАОУ СОШ № 17	г. Тюмень, ул. Геологоразведчиков, д. 39	1972
МАОУ СОШ № 63	г. Тюмень, ул. Моторостроителей, д. 6/2	1990
МАОУ СОШ № 41	г. Тюмень, ул. Воровского, д. 11а	1979
МАОУ СОШ № 51	г. Тюмень, с. Утешево, ул. Школьная, д. 9а	1990

В зависимости от периода ввода зданий в эксплуатацию их можно объединить в несколько категорий, что отражено в таблице 2.

Таблица 2

Категорирование объектов по периоду ввода в эксплуатацию

Категория	Период ввода в эксплуатацию, гг.
I	1961–1970
II	1971–1980
III	1981–1990

В ходе изучения существующих отчетов о проведении обследований зданий, непосредственного визуального обследования полученные сведения по отдельным строительным конструкциям и по всему зданию были проанализированы и сведены в таблицу 3. Описание технического состояния каждого объекта исследования и его конструктивных элементов производилось в соответствии с нормативным документом¹. Более подробно результаты сравнительного анализа и основные источники приведены в предыдущих работах [6–7].

Таблица 3

Техническое состояние отдельных конструктивных элементов здания

Наименование объекта	Техническое состояние конструктивных элементов			
	Фундаменты	Стены наружные/внутренние	Перекрытия/покрытия	Крыши/кровля
МАОУ гимназия № 12	Ограниченно работоспособное	Ограниченно работоспособное	Работоспособное	Работоспособное
МАОУ д/с № 78	Ограниченно работоспособное	Ограниченно работоспособное	Ограниченно работоспособное	Ограниченно работоспособное

¹ Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений : СП 13-102-2003 : принят и рекомендован к применению постановлением Госстроя России от 21 августа 2003 г. № 153. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200034118?section=text> (дата обращения: 05.10.2022).

Наименование объекта	Техническое состояние конструктивных элементов			
	Фундаменты	Стены наружные/внутренние	Перекрытия/покрытия	Крыши/кровля
МАДОУ д/с № 132	Работоспособное	Ограниченно работоспособное	Ограниченно работоспособное	Работоспособное
МАДОУ д/с № 121	Работоспособное	Ограниченно работоспособное	Ограниченно работоспособное	Работоспособное
МАДОУ д/с № 1	Работоспособное	Ограниченно работоспособное	Ограниченно работоспособное	Работоспособное
МАДОУ д/с № 146	Работоспособное	Ограниченно работоспособное	Работоспособное	Работоспособное
МАОУ СОШ № 17	Работоспособное	Ограниченно работоспособное	Работоспособное	Ограниченно работоспособное
МАОУ СОШ № 63	Работоспособное	Работоспособное	Работоспособное	Работоспособное
МАОУ СОШ № 41	Работоспособное	Работоспособное	Работоспособное	Аварийное
МАОУ СОШ № 51	Ограниченно работоспособное	Ограниченно работоспособное	Ограниченно работоспособное	Ограниченно работоспособное

В ходе анализа повреждений и дефектов строительных элементов рассматриваемых объектов были выявлены закономерности зависимости характера дефектов от материала конструкций и года постройки здания. Среди рассмотренных зданий в ограниченно работоспособном состоянии находится большинство, что составляет 85 %. Значительно реже (10 %) техническое состояние всего здания относится к категории работоспособного. Остальные 5 % приходятся на категорию аварийного состояния.

Обнаружение повреждений и дефектов строительных конструкций подчеркивает необходимость восстановления эксплуатационных характеристик конструктивных элементов здания.

Возвращения объекту статуса работоспособного можно добиться путем проведения ремонтно-восстановительных работ, которые были бы нацелены на обеспечение возможности использования конструкций без угрозы разрушений и сохранение безопасной эксплуатации [8, 9].

Исходя из выявленных дефектов зданий, предназначенных для обеспечения граждан образовательными услугами, предложены способы устранения повреждений (таблица 4) на основании возможной приоритетности реализации ремонтных работ в условиях стесненной городской застройки и в зависимости от состояния конструкций, в которых обнаружены соответствующие повреждения.

Таблица 4

Основные способы устранения повреждений конструкций зданий

Дефект/повреждение	Рекомендуемый способ устранения повреждений/дефектов
Фундамент	
Трещины блоков ФБС	Инъектирование трещин
Нарушение герметичности примыкания отмостки к цоколю	Заделка примыкания раствором с герметизацией (гидроизоляцией)
Частичное/полное разрушение отмостки	Ремонт/устройство бетонной отмостки

Дефект/повреждение	Рекомендуемый способ устранения повреждений/дефектов
Следы интенсивного увлажнения	Зачистка, просушка поверхности с пропиткой раствором (проникающая гидроизоляция)
Отсутствие гидроизоляции	Устройство гидроизоляции
Разрушение части ростверка	Восстановление разрушенных участков
Уровень грунтовой воды выше уровня пола в подвале	Устройство гидроизоляции пола
Оголение арматуры	Зачистка поверхности с нанесением антикоррозионного покрытия
Разрушение защитного слоя бетона	Восстановление защитного слоя бетона (торкретирование)
Стены	
Трещины различных направлений в кладке	Инъектирование трещин
Следы интенсивного увлажнения	Зачистка, просушка поверхности с пропиткой раствором (проникающая гидроизоляция)
Локальные участки мха на поверхности	Зачистка поверхности с нанесением антисептического покрытия
Следы деструкции кладки с выщелачиванием раствора	Локальный перебор кирпичной кладки
Выпирание наружной версты кладки фасадов	Локальный перебор кирпичной кладки
Участки промораживания кладки	Локальный перебор кирпичной кладки
Выгиб наружной версты кирпичной кладки	Локальный перебор кирпичной кладки
Отслоение кирпичной кладки	Усиление кладки
Несоответствие современным нормам строительной теплотехники	Утепление фасадов
Перекрытия и покрытия	
Разрушение защитного слоя бетона	Восстановление защитного слоя бетона методом торкретирования
Коррозия арматуры	Зачистка поверхности с нанесением антикоррозионного покрытия
Частичное разрушение бетона	Восстановление разрушенных участков
Оголение арматуры	Зачистка поверхности с нанесением антикоррозионного покрытия
Трещины различных направлений	Инъектирование трещин
Высолы на поверхности (коррозия бетона)	Очищение от налета и просушивание
Кровля	
Водонасыщение утеплителя	Устройство продухов
Частичная неспособность элементов стропильной системы выдерживать все виды нагрузок	Усиление конструктивных элементов
Частичное разрушение материала покрытия	Восстановление разрушенных участков
Продольные трещины элементов	Усиление конструктивных элементов
Биологическое поражение (плесень), следы гнили на деревянных элементах	Зачистка, частичная замена элементов с покрытием антисептическим раствором
Перегрузка стропильных ног	Усиление конструктивных элементов

Приведение полученных данных к типовым дефектам и повреждениям конструктивных элементов зданий с указанием рекомендаций по их устранению позволяет на начальном этапе оперативно сформировать объемы и комплексный перечень необходимых видов ремонтных работ. На основании данных решений сформирован алгоритм предварительной оценки технического состояния здания и его конструктивных элементов. Предлагаемая последовательность действий:

1. Сбор исходных данных по объекту (сохраняющаяся документация, история проведенных ремонтов, визуальный осмотр).
2. Фиксация даты ввода в эксплуатацию.
3. Установление фактических технических характеристик конструктивных элементов здания.
4. Формирование ведомостей дефектов и повреждений.
5. Выбор методов проведения ремонтных работ для восстановления эксплуатационных характеристик здания.
6. Предварительный расчет сметной стоимости проведения ремонтных работ.

При пошаговом выполнении предложенных рекомендаций оценки технического состояния зданий удастся получить достаточные сведения даже лицам без профильного образования. По итогу реализации предлагаемого алгоритма выходными данными являются: перечень возможных дефектов конструктивных элементов, рекомендуемые методы их устранения и ориентировочная сметная стоимость выполнения планируемых ремонтных работ.

Выводы

В ходе проведенных исследований с целью определения показателей остаточного ресурса предложены факторы оценки эксплуатационного износа конструктивных элементов зданий.

Проведенный анализ данных технического состояния типовых зданий детских садов и школ города Тюмени, предложенные алгоритмы оценки и способы производства ремонтных работ дают возможность рационально распределить ресурсы при проведении ремонтно-строительных работ, что позволяет получить экономический эффект без влияния на продолжительность сроков службы конструкций и без снижения эксплуатационных качеств ремонтируемого объекта.

На данный момент реализация предложенных мероприятий ограничена функциональным назначением зданий, регионом размещения, эксплуатационным сроком зданий и другими факторами, описанными в работе [10]. Основные результаты исследований опубликованы в сборниках конференций [6–7].

Дальнейшее развитие данного направления позволит расширить спектр применения предлагаемых алгоритмов путем разработки справочных материалов для определения предварительного перечня и стоимости ремонтных работ на основе данных предварительной оценки технического состояния и технического паспорта объекта. Анализ подходов к определению стоимости и эффективности капитальных ремонтов жилых зданий по аналогичным алгоритмам рассмотрен в [1–2].

Библиографический список

1. Галиханов, Р. Д. Общие аспекты реализации капитальных ремонтов жилых домов / Р. Д. Галиханов. – Текст : непосредственный // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки : сборник статей по материалам СХ студенческой международной научно-практической конференции, Новосибирск, 10 февраля 2022 года. Том 2 (109). – Новосибирск : Сибирская академическая книга, 2022. – С. 21–25.
2. Галиханов, Р. Д. Анализ основных подходов к определению стоимости и эффективности капитальных ремонтов жилых зданий / Р. Д. Галиханов. – Текст : непосредственный // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки : сборник статей по материалам СХ студенческой международной научно-практической конференции, Новосибирск, 10 февраля 2022 года. Том 2 (109). – Новосибирск : Сибирская академическая книга, 2022. – С. 26–32.

3. Гудкова, В. С. Влияние своевременного технического обслуживания на долговечность здания / В. С. Гудкова, Н. Я. Кузин, Ю. О. Смирнова. – Текст : непосредственный // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 2. – № 1. – С. 170–172.
4. Варламов, А. А. Оценка сроков ремонта и долговечности зданий и конструкций / А. А. Варламов. – Текст : непосредственный // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. – 2016. – № 1. – С. 153–158.
5. Абакумов, Р. Г. Вопросы долговечности зданий и сооружений / Р. Г. Абакумов, А. Е. Тартыгина. – Текст : непосредственный // Строитель Донбасса. – 2019. – № 2 (7). – С. 53–57.
6. Мухина, О. В. Оценка технического состояния зданий на основе проведения обследования / О. В. Мухина. – Текст : непосредственный // Теоретические и практические основы технологических процессов : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Уфа, 15 мая 2020 года. – Уфа: Аэтерна, 2020. – С. 45–49.
7. Мухина, О. В. Комплексный подход управления капитальным ремонтом общественных зданий / О. В. Мухина. – Текст : непосредственный // Новое слово в науке: стратегии развития : сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 30 декабря 2020 года. – Чебоксары : Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2020. – С. 103–106.
8. Имамутдинова, Е. И. Подходы к планированию и выбору технологии работ при реконструкции и ремонтно-восстановительных работах на объектах недвижимости / Е. И. Имамутдинова, В. Н. Горбунов. – Текст : непосредственный // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 2-2(46). – С. 63–67.
9. Лебедев, В. М. Технология ремонтных работ зданий и их инженерных систем / В. М. Лебедев. – Москва : Научно-издательский центр Инфра-М, 2022. – 210 с. – (Серия : Высшее образование: Магистратура). – ISBN 978-5-16-013563-2. – DOI 10.12737/943589. – Текст : непосредственный.
10. Кловский, А. В. Оценка целесообразности выполнения ремонтно-восстановительных работ на объекте с учетом физического износа его строительных конструкций / А. В. Кловский, О. В. Марева // Сборник статей по материалам конференции РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, Москва, 02–04 декабря 2020 года. – Выпуск 293. – Часть I. – Москва : РГАУ, 2021. – С. 170–173.

References

1. Galikhanov, R. D. (2022). General aspects of the implementation of major repairs of residential buildings. Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Tekhnicheskie nauki: sbornik statey po materialam CX studencheskoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Novosibirsk, February, 10. Novosibirsk, Sibirskaya akademicheskaya kniga Publ., (2(109)), pp. 21-25. (In Russian).
2. Galikhanov, R. D. (2022). Analysis of the main approaches to determining the cost and efficiency of capital repairs of residential buildings. Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Tekhnicheskie nauki: sbornik statey po materialam CX studencheskoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Novosibirsk, February, 10. Novosibirsk, Sibirskaya akademicheskaya kniga Publ., (2(109)), pp. 26-32. (In Russian).
3. Gudkova, V. S., Kuzin, N. Ya., & Smirnova, Yu. O. (2017). Vliyanie svoevremennogo tekhnicheskogo obsluzhivaniya na dolgovechnost' zdaniya. Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya, 2(1), pp. 170-172. (In Russian).
4. Varlamov, A. A. (2016). Otsenka srokov remonta i dolgovechnosti zdaniy i konstruktsiy. The safety of the construction fund of Russia. Problems and solutions, (1), pp. 153-158. (In Russian).
5. Abakumov, R. G., & Tartygina, A. E. (2019). Issues of durability of buildings and structures. The Donbas constructor, (2(7)), pp. 53-57. (In Russian).

-
6. Muhina, O. V. (2020). Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy na osnove provedeniya obsledovaniya. Teoreticheskie i prakticheskie osnovy tekhnologicheskikh protsessov : Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ufa, May, 15. Ufa, Aeterna Publ., pp. 45-49. (In Russian).
 7. Muhina, O. V. (2020). Kompleksnyy podkhod upravleniya kapital'nym remontom obshchestvennykh zdaniy. Novoe slovo v nauke: strategii razvitiya: sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Cheboksary, December, 30. Cheboksary, Scientific Cooperation Center "Interactive plus" Publ., pp. 103-106. (In Russian).
 8. Imamutdinova, E. I., & Gorbunov, V. N. (2015). Approaches to planning and the choice of technology jobs in the reconstruction and repair work on real property. Modern scientific researches and innovations, (2-2(46)), pp. 63-67. (In Russian).
 9. Lebedev, V. M. (2022). Technology of repair works of buildings and their engineering systems. Moscow, Infra-M Publ., 210 p. (In Russian). DOI 10.12737/943589.
 10. Klovskiy, A. V. (2021). Otsenka tselesoobraznosti vypolneniya remontno-vosstanovitel'nykh rabot na ob"ekte s uchetom fizicheskogo iznosa ego stroitel'nykh konstruktsiy. Sbornik statey po materialam konferentsii RGAU – MSKhA im. K. A. Timiryazeva, Moscow, December, 02-04. Moscow, RGAU Publ., 1(293), pp. 170-173. (In Russian).

Сведения об авторах

Зазуля Юрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент, проректор по экономике и финансам, Тюменский индустриальный университет, e-mail: zazuljajv@tyuiu.ru

Ашихмин Олег Викторович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой строительного производства, Тюменский индустриальный университет, e-mail: ashihminov@tyuiu.ru

Баянов Дмитрий Сергеевич, старший преподаватель кафедры строительного производства, Тюменский индустриальный университет, e-mail: bajanovds@tyuiu.ru

Information about the authors

Yurij V. Zazulya, Candidate in Engineering, Vice-Rector for Economics and Finance, Industrial University of Tyumen, e-mail: zazuljajv@tyuiu.ru

Oleg V. Ashikhmin, Candidate in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Building Production, Industrial University of Tyumen, e-mail: ashihminov@tyuiu.ru

Dmitry S. Bayanov, Senior Lecturer at the Department of Building Production, Industrial University of Tyumen, e-mail: bajanovds@tyuiu.ru

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ОБЛЕГЧЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ С КОМБИНИРОВАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

А. Х. Шарифов

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

ANALYSIS OF EXPERIMENTAL DATA OF LIGHTWEIGHT ARMoured CONCRETE SLABS WITH COMBINED REINFORCEMENT

Abubakr Kh. Sharifov

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Аннотация. Анализируются результаты экспериментальных исследований образцов прямоугольных плит, работающих в двух направлениях при опирании их по углам. Образцы выполнены из различных материалов: тяжелого монолитного бетона, сборных блоков из легкого бетона, металлической и композитной арматуры. Комбинированное армирование снижает массу образцов и придает конструкции новые свойства при эксплуатации, которые обусловлены различными комбинациями материалов, их рациональным размещением и особенностями физико-механических характеристик. Анализ результатов (показателей прочности, трещиностойкости, деформативности, схем разрушения) производился путем сравнения видов армирования, его количества, а также изменения прочности тяжелого бетона. Получены следующие данные: при частичной замене металлической арматуры в средней зоне плит композитной арматурой незначительно снижается прочность, уменьшается жесткость и

Abstract. The paper analyses the results of experimental studies of samples of rectangular plates working in two directions while resting them in the corners. The specimens combine with different materials: heavy monolithic concrete, prefabricated blocks of lightweight concrete, metal and composite reinforcement. The combined reinforcement allows to reduce weight of the specimens and gives new properties for structure during the operation. These properties are caused by different combinations of materials, their rational placement and peculiarities of physical and mechanical characteristics. Analysis of the results (indicators of strength, cracking resistance, deformability, schemes of fracture) was carried out by comparing the types of reinforcement, its amount, as well as changes in the strength of heavy concrete. It has been found that partial swap metal reinforcement (in the middle zone of slabs) for the composite reinforcement slightly reduces the strength, decreases rigidity and cracking resistance, and changes the mechanism of specimen failure.

трещиностойкость а также меняется механизм разрушения образцов. Полученные результаты позволяют утверждать, что комбинированная конструкция является перспективной, т. к. снижается масса, увеличивается сопротивляемость коррозионным и динамическим воздействиям, при этом обеспечивается надежность конструкции по несущей способности и жесткости.

Ключевые слова: облегченная плита, комбинированное армирование, композитная арматура, анализ, результаты исследования

This paper has clearly shown that the combined structure is promising due to reducing the weight, increasing the resistance to corrosive and dynamic impacts while ensuring reliability of construction in bearing capacity and rigidity.

Key words: lightweight slab, combined reinforcement, composite reinforcement, analysis, research results

Для цитирования: Шарифов, А. Х. Анализ экспериментальных данных облегченных железобетонных плит с комбинированным армированием / А. Х. Шарифов. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-36-45. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 36–45.

For citation: Sharifov, A. Kh. (2022). Analysis of experimental data of lightweight armoured concrete slabs with combined reinforcement. Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 36-45. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-36-45.

Введение

Применение комбинированного армирования и использование облегченных конструкций в современном строительстве является известным и перспективным направлением [1, 2].

Использование композитной арматуры при комбинированном армировании подразумевает замену традиционной стальной арматуры на арматуру из стеклопластика или других видов композитных материалов. Это особенно актуально в агрессивных средах, где стеклопластик по сравнению со стальной арматурой может обеспечить лучшие долговременные характеристики [3–6]. Конструкции с использованием облегченных плит уже доказали свою перспективность в современном строительстве [7–9].

Объект и методика исследования

Исходя из этого, были испытаны пять серий облегченных плит прямоугольного сечения размером 2 260 × 1 660 × 100 мм в лабораторном корпусе Южно-Уральского государственного университета (г. Челябинск) (рис. 1). Класс бетона варьировался от В12,5 до В30. В качестве запол-

нителя бетона использовались гранитный щебень размером 0,6–16 мм и песок с модулем крупности 2,1–2,35. Вяжущее – ПЦ40 [10].

Одним из важных этапов в научных исследованиях после экспериментальных испытаний является анализ и обработка полученных результатов, на основании которых можно сделать выводы о подтверждении теории либо гипотезы научного исследования.

Цель работы – сравнить и проанализировать результаты испытаний облегченных плит, совпадающих по геометрии и характеристикам, и оценить, как процент армирования и прочности бетона влияет на несущую способность и деформируемость представленных плит.

Плиты установлены на четырех углах как свободно опертые, работающие по двум сторонам. Облегченные плиты были подвергнуты равномерно распределенной нагрузке путем поэтапного нагружения. Более подробная информация об экспериментальном исследовании представлена в работе [10].

Для снижения веса и уменьшения расхода материалов в качестве вкладыша облегченных плит

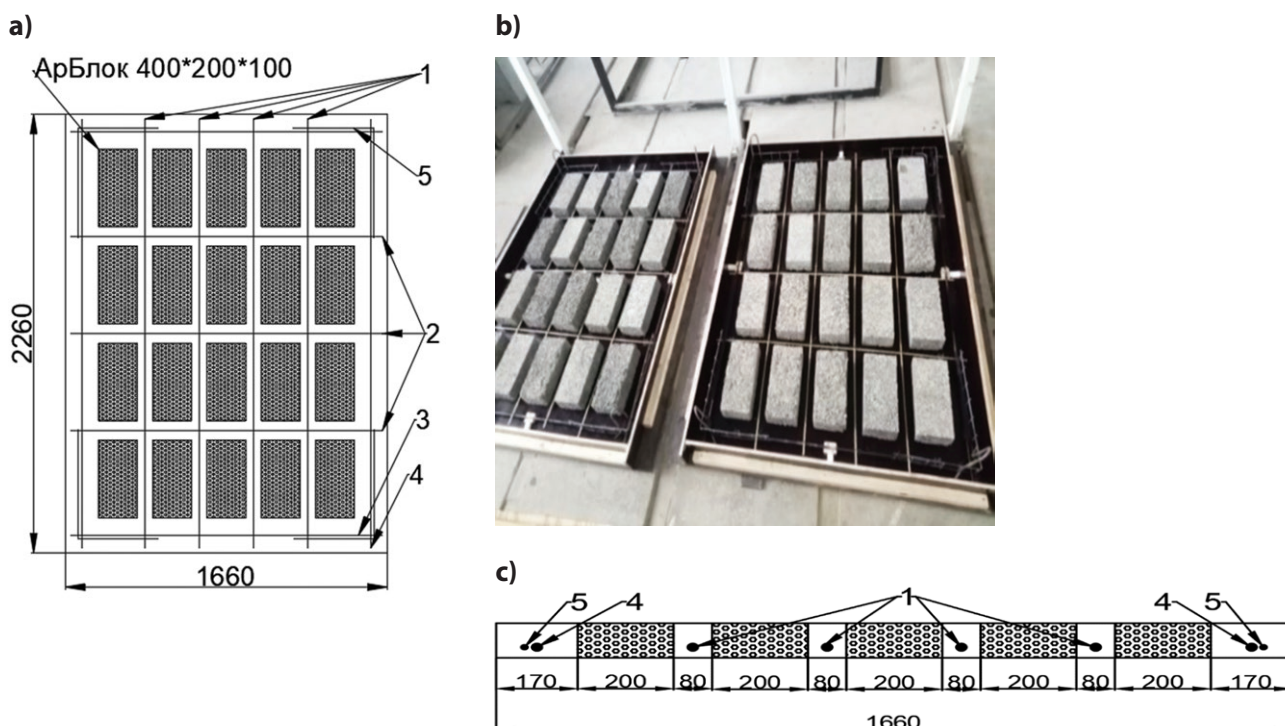


Рис. 1. Конструкция опытных образцов: а, б) укладка блоков и арматур, в) разрез плиты:

1) $A_{sb}^o (ACK_b^o)$ – местоположение арматур в центральных ребрах по длинной стороне, 2) $A_{sa}^o (ACK_a^o)$ – местоположение арматур в центральных ребрах по короткой стороне, 3) A_{sa}^k – местоположение стальной арматуры в крайних ребрах по короткой стороне, 4) A_{sb}^k – местоположение стальной арматуры в крайних ребрах по длинной стороне, 5) ребро жесткости

применялись арболитовые блоки [10]. Арболит – легкий бетон на основе цементного вяжущего, органических заполнителей и химических добавок, в том числе регулирующих пористость¹. Также он известен как древобетон. Общие характеристики опытных образцов представлены в таблице 1.

В таблице 2 показано фактическое значение, полученное после физического исследования.

Согласно полученным данным, использование стеклопластиковой арматуры не оказывает существенного влияния на прочность комбинированных плит. Наибольшее отклонение наблюдается в жесткости плиты.

Ниже приведены результаты, полученные нами после проведения экспериментальных ис-

пытаний для сопоставления данных с целью визуализации физической сущности экспериментального процесса и установления адекватности экспериментальной гипотезы.

Результаты и обсуждение

Влияние замены металлической арматуры на стеклопластиковую

Так как первая серия изготовлена полностью из различных металлических арматур, ее можно сравнить с остальными сериями образцов, которые были армированы комбинированным методом из стеклопластиковых арматур и совпадали по физико-механическим характеристикам бетона и расположению арматур в ребрах.

¹ ГОСТ 19222-84. Арболит и изделия из него. Общие технические условия : государственный стандарт союза ССР : утвержден и введен в действие постановлением государственного комитета СССР по делам строительства от 30 декабря 1983 г. № 349. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901705559> (дата обращения: 05.11.2022).

Таблица 1

Физико-механические характеристики бетона и количество арматуры в ребре

Показатели		Серия				
		1	2	3	4	5
Прочность бетона на день испытания R_b , МПа		24,80	24,56	29,31	12,41	13,08
Модуль упругости бетона по расчету E_b , МПа		31 000	30 919	33 242	21 767	22 454
Армирование	$A_{sa}^k, \text{см}^2$	2Ø12 (2,62)	2Ø12 (2,62)	2Ø10 (1,578)	2Ø10 (1,578)	2Ø6 (0,566)
	$A_{sb}^k, \text{см}^2$	2Ø10 (1,578)	2Ø10 (1,578)	2Ø12 (2,62)	2Ø12 (2,62)	2Ø10 (1,578)
	$ACK_a^o, \text{см}^2$	A_{sa}^o 3Ø6 (0,849)	3Ø8 (1,509)	3Ø6 (0,849)	3Ø6 (0,849)	3Ø4 (0,378)
	$ACK_b^o, \text{см}^2$	A_{sb}^o 4Ø8 (2,012)	4Ø8 (2,012)	4Ø10 (3,156)	4Ø10 (3,156)	4Ø8 (2,012)

Примечание: A_s – арматура стальная, АСК – арматура стеклопластиковая композитная по ребрам a и b , где a – короткая сторона плиты, b – длинная сторона плиты (см. примечание рис. 1).

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований

Показатели		Серия				
		1	2	3	4	5
Экспериментальная разрушающая нагрузка, кПа		51,84	47,14	59,33	54,16	37,02
Экспериментальная нагрузка, соответствующая появлению трещин на сторонах, кПа	a	30,2	14,24	19,65	19,58	18,48
	b	14,12	10,57	19,65	14,64	16,61
Экспериментальные прогибы, соответствующие появлению трещин на сторонах, мм	a	6,05	0,45	1,4	1,8	1,7
	b	5,7	0,975	4,55	3,45	5,92
Экспериментальные прогибы, соответствующие величине экспериментально разрушающей нагрузки на сторонах, мм	a	10,2	–4,05	33,8	42,55	25,45
	b	30,9	69,5	26,1	20,85	27,87
	c	42	77,05	71,5	73,6	56,8
Экспериментальная ширина трещин, соответствующая экспериментально разрушающей нагрузке на сторонах, мм	a	0,6	0,15	2	2	3
	b	3	2,6	1,8	1	1,55

Примечание: a – показания по краям ребер в середине короткой стороны плиты, b – показания по краям ребер в середине длинной стороны плиты, c – показания в центральной части плиты

В зависимости от анализа исследования следует отметить, что плиты со стальной арматурой не очень существенно отличались по полученным характеристикам от других образцов. Исходя из этого, можно сказать, что замена металлической арматуры на стеклопластиковую станет возмож-

ной, если будут скорректированы ограничения по определенным характеристикам. На рис. 2. представлено сопоставление разрушающих нагрузок и трещинообразование испытанных плит.

Разрушающие нагрузки F_{ult} опытных образцов, как видно из графика, варьировались в

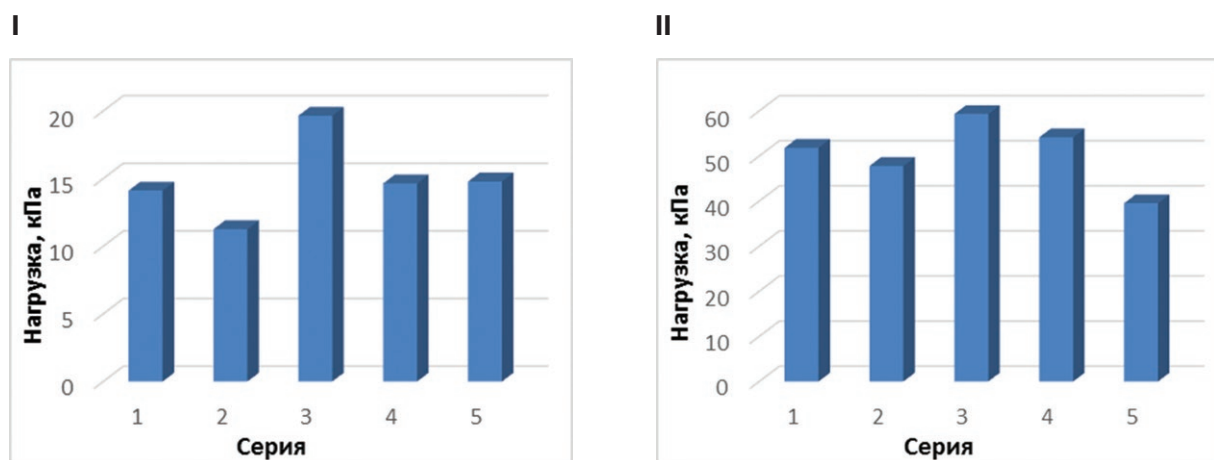


Рис. 2. Сопоставление разрушающих нагрузок и нагрузка по трещинообразованию:

I) F_{ult} – экспериментальная разрушающая нагрузка;

II) F_{crc} – экспериментальная нагрузка, соответствующая появлению трещин

пределах 14,45–33,45 %. Облегченные плиты серии 1, 2, 3, 4 разрушались от изгиба, разрушение носило пластический характер. Исключением стали плиты серии 5, которые хрупко разрушились. Перед разрушением комбинированных плит был слышен специфический треск, указывающий на разрыв стеклопластиковых волокон. Хрупкое разрушение свойственно композитным арматурам.

Опытные образцы серии 2 были равны по прочности бетону серии 1, но с заменой арматуры композитом по полученным данным экспериментальная разрушающая нагрузка F_{ult} была на 9,06 % меньше, чем в серии 1.

Серии 3, 4 на 13,74 % имели более высокий показатель армирования по сравнению с серией 2. Исходя из таблицы 2 видно, что с увеличением диаметра стеклопластиковых арматур прочность облегченных плит увеличивается на 9,75 % применительно к серии 1 и на 20,37 % к серии 2.

Опытные образцы серии 5 значительно отличались от других образцов как по прочности, так и по процентному содержанию армирования. Снижение прочности бетона на 44,35 % и процента армирования на 35,76 % по сравнению с серией 1 существенно влияет на характер разрушения и деформируемость плит. Следовательно, прочность снижается на 28,58 % по сравнению с серией 1, на 21,47 % по сравнению с серией 2, на 37,6 % –

с серией 3 и на 31,64 % – с серией 4. Характерные отличия арматуры приведены в таблице 1.

Нагрузка F_{crc} , соответствующая появлению трещин, показывает, что серия 1, несмотря на прочность бетона, по показателям была практически равна сериям 4, 5 и варьировалась от 3,68 до 4,7 %. Разница в показателях между серией 1 и серией 2 была в пределах 25 %.

Серии 1, 2 при испытаниях на короткой стороне плиты *a* не достигли ни допустимой ширины раскрытия трещин ($F_{a, crc, ult}$), ни допустимых прогибов ($F_{f, ult}$). Это было связано с тем, что длинная сторона плиты подвергалась более высоким напряжениям и изгибам, что привело к подъему опор.

Однако, как видно из рис. 3, экспериментальная нагрузка, соответствующая предельно допустимой ширине раскрытия трещины ($F_{a, crc, ult}$) и предельно допустимым прогибам ($F_{f, ult}$) в сериях 1, 2, 5 по длинной стороне плиты *b*, независимо от типа арматуры, процента армирования и прочности бетона, показала сопоставимые величины. Разница между нагрузкой, соответствующей предельно допустимой ширине раскрытия трещины ($F_{a, crc, ult}$), составляет до 9,3 %. Таким образом, экспериментальная нагрузка, соответствующая предельно допустимым прогибам ($F_{f, ult}$) всех образцов, показывает хорошую сходимость вдоль длинной стороны *b* и центра плиты *c*, которая колеблется в пределах 1,94–23,34 %.

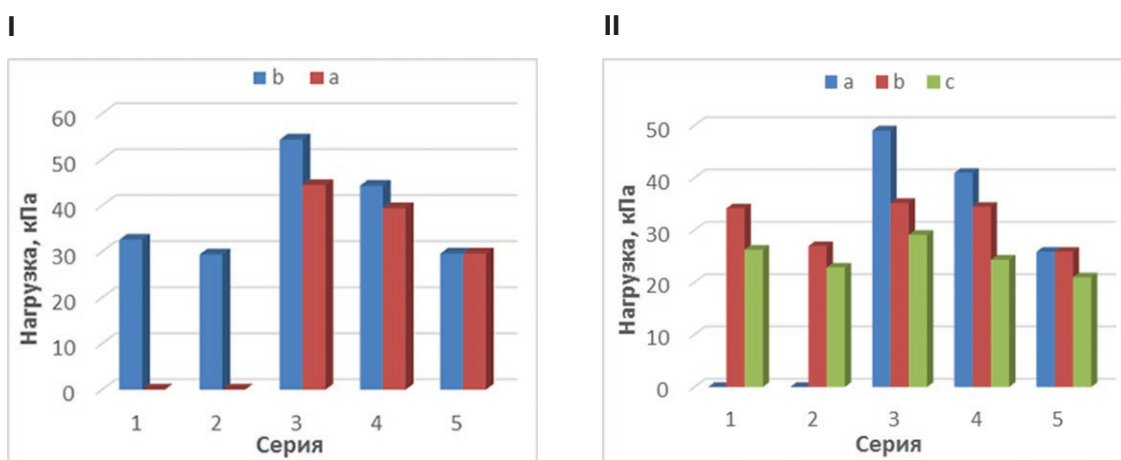


Рис. 3. Сопоставление предельно допустимого прогиба и раскрытия трещин:

- I) $F_{a, cr, ult}$ – экспериментальная нагрузка, соответствующая предельно допустимой ширине раскрытия трещин,
 II) $F_{f, ult}$ – экспериментальная нагрузка, соответствующая предельно допустимым прогибам, а – показания по краям ребер в середине короткой стороны плиты, б – показания по краям ребер в середине длинной стороны плиты, с – показания в центральной части плиты

Таким образом, жесткость серий 2, 3, 4, 5 значительно отличается от жесткости серии 1. Прогибы комбинированных плит (2, 3, 4, 5 серий) развивались более интенсивно, что свидетельствует о низком модуле упругости стеклопластиковой арматуры. Также прогибы комбинированных плит, соответствующие величине экспериментальной разрушающей нагрузки, почти в два раза превышали прогиб серии 1.

Влияние изменения прочности бетона

Опытная серия 2 также сопоставима с серией 5. На основе этих плит проанализируем влияние прочности бетона. Полученные данные (рис. 4) показывают, что снижение прочности бетона и процента армирования плиты существенно влияет на характер разрушения и деформируемость опытных образцов (таблица 2).

Анализируя полученные данные и наблюдения за образованием трещин, можно сделать следующие выводы.

Экспериментально разрушающая нагрузка серий 2, 5 различалась по характеру и поведению разрушения. Как видно из приведенных данных, изменение прочности бетона в значительной мере влияет на прочность образцов. Расхожде-

ние серии 2 составило +21,46 % по сравнению с серией 5.

До появления трещин в серии 2 при нагрузке 10,57 кПа наблюдалась пропорциональная зависимость, что говорит об упругой работе плит. Соответственно, после появления трещин плиты переходят ко второму этапу работ, т. е. работе плиты с момента образования трещин до значения эксплуатационной нагрузки – нагрузки, которая определяется пригодностью конструкций к нормальной эксплуатации ($F_{ser} = 0,7 F_{ult}$).

Далее – работа с момента наступления эксплуатационной нагрузки до момента разрушения.

На начальных этапах на длинных сторонах плит (серия 5) появилась нормальная трещина при нагрузке 14,82 кПа, что составляет 37,33 % от разрушающей нагрузки. Однако при увеличении нагрузки на 46,94 % от разрушающей нагрузки на короткой стороне плит образовался пластический шарнир (серия 5), впоследствии, при увеличении нагрузки, образцы хрупко разрушились во время последней нагрузки.

Причину резкого разрушения можно объяснить низким модулем упругости композитной арматуры: он почти в четыре раза меньше, чем

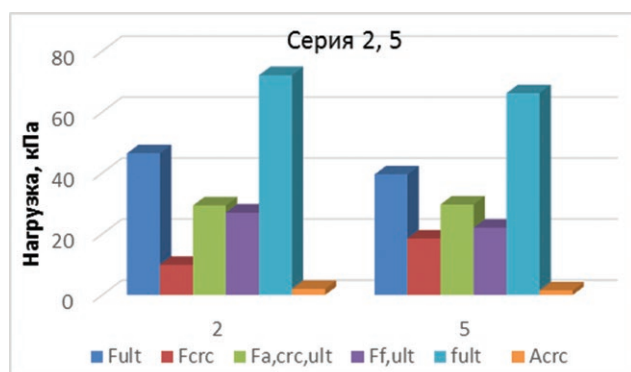


Рис. 4. Сопоставление НДС при изменении прочности бетона:
 F_{ult} – экспериментальная разрушающая нагрузка,
 F_{crc} – экспериментальная нагрузка, соответствующая появлению трещин,
 $F_{a,cr,ult}$ – экспериментальная нагрузка, соответствующая предельно допустимой ширине раскрытия трещин, $F_{f,ult}$ – экспериментальная нагрузка, соответствующая предельно допустимым прогибам, f_{ult} – экспериментальные прогибы, соответствующие величине экспериментально разрушающей нагрузки, $A_{crс}$ – экспериментальная ширина трещин, соответствующая экспериментально разрушающей нагрузке

у стальной арматуры. Разрушение имеет хрупкий и непластичный характер.

Экспериментальная нагрузка, соответствующая предельно допустимой ширине раскрытия трещин и допустимым прогибам по длинной стороне плиты, несмотря на прочность бетона, показала практически идентичную величину. Разница между сериями 2 и 5 составляет 0,40–1,94 %.

Вместе с тем следует отметить, что прогибы, соответствующие разрушающей нагрузке, также показали сопоставимые значения в центре плит. Расхождение прогибов в центре плиты превышало +26,23 % (таблица 2).

Сравнивая прогибы плит, можно установить, что с уменьшением прочности бетона и процентного содержания арматуры на короткой стороне плиты интенсивность разрушения плит увеличивается.

Значения ширины раскрытия трещины серии 5 при соответствующей разрушающей нагрузке существенно различались и были в 1,67 раза больше по сравнению с серией 2.

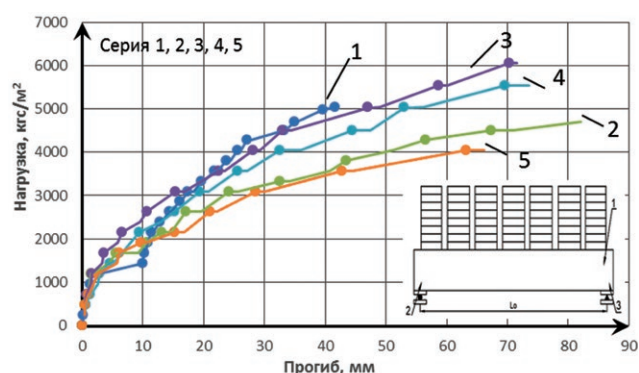


Рис. 5. Сопоставление зависимости нагрузка – прогиб всех серий в центральной части плиты

Влияние изменения процента армирования металлической и стеклопластиковой арматурой

Как отмечено в таблице 1, процентное соотношение стальной арматуры в сериях 1, 2, 3 по краям плиты было неизменным, они различались только расположением. Основная разница в процентном содержании стальной арматуры по краям плиты наблюдалась в серии 5 – на 51,07 % меньше. Все это относится к краям плиты. В то же время было много различий в процентном соотношении армирования в центре плит. Как уже было отмечено выше, в центре плит использовалась только композитная арматура.

Одной из наиболее критических точек в рассматриваемой плите является центральная зона, при этом различия в процентном отношении армирования были в пятой точке (П5) в центре плиты. Поэтому зависимость нагрузка – прогиб всех образцов в центральной зоне плиты показана на рис. 5.

Прогибы в центральной зоне (П5) при разрушающей нагрузке свидетельствуют о том, что использование стеклопластиковой арматуры в центре плиты практически до двух раз уменьшает жесткость плит по сравнению со стальной арматурой. После образования трещин кривые нагрузка – прогиб по форме аналогичны поведению соответствующей арматуры, что отражает тот факт, что деформации арматуры оказывают большее влияние на общее поведение, чем деформации бетона.

Как показано на графике, с увеличением процента армирования в центре плиты несущая способность образцов увеличивается, но при

этом повышается деформативность комбинированных плит.

Стоит отметить, что полученные данные свидетельствуют о довольно хороших результатах, так как модуль упругости стеклопластиковой арматуры в четыре раза меньше, чем у стальной. Это означает, что предлагаемая комбинированная плита увеличивает жесткость плит почти в два раза.

Влияние изменения расположения арматуры

Расположение стеклопластиковой арматуры на длинной и короткой сторонах комбинированных плит, как показано в таблице 1, практически во всех сериях меняется. Результаты, полученные после экспериментальных исследований, свидетельствуют о том, что влияние расположения арматуры в работе комбинированных плит достаточно существенно.

На рис. 6, 7 представлены результаты прогибомеров всех серий на длинной и короткой сторонах комбинированных плит, демонстрирующие поведение устройств во время экспериментальных исследований.

Опытные значения прогибов для комбинированных плит подтверждают, что их деформируемость зависит от процента композитной арматуры. Анализируя полученные графики, можно отметить, что замена стальной арматуры на композитную, а также изменение ее расположения позволяют в некоторых образцах более пропорционально перераспределять напряжения по всей поверхности комбинированных плит.

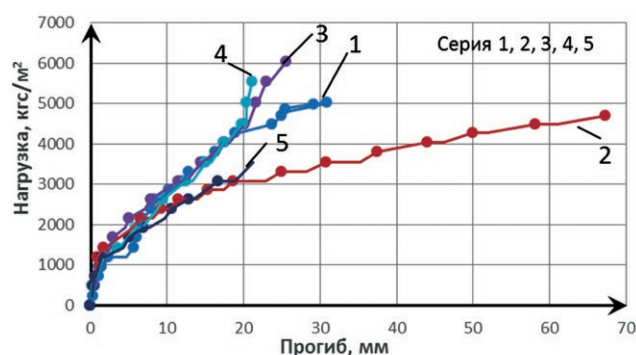


Рис. 6. Сопоставление зависимости нагрузка – прогиб всех серий по краям ребер в середине длинной стороны плиты

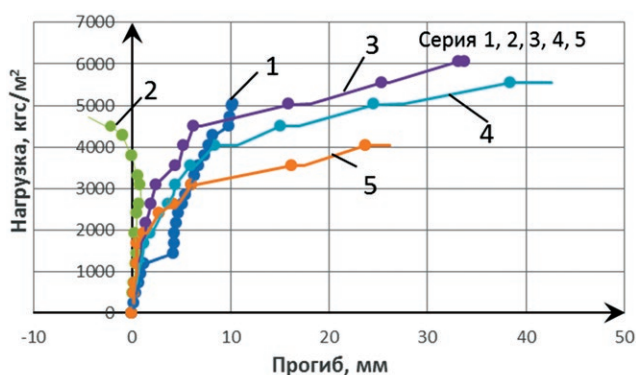


Рис. 7. Сопоставление зависимости нагрузка – прогиб всех серий по краям ребер в середине короткой стороны плиты

На рис. 7 сравнивается поведение нагрузки и прогиба всех серий по краям ребер в середине короткой стороны комбинированных плит. В отличие от стальных плит, плиты из стеклопластиковых арматур демонстрируют более пластичное поведение и быстро развивающиеся прогибы. Однако предельные прогибы в обоих случаях сравнимы, что может компенсировать пластичность и служить предупреждением перед выходом из рабочего состояния.

Прогибы уменьшаются с увеличением степени армирования, но требуются очень высокие коэффициенты композитного армирования, чтобы прогиб в этом диапазоне был сопоставим с коэффициентом в плитах со стальным армированием, это значит, что конструкции из композитных арматур можно контролировать с помощью предельного состояния эксплуатационной пригодности.

Выводы

Замена металлической арматуры в ребрах под номером 1, 2 (рис. 1) композитной арматурой (при других одинаковых параметрах) привела к уменьшению разрушающей нагрузки на 5–9 %. В то же время прогибы (плиты с комбинированным армированием по сравнению с серией 1), соответствующие этой нагрузке, увеличились в 1,2 раза (рис. 5–7). Нагрузка, при которой появляются трещины, снизилась на 25 %.

Увеличение процента композитной арматуры в ребрах под номером 1, 2 (рис. 1) привело к

пропорциональному увеличению разрушающей нагрузки. Соответствующая пропорциональность наблюдалась при уменьшении процента композитной арматуры.

Проведенные экспериментальные исследования и анализ полученных данных показали рациональное использование комбинированной арматуры для облегченных плит, изгибаемых

в двух направлениях под действием поперечной нагрузки. Полученные экспериментальные данные (распределение прогибов и величин разрушающих нагрузок и другие) могут быть использованы при разработке методов расчета по предельным состояниям, включая корректировку расчетов с применением программных комплексов.

Библиографический список

1. Yinghao, L. Arrangement of hybrid rebars on flexural behavior of HSC beams / Liu Yinghao, Yuan Yong. – DOI 10.1016/j.compositesb.2012.08.023. – Текст : непосредственный // Composites Part B : Engineering. – Volume 45, Issue 1. – 2013. – P. 22–31.
2. Менейлюк, А. И. Облегченные монолитные перекрытия для зданий с «гибкой планировкой» / А. И. Менейлюк, А. А. Остапчук, В. В. Таран // Будівельне виробництво. – 2012. – № 53. – С. 9–15.
3. Mariko, O. Experimental analysis and flexural behavior of reinforced-concrete beams reinforced with Glass-fiber-reinforced polymers / Ousmane Mariko. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный журнал. – № 4 – 2010. – P. 5–12.
4. Is GFRP Rebar a Potential Replacement for Steel Reinforcement in Concrete Structures? / P. Gandhi, D. M. Pukazhendhi, S. Vishnuvardhan [etc.]. – DOI 10.1007/978-81-322-2187-6_157. – Текст : непосредственный // Advances in Structural Engineering. – 2015. – Volume 3. – P. 2043–2056.
5. Flexural response of SF concrete beams internally reinforced with different types of FRP bars / I. A. Sharaky, H. K. Shehab Eldin, Mohamed M. Shehata, Heba A. Mohamed. – DOI 10.14256/JCE.3009.2020. – Текст : непосредственный // GRAĐEVINAR. – № 12 – 2020. – P. 1117–1130.
6. Waleed, A. Flexural behavior of concrete beams reinforced with hybrid FRP Bars and HRB Bars / A. Waleed, Z. Z. Zhang, X. J. Ruan. – Текст : непосредственный // IOSR Journal of Engineering. – 2019. – Volume 9, Issue 6. – P. 25–33.
7. Бугаевский, С. А. Применение самоуплотняющегося бетона в технологии устройства облегченных железобетонных перекрытий / С. А. Бугаевский. – Текст : непосредственный // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2015. – № 69. – С. 79–90.
8. Шмуклер, В. С. Система «Монофант» для возведения монолитных железобетонных каркасов / В. С. Шмуклер, С. А. Бугаевский, В. Б. Никулин. – Текст : непосредственный // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2015. – № 71. – С. 70–84.
9. Аралов, Р. С. Анализ использования облегченных конструкций монолитных плит в Российской и зарубежной практике / Р. С. Аралов, В. И. Римшин. – Текст : непосредственный // Проблемы науки. – 2017. – № 7 (20). – С. 24–29.
10. Шарифов, А. Х. Экспериментальные исследования прочности, жесткости и трещиностойкости облегченных плит с комбинированным армированием / А. Х. Шарифов, Ю. А. Ивашенко, А. Д. Рахмонзода. – DOI 10.14529/build210401. – Текст : непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2021. – Т. 21. – № 4. – С. 5–15.

References

1. Yinghao, L., & Yong, Yu. (2013). Arrangement of hybrid rebars on flexural behavior of HSC beams. Composites Part B : Engineering, 45 (1), pp. 22-31. (In English). DOI 10.1016/j.compositesb.2012.08.023.

-
2. Meneylyuk, A. I., Ostapchuk, A. A., & Taran, V. V. (2012). Oblegchennye monolitnye perekrytiya dlya zdaniy s "gibkoy planirovkoj". *Budiveln'e virobnitstvo*, (53), pp. 9-15. (In English).
 3. Mariko, O. (2010). Experimental analysis and flexural behavior of reinforced-concrete beams reinforced with Glass-fiber-reinforced polymers. *Magazine of civil engineering*, (4), pp. 5-12. (In English).
 4. Gandhi, P., Pukazhendhi, D. M., Vishnuvardhan, S., Saravanan, M., & Raghava, G. (2015). Is GFRP Rebar a Potential Replacement for Steel Reinforcement in Concrete Structures? *Advances in Structural Engineering*, 3, pp 2043-2056. (In English). DOI 10.1007/978-81-322-2187-6_157.
 5. Sharaky, I. A., Shehab Eldin, H. K., Shehata, Mohamed M., & Mohamed, Heba A. (2020). Flexural response of SF concrete beams internally reinforced with different types of FRP bars. *GRAĐEVINAR*, (12), pp. 1117-1130. DOI <https://doi.org/10.14256/JCE.3009.2020>. (In English).
 6. Waleed, A., Zhang, Z. Z., & Ruan, X. J. (2019). Flexural behavior of concrete beams reinforced with hybrid FRP Bars and HRB Bars. *IOSR Journal of Engineering*, 9(6), pp. 25-33. (In English).
 7. Bugaevsky, S. A. (2015). Primenenie samouplotnyayushchegosya betona v tekhnologii ustroystva oblegchennykh zhelezobetonnykh perekrytiy. *Bulletin of Kharkov national automobile and highway university*, 69, pp. 79-90. (In Russian).
 8. Shmukler, V., Buhayevskiy, S., & Nikulin, V. (2015). "Monofant" system for construction of cast reinforced concrete frames. *Bulletin of Kharkov national automobile and highway university*, 71, pp. 70-84. (In Russian).
 9. Aralov, R. S., & Rimshin, V. I. (2017). Analiz ispol'zovaniya oblegchennykh konstruktsiy monolitnykh plit v Rossiyskoy i zarubezhnoy praktike. *Problems of science*, 7(20), pp. 24-29. (In Russian).
 10. Sharifov, A. Kh., Ivashenko, Yu. A., & Rakhmonzoda, A. Dzh. (2021). Experimental studies of strength, rigidity and cracking resistance of lightweight slabs with combined reinforcement. *Bulletin of South Ural State University. Series: Construction engineering and architecture*, 21(4), pp. 5-15. (In Russian).

Сведения об авторе

Шарифов Абубакр Хайдарович, аспирант кафедры строительных конструкций и сооружений, Южно-Уральский государственный университет, e-mail: sharifov.a.h@mail.ru

Information about the authors

Abubakr Kh. Sharifov, Post-Graduate Student at the Department of Building Structures and Constructions, South Ural State University, e-mail: sharifov.a.h@mail.ru

КОРРОЗИОННОЕ РАЗРУШЕНИЕ ВНУТРЕННИХ СТАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ. АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Н. И. Куриленко¹, К. Е. Кузьменко^{1,2}

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

² АО «СУЭНКО», Тюмень, Россия

CORROSION OF INTERNAL STEEL SURFACES IN THE HEAT SUPPLY NETWORK. ANALYSIS AND DETECTION METHODS

Nikolai I. Kurilenko¹, Kirill E. Kuzmenko^{1,2}

¹ Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

² JSC "SUENCO", Tyumen, Russia

Аннотация. Тепловые сети Тюменской области характеризуются высокой повреждаемостью, следствием чего являются повышенные тепловые потери и сниженная эксплуатационная экономичность тепловых сетей. Снижение надежности тепловых сетей увеличивает затраты на их эксплуатацию, а также влечет дополнительные затраты на устранение последствий аварийных ситуаций, восстановление благоустройства городской среды. Рассматриваемой причиной повышенной аварийности трубопроводов в данной статье является коррозионное разрушение внутренней поверхности и его последствия, определенные в ходе эксплуатационной деятельности на ресурсоснабжающем предприятии в г. Тобольске на протяжении отопительных периодов 2018–2022 годов. Проведен анализ источника возникновения коррозионного разрушения

Abstract. Heat supply networks in Tyumen region are characterized by a high damage rate, and as a result increase heat losses and reduce operating efficiency of heat supply networks. Reducing the reliability of heating networks increases the cost for their operation, for the elimination of the consequences of accidents and the restoration of the urban environment. The authors of this article consider that the cause of increased pipeline failure is internal corrosion damage and its consequences, detected in the operation at the resource supply company in Tobolsk during the heating periods of 2018–2022. An analysis of the source of the internal corrosion appearance on steel pipelines of different diameters and different types of laying was carried out, an attempt to determine the correlation between external corrosion layer and internal one was made, the influence of the oxygen content

внутренней поверхности на стальных трубопроводах различных диаметров и различных типов прокладки, выполнена попытка определения корреляции наличия внешнего коррозионного слоя от внутреннего, учтено влияние содержания кислорода в теплоносителе. В ходе подготовки статьи рассмотрены различные мероприятия по минимизации возникновения коррозионного разрушения внутренней поверхности трубопровода и снижения уровня кислорода, растворенного в водной среде.

Ключевые слова: тепловые сети, тепловая изоляция, теплоснабжение, тепловые потери, трубопроводы, коррозия

Для цитирования: Куриленко, Н. И. Коррозионное разрушение внутренних стальных поверхностей в тепловых сетях. Анализ и методы определения / Н. И. Куриленко, К. Е. Кузьменко. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-46-52. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 46–52.

For citation: Kurilenko, N. I., & Kuzmenko, K. E. (2022). Corrosion of internal steel surfaces in the heat supply network. Analysis and detection methods. Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 46-52. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-46-52.

Введение

Ввиду обширной территории Российской Федерации, а также разнообразия климатических особенностей различаются подходы к решению вопроса теплоснабжения жилого фонда и производственных зданий и сооружений. Время основания городской инфраструктуры также накладывает отпечаток на устоявшиеся технологические решения, например, применение открытой и закрытой системы теплоснабжения, количество контуров в сети снабжения услугами ГВС и отопления отличаются в каждом регионе, городе даже при незначительном расстоянии между ними. Традиционно города, начавшие развивать инфраструктуру раньше других, сталкиваются с большим количеством эксплуатационных проблем инженерных систем. Примером тому являются Екатеринбург, Тобольск, в европейской части страны – Санкт-Петербург. Это города с обширной системой открытого теплоснабжения, без нали-

in the heat transfer fluid was taken into account. During preparing the article, different variants to minimize the corrosion damage of the internal pipeline surface and to reduce the level of oxygen dissolved in the aqueous environment have been considered.

Key words: heat supply networks, heat insulation, heat supply, heat losses, pipelines, corrosion

чия смешения и разделения контуров отопления и ГВС. Для вновь возводимых районов выбирают технически более совершенные системы, однако существующий фонд, не охваченный реновацией и модернизацией, зачастую сталкивается с описываемыми в данной статье проблемами.

Объект и методы исследования

Объектом исследования в статье являются тепловые сети, предметом – причины, повлекшие за собой аварийные ситуации, связанные с немеханическим воздействием. В данном исследовании была рассмотрена система теплоснабжения г. Тобольска, которая включает в себя городскую ТЭЦ, 25 квартальных котельных различной мощности, а также более 145 км тепловых сетей диаметром от DN 1000 до DN 32 в двухтрубном исчислении.

Проведен анализ аварийных ситуаций, возникших на тепловых сетях за отопительные пе-

риоды 2018–2022 годов, и результатов шурфовки поврежденных участков. На основании систематического анализа полученных данных, а также визуального и измерительного контроля подвигшихся коррозии элементов трубопроводов были выдвинуты предположения относительно природы возникновения коррозионных процессов в исследуемом типе технологической системы теплоснабжения.

Результаты и обсуждение

Повреждения трубопроводов тепловых сетей

На основании данных оперативно-диспетчерской службы, архивов 2018–2022 годов установлено, что средняя повреждаемость трубопроводов составляет 0,9 аварийных случая на 1 км тепловой сети, при рассмотрении лишь отопительного периода данное соотношение составляет 0,22 отказа на 1 км. Подавляющее большинство аварийных случаев (более 80 %) обусловлено воздействием коррозионного разрушения наружной поверхности [1–3].

Однако детальный анализ после выполнения шурфовки трубопровода показал, что в 50 % случаев выхода из строя тепловой сети причиной является коррозионное разрушение как наружной, так и внутренней поверхности. Зачастую первичным источником возникновения коррозионного разрушения ошибочно считают коррозию наружной поверхности, которая имеет большую зону поражения и приводит к более заметному поражению стенок. Повреждение внутренней поверхности менее заметно и проявляется в виде небольшого отверстия, эпицентром которого является дно коррозионной лунки, достигшее наружной поверхности стального трубопровода, или трещина в сварочном шве.

Через образовавшиеся отверстия осуществляется незначительное поступление теплоносителя в теплоизоляционный слой с последующим увлажнением теплоизоляции. Подобные нарушения герметичности очень сложно поддаются обнаружению даже при наличии работоспособной системы оперативного дистанционного контроля. Ввиду повышенной эксплуатационной загруженности редко удается выявить увлажнение изо-

ляции [4]. Появление подобного рода отверстий приводит к выходу сетевой воды под давлением с дальнейшим утонением металла по всей площади распространения теплоносителя. Вследствие обширного утонения стального трубопровода образуется свищ или происходит порыв тепловой сети. На основании вышеизложенного сделан вывод о внутреннем коррозионном разрушении как о первопричине 50 % случаев аварийных ситуаций на трубопроводах, без учета случаев механического воздействия [5].

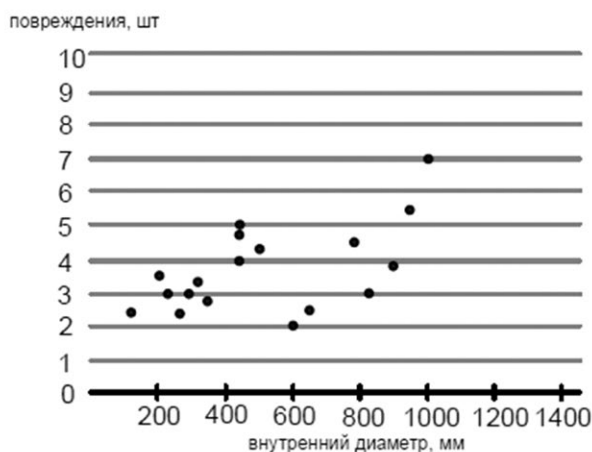
Для удобства отображения данные были систематизированы и представлены в виде графика (рис. 1), который демонстрирует корреляцию повреждений в подающих и обратных трубопроводах для всех сетей, а также для сетей с подвальным типом прокладки или прокладкой внутри иных технологических помещений [6].

Из рис. 1 видно, что повреждаемость трубопроводов сетей ресурсоснабжающего предприятия в целом в 3–4 раза выше, чем в трубопроводах подвального типа прокладки. На участках подвальной прокладки коррозионным разрушением наружной поверхности в масштабах рассматриваемого объема тепловых сетей можно пренебречь, в связи с этим определено, что различия в повреждаемости были вызваны внутренними причинами, а именно – техническими свойствами физико-химических параметров теплоносителя. Это характерно и для сети в целом. То обстоятельство, что соотношение повреждаемости прямых и обратных трубопроводов было приблизительно таким же, дает основания полагать, что доминирующий вклад в повреждаемость сетей вносит коррозионное разрушение внутренней поверхности, а не внешней [7].

Для определения влияния коррозионного разрушения внутренней поверхности полученные данные были систематизированы с целью установления зависимости удельной поверхности повреждаемости (штук повреждений на единицу площади наружной поверхности трубопровода) от диаметра трубопровода. Графические данные приведены на рис. 2.

Влияние коррозионного разрушения на трубопроводы в диапазоне от 32 до 159 мм не имеет

а)



б)

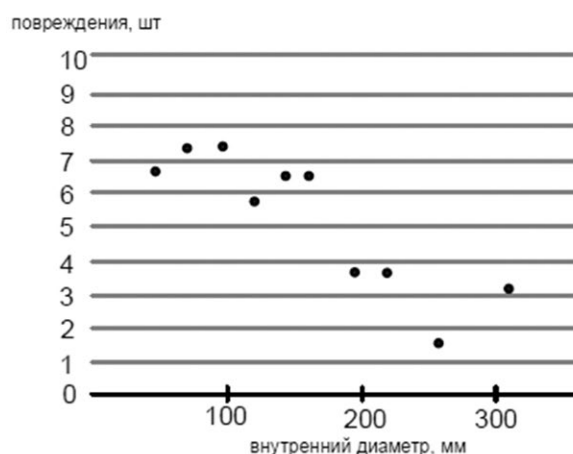


Рис. 1. Количество повреждений в трубопроводах тепловой сети в зависимости от диаметра:
а) тепловые сети в целом; б) участки подвальной прокладки

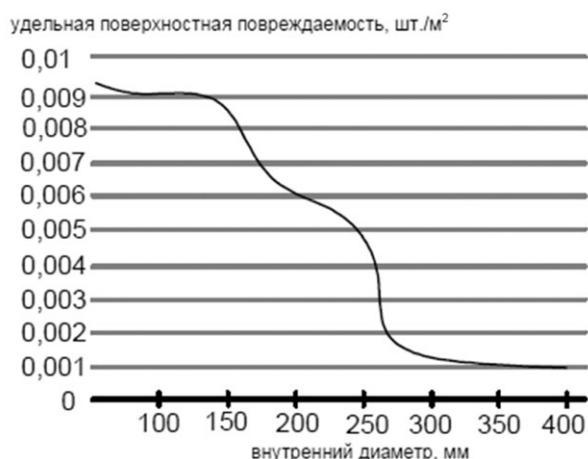


Рис. 2. Соотношение диаметров эксплуатируемых трубопроводов к удельной площади поврежденных тепловых сетей

значимых отличий по причине незначительных расхождений толщины стенок трубопроводов, вследствие чего объяснить планомерное снижение повреждаемости в этом диапазоне в рамках данного исследования не представляется возможным [8]. Однако графические данные позволяют определить зависимость развития коррозионного разрушения от гидравлического режима,

что подтверждает тезис о влиянии диаметра трубопровода на интенсивность разрушения.

Интенсивность коррозионного разрушения при кислородном воздействии

Наличие свободного кислорода в системах теплоснабжения накладывает определенные ограничения на теплоснабжающие организации в части наладки процессов химической очистки, умягчения и дозирования реагентов-ингибиторов. Требования к поставляемому теплоносителю должны соответствовать СанПиН 2.1.3684-21¹. Качество воды, поступающей потребителям, должно отвечать требованиям санитарно-эпидемиологических правил и норм, предъявляемых к питьевой воде. Ввиду отсутствия технической и экономической возможности установки деаэра-тора на сетевом контуре теплоснабжения, причиной повышенного коррозионного воздействия на углеродистую сталь является растворенный в воде кислород, влияние которого лимитируется скоростью его доставки. Источником поступления кислорода в замкнутый контур теплоносителя является вода из системы химводоочистки (подпиточный контур), в рассматриваемой систе-

¹ Питьевая вода : СанПиН 2.1.4.2496-09 : официальное издание : утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ Г. Г. Онищенко от 07 апреля 2009 г. № 20. – Москва : Роспотребнадзор, 2009. – 17 с. – Текст : непосредственный.

ме контур не деаэрируется, однако в существующих баках-аккумуляторах в целях минимизации воздействия водной и воздушных сред реализована система подачи герметизирующего слоя на поверхность теплоносителя в пределах бака. Особенностью распространения кислорода является то, что при удалении от источника теплоснабжения (считай, подпитки) концентрация кислорода в воде снижается, ввиду чего обратные трубопроводы менее подвержены коррозионному разрушению. При корректном подборе и наладке гидравлического режима тепловой сети средняя скорость движения теплоносителя составляет 1 м/с, что для наружных систем означает турбулентный режим движения среды. Для вычисления массового переноса среды принимаем критериальное уравнение (1) [6, 9]:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Sc^{0,33}, \quad (1)$$

где Nu – числовое значение Нуссельта (2);

Re – числовое значение Рейнольдса (3);

Sc – числовое значение Шмидта (4).

Критериальные числа определяются как:

$$Nu = \frac{N \cdot d}{D \cdot (c_b - c_o)}, \quad (2)$$

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}, \quad (3)$$

$$Sc = \frac{\nu}{D}, \quad (4)$$

где N – удельный поток массы на поверхность трубы (на единицу концентрации);

d – диаметр трубопровода, мм;

D – коэффициент диффузии кислорода;

c_b – концентрация кислорода в центре потока, %;

c_o – концентрация кислорода у стенок трубопровода, %;

V – кинематический коэффициент вязкости;

ν – скорость движения жидкости, м/с.

Итоговые расчетные данные приведены на рис. 3.

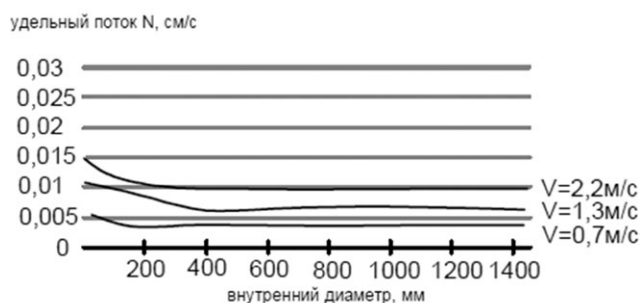


Рис. 3. Зависимость удельного потока массы кислорода на стенку трубопровода от диаметра

Выводы

Исходя из вышеизложенного, следует вывод, что удельный поток кислорода пропорционально повышается при увеличении скорости потока и сужении диаметра трубопровода [10]. Представленные данные также подтверждают информацию на рис. 2. Количественные различия могут быть нивелированы, если принять во внимание, что ранее методики подбора трубопроводов обеспечивали большую скорость в трубопроводах с малым диаметром. Следует учитывать также, что наличие ржавчины, сужающей свободное сечение трубопровода, способствует ускорению движения потока.

При рассмотрении и сопоставлении данных основной целью являлось определение источников возникновения коррозионных процессов. Методы предупреждения коррозии и анализ их влияния на уменьшение интенсивности развития коррозионного разрушения являются целью дальнейших исследований.

Результаты, приведенные в данной статье, можно использовать для корректировки мероприятий, связанных с мониторингом технического состояния тепловых сетей, имеющих на балансе ресурсоснабжающих организаций. Полученная информация указывает на необходимость выполнения первичных предупреждающих мероприятий, связанных с промывкой трубопроводов, а также обосновывает необходимость регулярного проведения гидравлических и механических испытаний на участках, наиболее приближенных к источнику теплоно-

сителя, по причине наибольшей концентрации растворенного кислорода в среде теплоносителя, или в местах подключения подпиточных либо резервных теплогенерационных установок.

Библиографический список

1. Кашеев, В. П. Сравнительный анализ ППУ и ППМ изоляции трубопроводов / В. П. Кашеев, В. А. Поляков. – Текст : электронный // РосТепло.ру : сайт. – URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3220 (дата обращения: 11.09.2022).
2. Балабан-Ирменин, Ю. В. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей / Ю. В. Балабан-Ирменин, В. М. Липовских, А. М. Рубашов. – 2-е изд., перераб., доп. – Москва : Новости теплоснабжения, 2008. – 288 с. – Текст : непосредственный.
3. Защита трубопроводов от коррозии / В. С. Ромейко, В. Г. Баталов, В. И. Готовцев [и др.]. – Москва : ВНИИМП, 1998. – 208 с. – Текст : непосредственный.
4. Балабан-Ирменин, Ю. В. О защите трубопроводов теплосети от внутренней коррозии / Ю. В. Балабан-Ирменин. – Текст : электронный // РосТепло : сайт. – 2011. – URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2856 (дата обращения: 01.08.2022).
5. Слепченко, В. С. Внутренняя коррозия в открытых системах теплоснабжения и пути ее снижения / В. С. Слепченко, К. Н. Брусов. – Текст : электронный // РосТепло.ру : сайт. – URL : https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=1515 (дата обращения: 11.09.2022).
6. Блуждающие токи и способы борьбы с ними / С. А. Панфилов, О. В. Кабанов, А. В. Мартынов, Н. А. Ежов. – Текст : электронный // Аллея науки. – 2018. – Т. 1. – № 4 (20). – С. 322–325. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_34975081_90096871.pdf (дата обращения: 05.09.2022).
7. Балабан-Ирменин, Ю. В. Проблемы внедрения антинакипинов в системах теплоснабжения / Ю. В. Балабан-Ирменин, А. М. Рубашов, В. П. Думнов. – Текст : непосредственный // Промышленная энергетика. – 1996. – № 4. – С. 11–13.
8. Иванов, В. В. Моделирование тепловых процессов подземных бесканальных теплотрасс / В. В. Иванов, С. В. Шкребко. – Текст : непосредственный // Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену. – Москва, 1998. – Т. 7. – С. 106–108.
9. Иванов, В. В. Распределение температур и тепловых потоков в зоне подземных теплотрасс / В. В. Иванов, Л. Б. Вершинин. – Текст : непосредственный // Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену. – Москва, 1998. – Т. 7. – С. 103–105.
10. Коррозия и защита металлов : учебно-методическое пособие / О. В. Ярославцева, Т. Н. Останина, В. М. Рудой, И. Б. Мурашова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург, 2015. – 90 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Kashcheev, V. P., & Polyakov, V. A. Sravnitel'nyy analiz PPU i PPM izolyatsii truboprovodov. RosTeplo.ru. (In Russian). Available at: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3220 (accessed 11.09.2022).
2. Balaban-Irmenin, Yu. V., Lipovskikh, V. M., & Rubashov, A. M. (2008). Zashchita ot vnutrenney korrozii truboprovodov vodyanykh teplovykh setey. 2nd edition, revised. Moscow, Novosti teplosnabzheniya Publ., 288 p. (In Russian).
3. Romeiko, V. S., Batalov, V. G., Gotovtsev, V. I., Dubenchak, V. E., & Simonova, I. A. (1998). Zashchita truboprovodov ot korrozii. Moscow, VNIIMP Publ., 208 p. (In Russian).

4. Balaban-Irmenin, Yu. V. (2011). O zashchite truboprovodov teploseti ot vnutrenney korrozii. RosTeplo. (In Russian). Available at: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2856 (accessed 01.08.2022).
5. Slepchenok, V. S., & Brusov, K. N. (2000). Vnutrennyaya korroziya v otkrytykh sistemakh teplosnabzheniya i puti ee snizheniya. (In Russian). Available at: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=1515 (accessed 11.09.2022).
6. Panfilov, S. A., Kabanov, O. V., Martynov, A. V., & Ezhov, N. A. (2018). Bluzhdayushchie toki i sposoby bor'by s nimi. Alleya nauki, 1(4(20)), pp. 322-325. (In Russian). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_34975081_90096871.pdf (accessed 05.09.2022).
7. Balaban-Irmenin, Yu. V., Rubashov, A. M., & Dumnov, V. P. (1996). Problemy vnedreniya antinakipinov v sistemakh teplosnabzheniya. Promyshlennaya energetika, (4), pp. 11-13. (In Russian).
8. Ivanov, V. V., & Shkrebko, S. V. (1998). Modelirovanie teplovykh protsessov podzemnykh beskanal'nykh teplotrass. Trudy Vtoroy Rossiyskoy natsional'noy konferentsii po teploobmenu. Moscow, Izdatel'stvo MEI Publ., (7), pp. 106-108. (In Russian).
9. Ivanov, V. V., & Vershinin, L. B. (1998). Raspredelenie temperatur i teplovykh potokov v zone prokladki teplotrass. Trudy Vtoroy Rossiyskoy natsional'noy konferentsii po teploobmenu. Moscow, Izdatel'stvo MEI Publ., (7), pp. 103-105. (In Russian).
10. Yaroslavtseva, O. V., Ostanina, T. N., Rudoy, V. M., & Murashova, I. B. (2015). Korroziya i zashchita metallov. Yekaterinburg, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin" Publ., 90 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Куриленко Николай Ильич, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: Kurilenkoni@tyuiu.ru

Кузьменко Кирилл Евгеньевич, аспирант кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, начальник отдела реализации инвестиционной программы по коммунальному комплексу акционерного общества «СУЭНКО», e-mail: kirill.kuzm72@gmail.com

Information about the authors

Nikolai I. Kurilenko, Candidate in Physics and Mathematics, Associate Professor at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: Kurilenkoni@tyuiu.ru

Kirill E. Kuzmenko, Postgraduate at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, Head of the Investment Program Implementation Department, JSC "SUENCO", e-mail: kirill.kuzm72@gmail.com

PASSIVE HEATING SYSTEM OF A RESIDENTIAL BUILDING

Parviz S. Khujaev

Tajik Technical University named after academician M. S. Osimi, Dushanbe,
Republic of Tajikistan

ПАССИВНАЯ ОТОПИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

П. С. Хужаев

Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими, Душанбе,
Республика Таджикистан

Abstract. In this article, we will talk about the passive heating system applied to residential buildings in rural areas. The air heating system is used as a heating surface in buildings with multi-channel structures in the fencing structures (external wall, floor and roof). In these cases, the author considers the issues of the first and second conditions of temperature comfort, taking into account the temperature of the heating surface.

Key words: passive heating, Trombe-Michel wall, solar-air heating scheme, room microclimate

Аннотация. В статье рассматривается пассивная система отопления, которая используется в жилых зданиях в сельской местности. Система воздушного отопления применяется в качестве поверхности нагрева в зданиях с использованием многоканальной структуры в ограждающих конструкциях (наружных стенах, полу и крыше). Рассмотрены вопросы первого и второго условий температурного комфорта с учетом температуры нагрева поверхностей.

Ключевые слова: пассивное отопление, стены Тромбе-Мишеля, схема солнечного воздушного отопления, микроклимат в помещении

For citation: Khujaev, P. S. (2022). Passive heating system of a residential building. Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 53-59. (In English). DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-53-59.

Для цитирования: Хужаев, П. С. Пассивная отопительная система жилого здания / П. С. Хужаев. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-53-59. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 53–59.

Introduction

The Republic of Tajikistan is located in the region of Central Asia, if there are 365–366 days in a year, and then almost 300 days are sunny. Therefore, the use of sunlight is beneficial for the needs of people. We can use active and passive solar heating devices to effectively use the thermal radiation of the sun to provide hot water and for heating systems.

Many scientists in the field of heat engineering physics, such as S. V. Zokoley, A. M. Shklover, B. F. Vasilyeva, F. V. Ushkova, Yu. Ya. Kuvshinova, A. G. Gagarina, V. I. Prokhorova, A. I. Anan'eva, V. K. Savina, V. P. Titova, Yu. A. Matrosova, E. G. Malyavina, E. K. Boronbaeva, W. Beckman, J. Duffy and other, studied the heat and mass transfer processes in various environments, tried to solve the problems of fuel consumption to ensure the correct microclimate of buildings, as well as the use of solar energy for heating [1, 2].

At the same time, in many available publications in the country and abroad, insufficient attention is paid to the peculiarities of applying methods for improving thermal properties when using local cheap heating materials for outdoor structures of rural residential buildings, which differ from other residential buildings. During the construction of public buildings, special attention should be paid to building materials and methods of construction, taking into account the microclimate of the region.

To do this, a thermal analysis of existing outdoor structures is carried out, a study of local heating materials, a search for options for their use, as well as ways to use solar energy to heat residential buildings.

In the conditions of high-mountain settlements, it is important to rationally supply heat by increasing the efficiency of heating and ventilation systems, using non-traditional types of fuel systems in the design, construction and operation of energy-efficient buildings.

In high mountain regions, under conditions of reduced barometric pressure, the temperature varies greatly during the day. The main problems of the use of gas are the transportation of fuel, the construction of heat supply lines. The required produced heat does not reach the consumers.

In this paper, for the first time, the potential of using the Trombe wall for rural residential buildings in the climatic conditions of Tajikistan is assessed. By calculation, it was found that due to the use of the Trombe wall in a building that belongs to the type of passive solar heating systems, the thermal loads of heating system are reduced. The studies were carried out for five characteristic climatic regions of Tajikistan [1, 3].

The supply of solid fuel to small consumers in villages, with relatively uneven building density, is accompanied by the high transport costs, only in the case of using high-calorie fuel (wood, dung and coal, etc.). The small fuel plants that warm dwellings inside pollute the atmosphere by burning fuel, all small (coal-fired) boilers with automatic exhausts do not clean their exhaust gases.

The solar heating system has become more popular than other heating systems in the world, especially two types of them can be considered: in the first place, passive systems, that use solar energy by the surrounding constructions of the building (walls, floor and roof) taking into account the properties of building materials according to the requirements of standards, secondly, active systems that use the heat carriers (water or air) and heat pump systems from non-renewable sources in practice.

In winter, you can use small devices to heat the room. For example, Trombe-Michel walls are used to store solar energy, the heat from which is moved inside the room by a fan, i.e. along the inner surface of the room. The cooled air is then returned through an opening at the bottom of the outer wall to the channel formed between the glazing and the heat array. As long as there is solar insolation (heat from the sun), this cycle of warm air repeats [2, 3, 4].

The use of energy, this is an additional cost, goes to the circulation of hot air, which is a flaw in this solution.

Object and methods of research

The article proposes a passive installation in the form of a protective wall with solar and air heating due to building envelopes or building elements for an effective Trombe-Michel wall.

The heating system consists of three main elements: a heat source, heat pipes and heat transfer devices to the space of the room. In the case under consideration, the Trombe-Michel wall plays the role of a heat source, and in our case, not only the outer wall, but also the inner walls, floor and roof of the house are equipped with building structures with channels. After all, the heat exchange ducts of the building's heat-producing surface can elevate the temperature of the room.

The proposed scheme of the passive installation is shown in fig. 1.

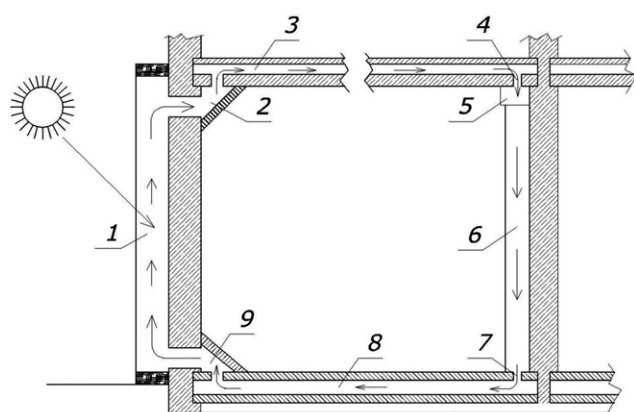


Fig.1. Passive heating system

The proposed solar-air heating scheme consists of a Trombe-Michel wall (solar radiation receiver) (1), a transition pipe (2) connecting the receiver channel and the hollow ceiling channel (3) (voids, usually round in shape), a pipe (4) connecting through the collector (5) channels (6) on the inside partition and transition sections (7), channel (8) and adapter (9), closing the coolant with the heat sink.

In the proposed scheme, the heat source (solar heat receiver) is specially made in a row, and in the air channels in the ceiling, floor and walls are sterilized, which do not create natural pressure between the circulations of hot air. Basically, in the Trombe-Michel wall, the heat of the air is heated by the calculation of solar energy, then it gives its heat to the interior space of the room, and after the air cools, it returns to the lower part of the given wall by means of the channels placed in the constructions [1, 2, 5].

As the hot air cools, it passes through the channels. That is, this period is repeated from top to bottom.

When hot air moves in the channels of buildings surrounding the structure, it heats up and cools down and returns to the heat source. When the surface temperature of the insulation rises above the air temperature inside the house, the surface of these structures gives off heat to the room and heat losses are compensated.

According to the given criteria, the parameters of the microclimate of the room [3] in the entire area of their location should be determined among themselves, and it is necessary to control the location of the room without deviating from the established limits. Human activity is located in a certain part of the building according to the activity and services in all buildings. In the assignment, the heating system should be provided in one place according to the thermal resistance of the building according to the existing norms.

Comfortable conditions are conditions in which one does not feel hot or cold during work in service areas.

The room temperature is determined by: 1) thermal comfort in the room as a whole and 2) in the immediate vicinity of the heated or cooled surface.

The general temperature situation in the room should be such that if a person is in the middle of the room and feels all the factors inside the room, i.e. in the middle of the room there is no discomfort from heat and cold, in this case they are considered comfortable conditions.

Results

The heat sensation of a person is to a certain extent influenced by the radiation temperature t_R , air temperature t_{in} . The temperature t_R is determined by the formula:

$$t_R = \sum \varphi_{h-i} t_i, \quad (1)$$

where φ_{h-i} is the irradiance coefficients from a person to individual surfaces with a temperature t_i (the person is in the middle of the room).

The coefficients φ_{h-i} are determined by the method of light modeling [1].

Formula (1) is more accurate for indoor conditions, when the absolute temperatures and emissivity of individual surfaces are of the same order. A comfortable temperature regime in different rooms is possible with various combinations of t_{in} and t_R .

The equation of radiant convective heat transfer of a person has the form:

$$Q_h^{r+c} = F_h^r \alpha_r (\tau_h - t_R) + F_h^c \alpha_c (\tau_h - t_{in}), \quad (2)$$

where F_h^r, F_h^c are heat-releasing surfaces of the human body, respectively, for radiant and convective heat transfer; α_r, α_c are the coefficients of radiant and convective heat transfer averaged over F_h^r and F_h^c ; τ_h is the average surface temperature of a dressed person.

Equation (3) ensures the fulfillment of the first condition of temperature comfort in the room:

$$t_R = \frac{F_h^r \alpha_c \tau_h + F_h^c \alpha_c \tau_h - F_h^{r+c}}{F_h^r \alpha_r} - \frac{F_h^c \alpha_c}{F_h^r \alpha_r} t_{in}. \quad (3)$$

For winter mode take: $\tau_h = 25^\circ\text{C}$; $\alpha_c = 2,3$; $\alpha_r = 5,1$; $F_h^c = 1,9$; $F_h^r = 1,7$. Substitute the numerical values into equation (3) we obtain for the winter period:

$$t_R = \frac{326 - Q_h^{r+c}}{8,67} - 0,504 t_{in}. \quad (4)$$

For most premises of residential and public buildings, the apparent heat transfer of a person Q_h^{r+c} in the cold season can be taken as 87 W, therefore

$$t_R = 27,57 - 0,504 t_{in}. \quad (5)$$

This equation, obtained analytically, is in full agreement with the data of hygienic tests in a special chamber [2, 5].

According to the second comfort condition, the intensity of heat transfer should be limited when a person is positioned near heated surfaces.

It can be a determining factor of the intensity of radiation heat transfer (equilibrium radiation in the most unfavorable and radiation-sensitive area of the human body). The surface of the head is exposed to more heat radiation. The radiation balance should be such that any elemental field inside the room affects the sensing area by 11,6 W/m² of radiation [1, 2, 6].

When the surface of the ceiling structure is heated, the unfavorable (and therefore calculated) position of the person will be directly below the center of the ceiling. When the enclosing construction (panel) is located on the walls, when calculating the heat comfort, the position of a person at a distance of 1 m from the enclosing construction, i.e. the heated surface, is taken into account. The radiation heat transfer equation for the elemental area of the human surface can be written as follows:

$$q_h^c = C \varphi b_{h-p} (\tau_h - \tau_p) + C(1 - \varphi) b_{h-v,p} (\tau_h - \tau_{v,p}), \quad (6)$$

where C is the reduced emissivity taken for this case to be 4,65 W/m² K; φ is the irradiance coefficient from the side of the elementary area on the human surface towards the panel; $b_{h-v,p}$ is temperature coefficient, which for the winter regime at the surface temperature of the human head $\tau_h = 30^\circ\text{C}$, $\tau_{v,p} = 18^\circ\text{C}$ and the temperature of the panel about 40°C take: $b_{h-p} = 1,15$ and $b_{h-v,p} = 1,05$.

Substituting numerical values into formula (6), we obtain an expression for q_h^c :

$$q_h^c = 5,3 \varphi (30 - \tau_p) + 58(1 - \varphi).$$

Find the temperature of the heated surface of the panel τ_p :

$$\tau_p = 19,2 + \frac{58 - q_h^c}{5,3 \varphi_{h-p}}. \quad (7)$$

With the minimum allowable heat transfer by radiation of 11,6 W/m², according to formula (7),

we have the condition for the maximum allowable temperature of the heated surface in the room:

$$\tau_p^{ad} \leq 19,2 + 8,7 / \varphi_{h-p}. \quad (8)$$

Permissible temperatures of floor surface in the room τ_{pl} are given in [7]. They depend on the air temperature t_{in1} at a height of 1 m from the floor [8]:

$$\tau_{pl} = 55,7 - 1,63t_{in1}.$$

The heat dissipation of the heater (centralized system) is determined by the formula:

$$Q_1 = K_1 \cdot F_1 \cdot \Delta t_1,$$

where K_1 is heat transfer coefficient, which determines the average rate of heat transfer along the entire heat transfer surface F_1 .

Heat dissipation from solar air heating:

$$Q_2 = K_2 \cdot F_2 \cdot \Delta t_2,$$

where K_2 is heat transfer coefficient, which determines the average rate of heat transfer along the entire heat transfer surface F_2 .

Let the thermal conductivity and thermal insulation of the constructions be equal to each other in two cases:

$$Q_1 = Q_2.$$

Heat transfer ratio of devices Q_1/Q_2 , then it is:

$$1 = \frac{K_1 \cdot F_1 \cdot \Delta t_1}{K_2 \cdot F_2 \cdot \Delta t_2}.$$

From this we can determine what the difference in the sun's heat should be to heat the air inside the room:

$$\Delta t_2 = \Delta t_1 \cdot \frac{K_2 \cdot F_2}{K_1 \cdot F_1},$$

where Q_1 and Q_2 is the heat flow (amount of heat), F_1 and F_2 is the heat exchange surface, m^2 ; $K_1 - K_2$ – heat transfer coefficient, $W/(m^2 K)$, Δt_1 and Δt_2 is the driving force of the heat transfer process.

Conclusions

From the analysis of the above evaluation example, it follows that for the transfer for the same amount of heat, the temperature difference Δt_1 must be much greater than with solar-air heating. That is, the temperature of the heat carrier in the heating device of the traditional system is 82,5 °C, and when using an unconventional source, the average temperature of the heat carrier is 24 °C.

Thus, the climatic conditions of the Republic of Tajikistan allow the passive use of solar energy, since the probability of sunlight is 2100–3166 hours per year.

Thus, it is shown that the use of solar radiation is useful for a passive heating system and it is advisable to use it in the conditions of the current economic crisis. It is proposed to design a solar heating system.

The results of the calculation show the acceptability of this solution, and thermophysical calculations regarding the solar heating system on sunny days are sufficient. As a result, we consider it's possible to use solar energy to heat a residential building, to use the surrounding structures or the main elements of the building for creating the Trombe-Michel walls, which have a lot of heat.

References

1. Bogoslovskiy, V. N. (1982). Stroitel'naya teplofizika (teplofizicheskie osnovy otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha). 2nd edition. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 415 p. (In Russian).
2. Bogoslovskiy, V. N. (1979). Teplovoy rezhim zdaniya. Moscow, Stroyizdat Publ., 248 p. (In Russian).
3. Suleymanov, A. A., Khujaev, P. S., Suleymanov, Z. A. & Pochchoev, M. M. (2015). Decreasing of energy consumption of the building by using insulation materials. Bulletin of the Tajik Technical University, (2(30)), pp. 122-127. (In Russian).

4. Butuzov, V. A. (2013). Obzor mirovogo rynka solnechnykh sistem teplosnabzheniya. Plumbing, Heating, Air-conditioning, (12(144)), pp. 72-75. (In Russian).
5. Gosudarstvennyy komitet SSSR po gidrometeorologii i kontrolyu prirodnoy sredy, Belorusskoe respublikanskoe upravlenie po gidrometeorologii i kontrolyu prirodnoy sredy. (1988). Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu USSR. Seriya 3, Mnogoletnie dannye. Issue 31 Tadzhikskaya SSR. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 398 p. (In Russian).
6. Khujaev, P. S., & Suleymanova, N. A. (2018). An integrated approach to improving the energy efficiency of buildings and construction. Materials of International Scientific and Practical Conference "Electric power industry: problems and prospects for the development of the energy sector in the region", Part 1, December, 21, pp. 252-257. (In Russian).
7. Missenar, F. A. (1961). Luchistoe otoplenie i okhlazhdenie. Moscow, Gosstroyizdat Publ., 320 p.
8. Khujaev, P. S., & Pochchoev, M. M. (2021). Use of solar energy in heating and hot water supply systems as an element of environmental housing, their integration in volume-planning and construction solutions of buildings. Polytechnic Bulletin. Series: Engineering studies, (1(53)), pp. 155-159. (In Tajik).

Библиографический список

1. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) / В. Н. Богословский. – 2-е изд. – Москва : Высшая школа, 1982. – 415 с. – Текст : непосредственный.
2. Богословский, В. Н. Тепловой режим здания / В. Н. Богословский. – Москва : Стройиздат, 1979. – 248 с. – Текст : непосредственный.
3. Снижение энергопотребления здания путем применения теплоизоляционных материалов / А. А. Сулейманов, П. С. Хужаев, З. А. Сулейманов, М. М. Поччоев. – Текст : непосредственный // Вестник Таджикского технического университета. – 2015. – № 2 (30). – С. 122–126.
4. Бутузов, В. А. Обзор мирового рынка солнечных систем теплоснабжения / В. А. Бутузов. – Текст : непосредственный // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2013. – № 12 (144). – С. 72–75.
5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3, Многолетние данные / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, Белорусское респ. упр. по гидрометеорологии и контролю природной среды. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1987. – 398 с. Вып. 31: Таджикская ССР / Таджикское республиканское управление по гидрометеорологии, Среднеазиатский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт им. В. А. Бугаева. – 1988. – 398, [1] с.
6. Хужаев, П. С. Комплексный подход к повышению энергоэффективности зданий и сооружений / П. С. Хужаев, Н. А. Сулейманова. – Текст : непосредственный // Материалы Международной научно-практической конференции «Электроэнергетика: проблемы и перспективы развития энергетики региона», 21 декабря 2018 г. – Часть 1. – С. 252–257.
7. Миссенар, Ф. А. Лучистое отопление и охлаждение / Ф. А. Миссенар; перевод с французского инж. И. С. Утевского; под ред. канд. техн. наук доц. А. П. Протопопова. – Москва : Госстройиздат, 1961. – 320 с. – Текст : непосредственный.
8. Хужаев, П. С. Использование солнечной энергии в системах отопления и горячего водоснабжения как элемент экологического жилища, интеграция в строительстве индивидуального жилья / П. С. Хужаев, М. М. Поччоев. – Текст : непосредственный // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – № 1 (53). – 2021. – С. 155–159.

Information about the author

Parviz S. Khujaev, Candidate in Engineering, Associate Professor at the Department of Water Supply Systems, Heat and Gas Supply and Ventilation, Tajik Technical University named after Academician M. S. Osimi, e-mail: pkhujaev@gmail.com

Сведения об авторе

Хужаев Парвиз Сайдгуфронович, канд. техн. наук, доцент кафедры систем водоснабжения, теплогазоснабжения и вентиляции, Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими, e-mail: pkhujaev@gmail.com

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПОМЕЩЕНИЙ ОФИСНОГО ЦЕНТРА В Г. ТОБОЛЬСКЕ

Т. С. Жилина¹, С. Д. Вяткина¹, Ю. С. Ульянова²

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

² ООО «Штат», Тюмень, Россия

EXPERIENCE IN DESIGNING THE SUPPLY-AND-EXHAUST VENTILATION SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF THE PREMISES OF THE OFFICE CENTER IN TOBOLSK

Tatyana S. Zhilina¹, Svetlana D. Viatkina¹, Yulya S. Ulyanova²

¹ Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

² LLC "Shtat", Tyumen, Russia

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрены примеры проектирования и сравнения приточной, вытяжной и приточно-вытяжной систем вентиляции в отдельных помещениях офисного центра в городе Тобольске. Рассмотрены преимущества устройства приточно-вытяжных установок с рекуператором тепла в помещениях с избытками теплоты. Приведены расчетные схемы двух вариантов систем вентиляции: автономной и приточно-вытяжной. Выполнены аэродинамические расчеты систем вентиляции и представлены в виде таблиц. Проведено технико-экономическое сравнение варианта системы вентиляции с пластинчатым теплоутилизатором и варианта без него. Подобрано вентиляционное оборудование. Сделан вывод о целесообразности использования варианта проектирования

Abstract. The article reviews examples of design and comparison of supply, exhaust and supply-and-exhaust ventilation systems in particular rooms of the office center in the city of Tobolsk. The advantages of the device of supply-and-exhaust units with a heat recovery in rooms with excess heat are considered. The design schemes of two variants of ventilation systems are given: autonomous and supply-and-exhaust. Aerodynamic calculations of ventilation systems were performed and presented in the form of tables. A technical and economic comparison of the version of the ventilation system with a plate heat recovery and the version without it was carried out. The ventilation equipment was selected. Summing up the results, it can be concluded that it is advisable to use the option of designing a supply-and-exhaust ventilation system with a plate heat recovery.

системы приточно-вытяжной вентиляции с пластинчатым теплоутилизатором. В статье рассмотрены методы рекуперации тепловой энергии в системах вентиляции приточно-вытяжного действия в отдельных помещениях офисного центра, которые значительно сокращают потребление тепло- и электроэнергии. Конструкции с рекуператором тепла исключают лишние расходы на обогрев наружного воздуха. В связи с постоянным увеличением тарифов на основные энергоресурсы рекуперация воздуха становится необходимой и применяется при проектировании систем вентиляции.

Ключевые слова: системы вентиляции, приточно-вытяжные установки, рекуперация, процесс теплообмена, утилизация теплоты

Besides, the authors consider the methods of heat energy recovery in the supply-and-exhaust ventilation systems in particular office premises, which significantly reduce the consumption of thermal and electrical energy. Designs with a heat recovery eliminate unnecessary costs for heating the outside air. Due to the constant increase in tariffs for basic energy resources, air recovery becomes necessary and uses in the design of ventilation systems.

Key words: ventilation systems, supply-and-exhaust units, recuperation, heat exchange process, heat recovery

Для цитирования: Жилина, Т. С. Опыт проектирования приточно-вытяжных систем вентиляции на примере помещений офисного центра в г. Тобольске / Т. С. Жилина, С. Д. Вяткина, Ю. С. Ульянова. – DOI 10.31660/2782-232X-4-60-72. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 60-72.

For citation: Zhilina, T. S., Viatkina, S. D., & Ulyanova, Yu. S. (2022). Experience in designing the supply-and-exhaust ventilation systems on the example of the premises of the office center in Tobolsk. Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 60-72. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-4-60-72.

Введение

Рост цен на энергоносители и переход стран мира на путь рационального использования энергетических ресурсов обуславливает необходимость поиска и реализации более эффективных решений по использованию тепловой энергии в системах теплогазоснабжения и вентиляции зданий и сооружений. В настоящее время широкое применение нашли приточно-вытяжные вентиляционные системы с утилизацией теплоты удаляемого воздуха при помощи встроенного рекуператора.

Под рекуперацией понимается процесс утилизации тепла внутреннего воздуха для нагрева приточного наружного воздуха. В отношении теплообменных реакций рекуперация характеризуется как частичный возврат энергии, затраченной на проведение технологического действия, с целью при-

менения в этом же процессе. Конструкция рекуперационного теплообменника разработана с целью утилизации тепла через его стенки, т. е. чтобы приточные и вытяжные потоки воздуха находились в отдельных отсеках и не смешивались [1].

Объект и методы исследования

В данной статье авторами рассмотрены примеры проектирования и сравнения приточной, вытяжной и приточно-вытяжной систем вентиляции в отдельных помещениях офисного центра в городе Тобольске. Система вентиляции воздуха является одной из основных инженерных систем зданий. Она обеспечивает воздухообмен в помещениях и создает здоровый микроклимат. Пластинчатый рекуператор, применяемый в системах вентиляции, является самым распространенным и производится в нашей стране [2].

Традиционно проектирование систем вентиляции для новых объектов включает приточные и приточно-вытяжные установки, вытяжные вентиляторы или вытяжные установки. Свежий воздух, поступающий в помещения здания, необходим для жизнедеятельности человека. Создание комфортных условий в помещениях зданий осуществляется системами отопления и вентиляции, и приточно-вытяжная система вентиляции является очень важной. Она совмещает в себе функции вытяжных и приточных установок.

Назначение приточных систем заключается в обеспечении бесперебойной подачи очищенного в фильтрах наружного воздуха в помещения в регламентируемых объемах. Вытяжные вентиляционные системы – установки для выброса загрязненного воздуха из помещений за пределы здания.

Использование приточно-вытяжной установки вызвано необходимостью поддержания и регулирования воздушного теплового баланса (обеспечивается циркуляция воздушных потоков в помещении) и контроля за чистотой подаваемого воздуха (обеспечивается несколькими степенями фильтрации) [3].

Одна из формул, по которым рассчитывается температурный показатель с учетом КПД прибора:

$$t = \text{КПД} \cdot (t_1 - t_2) + t_2, \quad (1)$$

где t_1 – внутренняя температура помещения, °C;
 t_2 – наружная температура, °C.

То есть, если при наружной температуре воздуха 0 °C и внутренней температуре в помещении плюс 22 °C, эффективность составляет 75 %, то температура воздуха, исходящего из рекуператора: $t = 0,75 \cdot (22 - 0) + 0 = 16,5$ °C.

Так как теплопотери помещений в реальности различны, этот показатель будет меньше – приблизительно плюс 15 °C [4].

При выборе рекуператора обязательно учитывают свободный напор вентиляторов, а благодаря наличию автоматики и возможности подключения к ней, опциональных компонентов можно значительно понизить эксплуатационные издержки и добиться максимального комфорта при работе оборудования [5, 6].

В статье рассмотрены два варианта проектирования систем вентиляции ряда помещений офисного центра: 1) автономные системы: приточная (П1) и вытяжная (В1); 2) приточно-вытяжная система (ПВ1) с рекуперацией тепла.

Для сравнения были выбраны помещения с явными выделениями тепла и влаги, так как офисные помещения обслуживаются стандартными системами вентиляции.

Организация принудительной приточно-вытяжной (ПВ) вентиляции позволяет комплексно решать вопросы управления микроклиматом зданий и помещений и предполагает точный поградусный температурный контроль, высокую степень очистки входного потока и соотношение входящего и исходящего из помещения воздуха 50/50.

Главное преимущество использования систем с рекуперацией заключается в снижении эксплуатационных расходов за счет значительного сокращения требуемой тепловой мощности для нагрева приточного воздуха [3].

Климатические данные объекта в г. Тобольске (СП 131.13330.2020¹):

- температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 – минус 39 °C;
- средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха – минус 7,8 °C;
- продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха – 232 суток;
- температура воздуха теплого периода года обеспеченностью 0,95 – плюс 23 °C.

¹ Строительная климатология = Building climatology : СП 131.13330.2020 : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2020 г. № 859/пр : введен в действие 25 июня 2021 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (дата обращения: 05.10.2022).

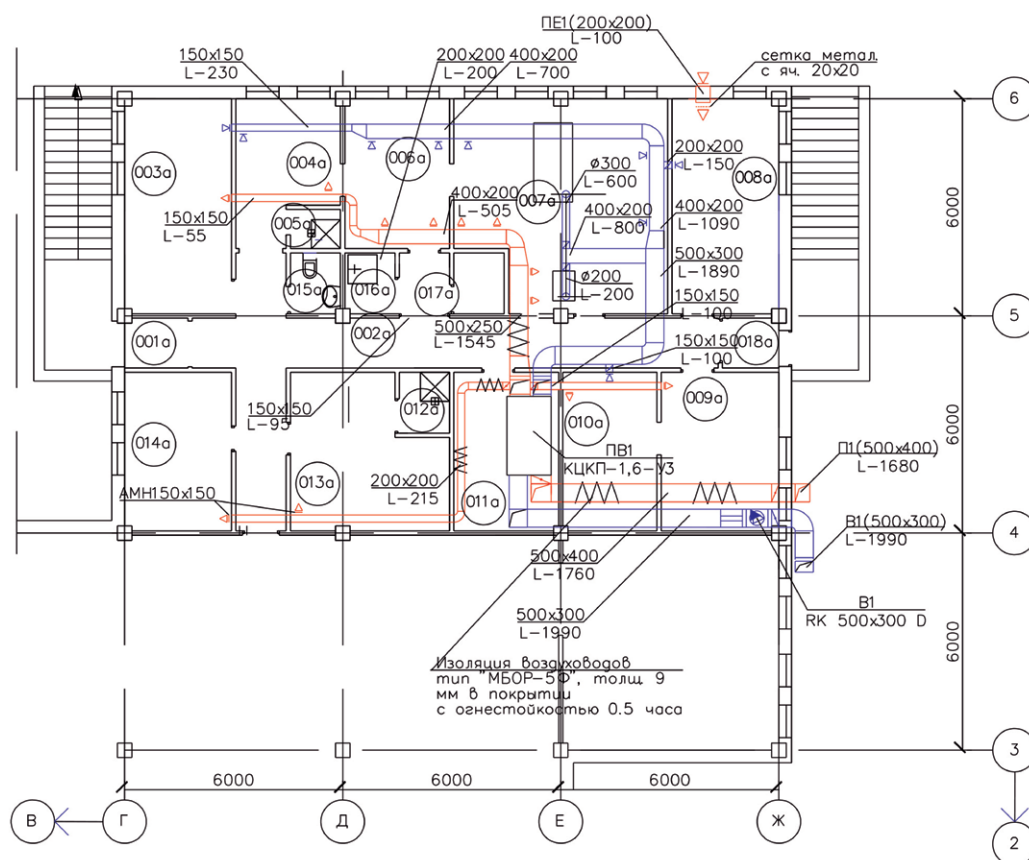


Рис. 1. Фрагмент плана цокольного этажа на отметке –3.300 в осях Г-Ж, 3-6

Управление ПВ установками осуществляется пультами дистанционного управления, с их помощью регулируются основные параметры систем: переключение между стандартными значениями параметров, переход на режим автоматической настройки; установка ограничения по влажности воздуха; регулировка требуемой внутренней температуры воздуха; переключение в

режим приточной или вытяжной установки, регулировка скорости вентилятора [7].

На рис. 1 приведен фрагмент плана цокольного этажа здания офисного центра на отметке –3.300 в осях Г-Ж, 3-6 с системами вентиляции.

При определении расчетных параметров внутреннего воздуха помещений использованы данные СП 60.13330.2020², ГОСТ 30494-2011³,

² Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха = Heating, ventilation and air conditioning : СП 60.13330.2020 : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 921/пр : введен в действие 01 июля 2021 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573697256> (дата обращения: 05.10.2022).

³ ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях = Residential and public buildings. Microclimate parameters for indoor enclosures : межгосударственный стандарт : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. № 191-ст взамен ГОСТ 30494-96 : дата введения 2013-01-01 : разработан ОАО «СантехНИИпроект», ОАО «ЦНИИПромзданий». – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053> (дата обращения: 05.10.2022).

ГОСТ 12.1.005-88⁴ (расчетные температуры внутреннего воздуха в помещениях приведены в таблице 1).

Параметры наружного и внутреннего воздуха рассчитаны по трем периодам года (параметры наружного воздуха приведены в таблицах 2, 3):

- для теплого периода года температура наружного воздуха равна температуре воздуха, °С, обеспеченностью 0,95; влажность относительная – средней месячной относительной влажности воздуха наиболее теплого месяца, %.

Барометрическое давление принято по теплому периоду года (принято таким же для остальных периодов).

- для холодного периода года температура наружного воздуха равна температуре воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92; влажность относительная – средней месячной относительной влажности воздуха наиболее холодного месяца, %. Остальные параметры приняты по i-d диаграмме.

Таблица 1

Расчетные температуры внутреннего воздуха в помещениях, обслуживаемых системами П1, В1

№ помещения	Наименование помещения	S, м ²	t _{вн} , °С
Цокольный этаж			
003a	Помещение приема и разборки белья	16,6	18
004a	Помещение замачивания и кипячения белья	9,1	18
006a	Стиральный цех	10,9	18
007a	Сушильно-гладильный цех	30,1	15
008a	Помещение мелкого ремонта и утюжки	15,1	16
009a	Помещение сестры-хозяйки	12,1	18
010a	Материальная	8	16
013a	Помещение персонала	14,2	16
014a	Помещение администрации	12,1	16

Таблица 2

Параметры наружного воздуха в районе застройки (г. Тобольск)

Периоды года	Температура t _н , °С	Влажностное содержание d, г/кг	Относительная влажность φ, %	Энтальпия I, кДж/кг	Барометрическое давление, Па
Холодный	-39	0,2	81	-39,2	101 000
Переходный	10	6,5	86	26,5	
Теплый	23	12,5	71	55	

⁴ ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны = Occupational safety standards system. General sanitary requirements for working zone air : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.09.88 г. № 3388 взамен ГОСТ 12.1.005-76 : дата введения 1989-01-01 : разработан и внесен Министерством здравоохранения СССР, Всесоюзным Центральным Советом Профессиональных Союзов. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения: 05.10.2022).

Таблица 3

**Параметры внутреннего воздуха
в отдельных помещениях офисного центра**

Период года	Температура, °С	Скорость движения воздуха, м/с, не более	Относительная влажность φ, %
Холодный	18	0,2	43
Переходный	20	0,3	53
Теплый	27	0,5	60

Результаты

Расчет требуемого воздухообмена в помещениях, обслуживаемых системами П1, В1 (таблица 4), производится по кратности (СП 44.13330.2011⁵, СП 118.13330.2012⁶), м³/ч:

$$L = k \cdot V_{\text{пом}} \quad (2)$$

где k – нормативная кратность воздухообмена;
 $V_{\text{пом}}$ – объем помещения, м³.

Таблица 4

Воздухообмен в помещениях, обслуживаемых системами П1, В1

№ помещения	Наименование помещения	Размеры помещения				Кратность воздухообмена		Воздухообмен, м³/ч		Номер вентиляционной системы	
		a , м	b , м	h , м	V , м³	+	–	+	–	+	–
003a	Помещение приема и разборки белья	2,8	6	3,3	55	1	2	55	110	П1	В1
004a	Помещение замачивания и кипячения белья	2,4	3,7	3,3	29,3	3	4	90	120	П1	В1
006a	Помещение хранения моющих средств	3,8	2,8	3,3	36,1	10	13	360	470	П1	В1
007a	Стиральный цех	5,1	6,2	3,3	104,3	10	10	1040	1040	П1	В1
008a	Сушильно-гладильный цех	5,1	3	3,3	50	2	3	100	150	П1	В1
009a	Помещение мелкого ремонта и утюжки	4,4	2,1	3,3	30,5	1,5	–	60	–	П1	–
010a	Материальная	4,4	1,8	3,3	26,6	1,5	3	40	100	П1	В1
013a	Помещение персонала	4,4	3,3	3,3	47,5	2	–	95	–	П1	–
014a	Помещение администрации	4,4	2,8	3,3	40	3	–	120	–	П1	–

⁵ Административные и бытовые здания = Office and social buildings : СП 44.13330.2011 : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 782 : введен в действие 20 мая 2011 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084087> (дата обращения: 05.10.2022).

⁶ Общественные здания и сооружения = Public buildings and works : СП 118.13330.2012 : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. № 635/10 : введен в действие 01 января 2013 г. : внесено и утверждено изменение № 1 приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7 августа 2014 г. № 438/пр : введено в действие 1 сентября 2014 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092705> (дата обращения: 05.10.2022).

На основании требований справочной литературы и СП 73.13330.2016 Внутренние санитарно-технические системы зданий⁷ выполнен аэродинамический расчет для определения сечений воздуховодов и давления, создаваемого вентиляционной установкой.

Вариант 1. П1 – приток в рассматриваемые помещения цокольного этажа; В1 – удаление воздуха из рассматриваемых помещений цокольного этажа. Расчетные аксонометрические схемы систем В1 и П1 представлены на рис. 2, 3. Данные аэродинамических расчетов сведены в таблицу 5.

Таблица 5

Аэродинамический расчет систем П1 и В1

№ участка	Расход L , $\text{м}^3/\text{ч}$	Длина участка l , м	Стандартная площадь сечения $f_{\text{станд}}$, м^2	Размеры сечения $A \times B$, $\varnothing$, мм	Фактическая скорость воздуха на участке $V_{\text{факт}}$, м/с	Динамическое давление $P_{\text{дин}}$, Па	Сопротивление R , Па/м	Сумма местных сопротивлений $\Sigma \xi$	$\Delta P_{\text{м.с.}}$, Па	Расчетное давление $\Delta P_{\text{расч.}}$, Па
В1										
1	230	1,7	0,0225	150 × 150	2,84	4,89	0,84	3,6	17,6	19,0
2	700	4,4	0,08	400 × 200	2,43	3,58	0,31	3,76	13,5	14,9
3	860	6,7	0,08	400 × 200	2,99	5,41	0,45	4,88	26,4	29,4
4	150	0,4	0,04	200 × 200	2,34	3,32	0,42	1,8	6,0	6,2
5	1090	2,5	0,08	400 × 200	3,78	8,69	0,69	2,77	24,1	25,8
6	600	2,4	0,071	Ø300	2,36	3,37	0,25	4,41	14,8	15,5
7	200	1,7	0,03	Ø200	2,27	3,13	0,39	3,7	11,6	12,3
8	800	2,6	0,08	400 × 200	2,78	4,7	0,39	1,2	5,6	6,7
9	1890	1,6	0,15	500 × 300	4,50	12,28	0,62	2,08	25,5	26,6
10	100	3,1	0,0225	150 × 150	2,23	3,02	0,55	8,22	24,8	26,5
11	1990	14,4	0,15	500 × 300	5,09	15,71	0,78	4,50	70,7	81,9
П1										
1	55	1,6	0,0225	150 × 150	3,68	8,2	1,35	1,8	14,8	16,9
2	505	5,4	0,08	400 × 200	3,75	8,5	0,68	8,13	69,3	73
3	1545	6,4	0,125	500 × 250	4,43	11,9	0,69	8,64	103	107
4	215	11,9	0,04	200 × 200	3,49	7,4	0,86	8,08	59,7	69,9
5	100	3,7	0,0225	150 × 150	3,23	6,33	1,07	7,62	48,2	52,1
6	1760	13,6	0,15	500 × 300	4,26	11,01	0,56	10,35	114	121,5

⁷ Внутренние санитарно-технические системы зданий = Internal sanitary-technical systems : СП 73.13330.2016 : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 сентября 2016 г. № 689/пр : введен в действие 1 апреля 2017 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456029018> (дата обращения: 05.10.2022).

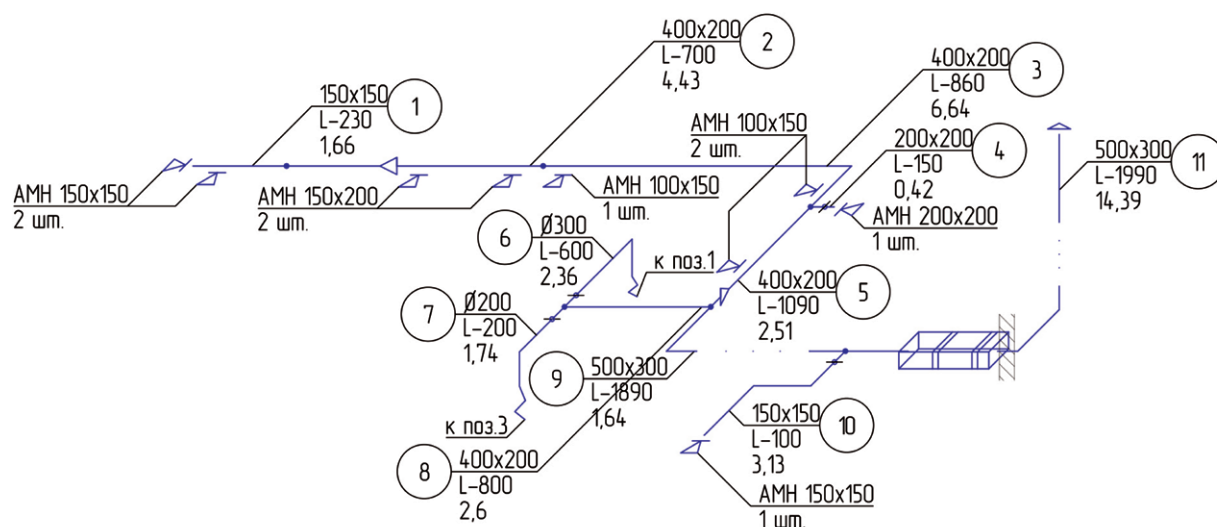


Рис. 2. Расчетная схема системы В1

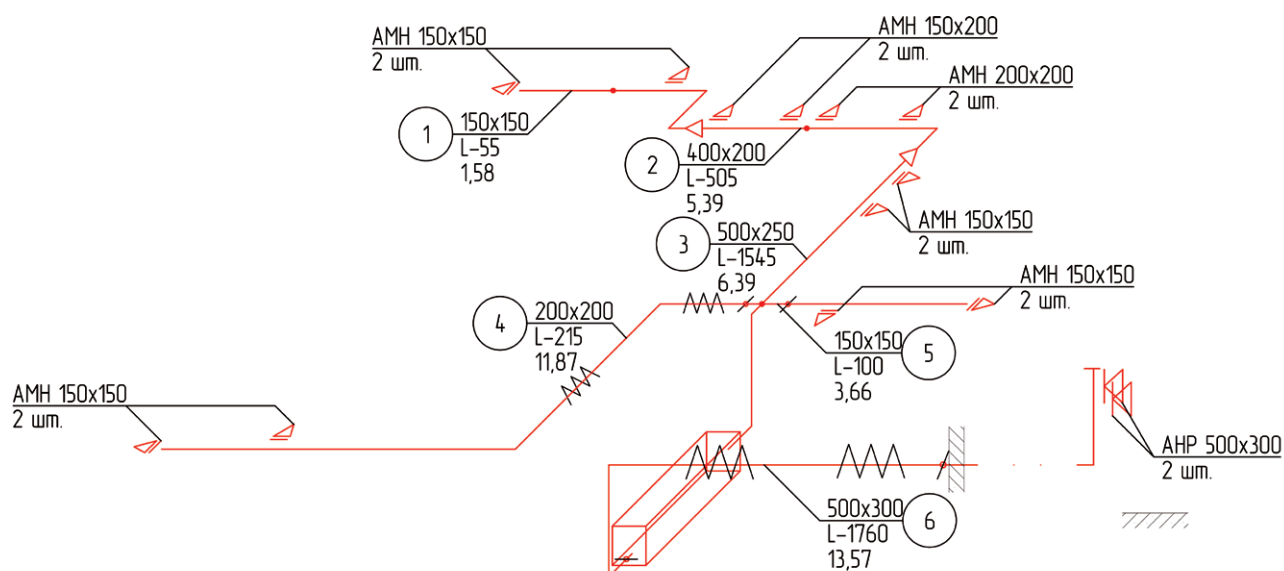


Рис. 3. Расчетная схема системы П1

Исходные данные для подбора вентиляционного оборудования: величины расхода и давления (запас на потери давления в воздуховодах – 10–15 %).

Система П1: кондиционер центральный кар-кас-но-панельный – КЦКП-1,6-УЗ.

Система В1:

- производительность вентилятора, м³/ч:

$$L_{\text{вент}} = 1,1 \cdot L_{\text{сист}}, \quad (3)$$

- давление, развиваемое вентилятором, Па:

$$P_{\text{вент}} = 1,1 \cdot (P_z + P_{\text{св}} + P_{\text{шв}}), \quad (4)$$

где P_z – сопротивление зонта, Па;

$P_{\text{св}}$ – сопротивление сети воздуховодов, Па;

$P_{\text{шв}}$ – сопротивление шахты вытяжной, Па.

К установке принят каналный осевой вентилятор (В1): RK600×300D.

Наименование вентиляционного оборудования (вариант 1) приведено в таблице 7.

Вариант 2. Аэродинамический расчет при-точно-вытяжной системы с пластинчатым теп-

СТРОИТЕЛЬСТВО/CONSTRUCTION

лоутилизатором ПВ1 произведен аналогично аксонометрическая схема ПВ1 представлена на предыдущему расчету (таблица 6). Расчетная рис. 4.

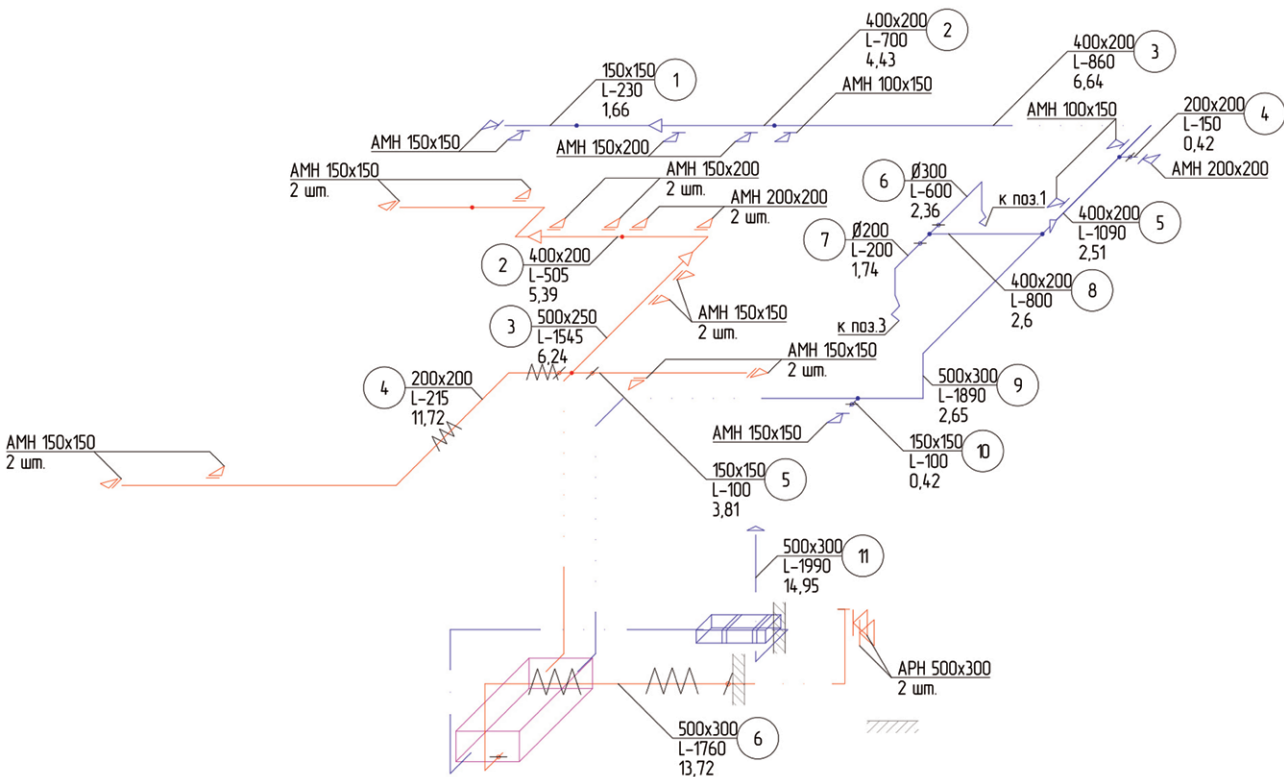


Рис. 4. Расчетная схема системы ПВ1

Таблица 6

Аэродинамический расчет системы ПВ1

№ участка	Расход L , $m^3/ч$	Длина участка l , м	Стандартная площадь сечения, $f_{станд}$, m^2	Размеры сечения $A \times B$, $\varnothing$, мм	Фактическая скорость воздуха на участке $V_{факт}$, м/с	Динамическое давление $P_{дин}$, Па	Сопротивление R , Па/м	Сумма местных сопротивлений $\Sigma \xi$	$\Delta P_{м.с.}$, Па	Расчетное давление $\Delta P_{расч}$, Па
ПВ1										
П1										
1	55	1,6	0,0225	150 × 150	3,68	8,21	1,35	1,8	14,8	16,9
2	505	5,4	0,08	400 × 200	3,75	8,53	0,68	8,13	69,3	73,0
3	1 545	6,3	0,125	500 × 250	4,43	11,9	0,698	8,64	102,9	107,2
4	215	11,7	0,04	200 × 200	3,49	7,39	0,856	8,1	59, 7	69,7
5	100	3,8	0,0225	150 × 150	3,23	6,33	1,066	7,6	48, 3	52,3
6	1 760	13,7	0,15	500 × 300	4,26	11,01	0,56	10,4	113,9	121,6

№ участка	Расход L , $\text{м}^3/\text{ч}$	Длина участка l , м	Стандартная площадь сечения, $f_{\text{станд}}$, м^2	Размеры сечения $A \times B$, $\varnothing$, мм	Фактическая скорость воздуха на участке $V_{\text{факт}}$, $\text{м}/\text{с}$	Динамическое давление $P_{\text{дин}}$, Па	Сопротивление R , Па/м	Сумма местных сопротивлений $\Sigma \xi$	$\Delta P_{\text{м.с.}}$, Па	Расчетное давление $\Delta P_{\text{расч}}$, Па
В1										
1	230	1,7	0,0225	150 × 150	2,84	4,89	0,84	3,6	17,6	19,0
2	700	4,4	0,08	400 × 200	2,43	3,58	0,31	3,76	13,5	14,9
3	860	6,6	0,08	400 × 200	2,99	5,41	0,45	4,88	26,4	29,4
4	150	0,4	0,04	200 × 200	2,34	3,32	0,42	1,8	6,0	6,2
5	1 990	2,5	0,08	500 × 300	3,78	8,69	0,692	2,77	24,1	25,8
6	600	2,4	0,07069	$\varnothing 300$	2,36	3,37	0,254	4,4	14,9	15,5

Произведен подбор вентиляционного оборудования системы ВБ1:

- П1 – кондиционер центральный каркасно-панельный – КЦКП-1,6-УЗ;
- вытяжной вентилятор.

Подбор канального вентилятора: осевой вентилятор подбирается по сводным графикам, в результате чего КПД вентилятора должно быть в пределах 10 % от максимального КПД (формулы (2), (3)). К установке принят канальный вентилятор: RK500×300D.

Подбор пластинчатого теплоутилизатора: исходные данные для подбора подразумевают учет обязательных и дополнительных параметров. Обязательные параметры приточного и вытяжного воздуха: расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$; температура на входе в теплоутилизатор, $^{\circ}\text{C}$; влажность относительная на входе в теплоутилизатор, %. Дополнительные параметры: атмосферное давление; температура на выходе из теплоутилизатора; ожидаемая эффективность; максимально допустимое падение давления в теплообменнике, Па.

По результатам расчета к установке принят: пластинчатый теплоутилизатор PWT25/400/520-5.5-120; $G_k = 9,6 \text{ кг}/\text{ч}$; $Q_T = 15,8 \text{ кВт}$; КПД = 51 %.

Наименование вентиляционного оборудования (вариант 2) приведено в таблице 8.

Принцип работы рекуператора в приточно-вытяжной установке ВБ1 связан с теплообменом

между потоками приточного и вытяжного воздуха. В данном случае ход теплообмена может осуществляться постоянно – через стенки теплообменника, с поддержкой хладона либо переходного теплоносителя. Таким образом выбрасываемый вытяжной воздух охлаждается, нагревая тем самым чистый приточный воздух [8].

Затраты на реализацию объекта с системой вентиляции с рекуперацией энергии выше, так как стоимость такой установки больше стоимости обычной приточно-вытяжной установки. Однако в дальнейшем данные затраты окупаются за счет экономии энергии на объекте. Кроме того, эти системы более рентабельны и в экстремальных климатических условиях [3].

Экономичность систем вентиляции обусловлена стоимостью материалов, оборудования, сборки, эксплуатации. Показатели экономичности: технологичность конструкции, масса элементов, затраты труда, сроки изготовления, сроки монтажа, расходы на наладку, управление и ремонт. При проведении технико-экономического сравнения различных проектных решений (стоимости системы вентиляции с пластинчатым теплоутилизатором и без него) выявляется экономический эффект.

Авторами было проведено технико-экономическое сравнение установок (варианты 1, 2) систем вентиляции (таблицы 7, 8).

Таблица 7

Расчет стоимости систем вентиляции (вариант 1, системы П1, В1) (в ценах 2021 г.)

Наименование оборудования	Цена за 1 шт., руб.	Кол-во, шт.	Цена, руб.
Блок воздухоприемный РЕГУЛЯР-0325-0575-Н-П-05-00-00-У3	9 985,00	2,00	19 970,00
Фильтр карманный ФВК-63-360-6-G4	1 500,00	1,00	1 500,00
Воздухонагреватель жидкостный ВНВ243.1-043-030-04-4,0-24-2	46 898,00	1,00	46 898,00
Кондиционер центральный каркасно-панельный КЦКП-1,6-У3	43 665,00	1,00	43 665,00
Шумоглушитель 3×100 мм, 500 мм	7 500,00	1,00	7 500,00
Вентилятор RK600×300D	69 416,00	1,00	69 416,00
ИТОГО			188 949,00

Таблица 8

Расчет стоимости систем вентиляции (вариант 2, система ПВ1) (в ценах 2021 г.)

Наименование оборудования	Цена за 1 шт., руб.	Кол-во, шт.	Цена, руб.
Передняя панель с клапаном РЕГУЛЯР-0325-0575-Н-П-02-00-00-У3	5 750,00	2,00	11 500,00
Фильтр карманный ФВК-63-360-6-G4	1 500,00	1,00	1 500,00
Воздухонагреватель жидкостный ВНВ243.1-043-030-03-4,0-18-4	17 785,00	1,00	17 785,00
Теплоутилизатор пластинчатый PWT25/400/520-5.5-120	32 943,00	1,00	32 943,00
Воздухонагреватель жидкостный ВНВ243.1-043-030-01-3,0-06-4	14 363,00	1,00	14 363,00
Кондиционер центральный каркасно-панельный КЦКП-1,6-У3	43 665,00	1,00	43 665,00
Шумоглушитель 3×100 мм, 500 мм	7 500,00	1,00	7 500,00
Вентилятор RK500×300D	54 091,00	1,00	54 091,00
ИТОГО			183 347,00

Выводы

Приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией – оптимальный способ добиться качественной циркуляции воздуха и сэкономить на отоплении и электроэнергии.

Сравнив затраты на оборудование, можно сделать вывод, что целесообразнее использовать вариант проектирования системы приточно-вытяжной вентиляции с пластинчатым теплоутилизатором. Данное решение можно объяснить тем, что за счет работы рекуператора уменьшается потребность в воздухонагревателе. Вместо одной ступени подогрева необработанного приточного воздуха возникают две – до системы рекуперации и доподогрев после нее.

Также за счет видоизменения трассы вентиляционной системы на объекте уменьшилось давление на вытяжной вентилятор, вследствие чего был подобран вентилятор меньшей мощности [9].

Приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла – это современное инженерное решение задачи воздухообмена и сохранения тепла в помещениях. Благодаря применению таких систем можно добиться значительного сокращения затрат на обслуживание объекта [10].

Подобное техническое решение уже стало строительным стандартом во многих странах и закреплено на законодательном уровне [2]. Кроме того, повышение энергетической эффективности

является одним из приоритетов государственной политики в области энергосбережения.

В нашей стране целесообразность применения систем с рекуперацией тепла обосновывается целым рядом причин, в первую очередь ростом цен на все виды энергоносителей. К основным

причинам также можно отнести ограничения на установленную мощность (например, в центральных районах больших городов), а также введение новых стандартов и технических требований при проектировании, изготовлении и использовании энергосберегающего оборудования.

Библиографический список

1. Мысовских, П. В. Особенности применения систем рекуперации тепла в системах вентиляции общественных зданий / П. В. Мысовских, И. Н. Петриков. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2021. – № 9 (351). – С. 17–19.
2. Сафронов, К. Л. Обзор необходимых параметров для подбора вентиляции с рекуперацией / К. Л. Сафронов, В. Н. Астапов. – Текст : непосредственный // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 6. – С. 106.
3. Энергоэффективная система вентиляции с применением системы рециркуляции воздуха. – Текст : электронный // Инженерные системы и технологии : сайт. – URL: <https://ultrasale.ru/articles/energoeffektivnaya-sistema-ventilyacii-s-primeneniem-sistemy-recirkulyacii-vozdukha> (дата обращения: 07.10.2022).
4. Лучшие рекуператоры 2022 года для дома, офиса, квартиры: описание, преимущества, установка. – Текст : электронный // Совет инженера: интернет-энциклопедия по обустройству сетей инженерно-технического обеспечения : сайт. – 2022. – Июль. – URL: <https://sovet-ingenera.com/vent/oborud/luchshij-rekuperator.html> (дата обращения: 09.10.2022).
5. Энергоэффективные системы вентиляции здания с рекуперацией тепла / Д. Г. Шувалов, О. Ж. Турков, Д. А. Кругликов [и др.]. – Текст : непосредственный // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2018. – № 9 (201). – С. 80–86.
6. Самые эффективные виды вентиляции, недостатки и преимущества вентиляционных систем. – Текст : электронный // HouseChief : сайт. – URL: <https://housechief.ru/vidy-ventilyacii-nedostatki-i-preimushhestva-ventilyacionnykh-sistem.html> (дата обращения: 05.10.2022).
7. Приточно-вытяжные установки – описание, виды и применение. – Текст : электронный // Пано-рамаВент : сайт. – URL: <https://panoramavent.ru/poleznye-statii/pritochno-vytyazhnye-ustanovki-opisanie-vidy-i-primenenie> (дата обращения: 09.10.2022).
8. Пуклич, А. И. Сравнительный анализ систем рекуперации в системах вентиляции / А. И. Пуклич, И. А. Польш, В. В. Малых. – Текст : электронный // Синергия Наук : электронный журнал. – 2018. – № 23. – С. 1269–1273. – URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article2327> (дата обращения: 08.10.2022).
9. Рекуперация тепла. – Текст : электронный // Тепло Heat : сайт. – URL: <https://www.teplo-heat.ru/tekhnologii/2-rekuperatsiya-tepla> (дата обращения: 06.10.2022).
10. Приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла: виды и преимущества. – Текст : электронный // Geothermal : сайт. – URL: <https://geothermal54.ru/statii/pritochno-vytyazhnaya-ventilyatsiya-s-rekuperatsiey-tepla-vidy-i-preimushchestva> (дата обращения: 10.10.2022).

References

1. Mysovskikh, P. V., & Petrikov, I. N. (2021). Osobennosti primeneniya sistem rekuperatsii tepla v sistemakh ventilyatsii obshchestvennykh zdaniy. Molodoy uchenyy, (9(351)), pp. 17-19. (In Russian).
2. Safronov, K. L., & Astapov, V. N. (2018). Review of the necessary parameters for the selection of ventilation with recuperation. Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik, (6), p. 106. (In Russian).

3. Energoeffektivnaya sistema ventilyatsii s primeneniem sistemy retsirkulyatsii vozdukha. Inzhenernye sistemy i tekhnologii. (In Russian). Available at: <https://ultrasale.ru/articles/energoeffektivnaya-sistema-ventilyatsii-s-primeneniem-sistemy-recirkulyatsii-vozdukha> (accessed 07.10.2022).
4. Luchshie rekuperatory 2022 goda dlya doma, ofisa, kvartiry: opisanie, preimushchestva, ustanovka. (2022). Sovet inzhenera: internet-entsiklopediya po obustroystvu setey inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniya. (In Russian). Available at: <https://sovet-ingenera.com/vent/oborud/luchshij-rekuperator.html> (accessed 09.10.2022).
5. Shuvalov, D. G., Turkov, O. Zh., Kruglikov, D. A., Sultanguzin, I. A., & Rudomazin, V. V. (2018). Energoeffektivnye sistemy ventilyatsii zdaniya s rekuperatsiyey tepla. Plumbing, Heating, Air conditioning, (9(201)), pp. 80-86. (In Russian).
6. Samye effektivnye vidy ventilyatsii, nedostatki i preimushchestva ventilyatsionnykh sistem. (2020). HouseChief. (In Russian). Available at: <https://housechief.ru/vidy-ventilyatsii-nedostatki-i-preimushchestva-ventilyatsionnykh-sistem.html> (accessed 05.10.2022).
7. Pritочно-вытяжные установки – описание, виды и применение. PanoramaVent. (In Russian). Available at: <https://panoramavent.ru/poleznye-statii/pritочно-вытяжные-установки-описание-виды-и-применение> (accessed 09.10.2022).
8. Puklich, A. I., Pol, I. A., & Malykh, V. V. (2018). Comparative analysis of recovery systems in ventilation systems. Sinergiya Nauk, (23), pp. 1269–1273. (In Russian). Available at: <http://synergy-journal.ru/archive/article2327> (accessed 08.10.2022).
9. Rekuperatsiya tepla. Teplo Heat. (In Russian). Available at: <https://www.teplo-heat.ru/tekhnologii/2-rekuperatsiya-tepla> (accessed 06.10.2022).
10. Pritочно-вытяжная вентиляция с rekuperatsiyey tepla: vidy i preimushchestva. Geothermal. (In Russian). Available at: <https://geothermal54.ru/statii/pritочно-вытяжная-ventilyatsiya-s-rekuperatsiyey-tepla-vidy-i-preimushchestva> (accessed: 10.10.2022).

Сведения об авторах

Жилина Татьяна Семеновна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: zhilinats@tyuiu.ru

Вяткина Светлана Дмитриевна, старший преподаватель кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: vjatkinasd@tyuiu.ru

Ульянова Юлия Сергеевна, заместитель генерального директора ООО «Штат», Тюмень, e-mail: viatkina.87@mail.ru

Information about the authors

Tatyana S. Zhilina, Candidate in Engineering, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: zhilinats@tyuiu.ru

Svetlana D. Vyatkina, Senior Lecturer at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: vjatkinasd@tyuiu.ru

Yulia S. Ulyanova, Deputy General Director of LLC "Shtat", Tyumen, e-mail: viatkina.87@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

В. А. Солонина

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

POSSIBILITIES OF USING INDUSTRIAL WASTE TO PRODUCE STRUCTURAL CERAMICS

Valentina A. Solonina

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. В настоящей статье рассмотрена возможность применения отхода в виде шлака металлургического завода «Электросталь Тюмени». Шлак в тонкомолотом состоянии предлагается вводить в состав сырьевой шихты для получения стеновой керамики. Приведенные экспериментальные данные демонстрируют действие шлака одновременно в качестве отошающей добавки и добавки-плавня, что позволяет снизить число пластичности глины Кыштырлинского месторождения г. Тюмени и температуру ее спекания. Полученные результаты свидетельствуют о повышении прочности керамического черепка на 23,8 %. Для улучшения теплотехнических характеристик керамических изделий дополнительно в состав сырьевой смеси вводится выгорающая добавка – древесная мука. Прочность керамического черепка с металлургическим шлаком и выгорающей добавкой на 63,4 % превосходит прочность образцов с выгорающей добавкой при температуре обжига 950 °С.

Abstract. The article considers the possibility of using a waste in the form of slag from the metallurgic plant "Electrostal of Tyumen". A fine-grained slag is offered to be introduced into the composition of a raw charge for making the wall ceramics. The presented experimental data demonstrate the effect of slag as a leaner additive and flux at the same time, which allows reducing the plasticity index of clay in Kyshtyrlinskoye deposit in Tyumen and the temperature of its sintering. The results show an increase in the strength of ceramic shard by 23.8 %. A combustible additive (wood flour) is introduced in addition to the composition of the raw mix to improve the heat engineering characteristics of ceramic products. The strength of the ceramic shards with metallurgic slag and combustible additive is 63.4 % more than strength of samples with combustible additive at firing temperature 950 °C.

Ключевые слова: глинистое сырье, керамический кирпич, металлургический шлак, выгорающая добавка, отощающая добавка, прочность при сжатии, огневая усадка, водопоглощение

Key words: clayey raw material, ceramic bricks, metallurgical slag, combustible additive, leaner additive, compressive strength, fire shrinkage, water absorption

Для цитирования: Солонина, В. А. Возможности использования промышленных отходов для получения строительной керамики / В. А. Солонина. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-73-81. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 73–81.

For citation: Solonina, V. A. (2022). Possibilities of using industrial waste to produce structural ceramics. Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 73-81 (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-73-81.

Введение

Интенсивное развитие производств различных отраслей по добыче и переработке сырья приводит к образованию крупнотоннажных отходов и, как следствие, увеличению процента отчуждаемых территорий с целью складирования таких отходов, что оказывает неблагоприятное воздействие на экологию [1, 2].

Согласно данным Росприроднадзора, систематизированные по виду экономической деятельности вторичные отходы занимают первое место в общем объеме образующихся отходов. Значительная доля промышленных отходов в России приходится на металлургические шлаки и шламы, золы и шлаки теплоэлектростанций, работающих на твердом топливе.

Распоряжением Правительства РФ от 10 мая 2016 г. № 868-р «Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года»¹ задан вектор использования отходов металлургической отрасли.

Согласно данным ведущих геологов, уже в ближайшие 20–30 лет может возникнуть значительная нехватка природных материалов. Вовлечение вторичного сырья в качестве их частичной замены позволит сократить масштабы потребления природного сырья и снизить экологическую нагрузку [3].

Исследования ученых в направлении утилизации промышленных отходов при производстве керамических материалов с достижением высоких физико-механических характеристик подтверждают возможность их использования в составе шихты [4–10].

В соответствии с ГОСТ 530-2012² к керамическим стеновым материалам предъявляются требования по показателям прочности, морозостойкости, водопоглощения, плотности. Получить изделия с заданными характеристиками возможно только при соблюдении всех технологических этапов производства, начиная с подбора сырьевых компонентов с определенными качественными параметрами и заканчивая режимами сушки и обжига сырца.

¹ Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года : Распоряжение Правительства РФ от 10 мая 2016 г. № 868-р. – Текст : электронный // Правительство России : официальный сайт. – URL: <http://static.government.ru/media/files/RnBfAw072e3tmmYkU2lRh1LI1NaHeG0q.pdf> (дата обращения: 10.09.2022).

² ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия = Ceramic brick and stone. General specifications: межгосударственный стандарт : издание официальное : дата введения 2013-07-01 / разработан Ассоциацией производителей керамических материалов, Обществом с ограниченной ответственностью «ВНИИСТРОМ «Научный центр керамики». – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100260> (дата обращения: 23.08.2022).

Учитывая, что минеральные новообразования керамики формируются в результате физико-химических реакций, протекающих в процессе обжига, большое внимание при подборе промышленных отходов следует уделять химическому составу [11].

Металлургические шлаки в качестве компонента сырьевой шихты могут использоваться как отощающая добавка или как добавка-плавень. Их основные фазы содержат 3d-катионы, которые обладают армирующим свойством за счет образования контактных переходных зон на границе раздела фаз. Такие фазы при формовании сырца повышают коэффициент внутреннего трения и связывают отдельные слои массы, при сушке это препятствует появлению трещин. При обжиге они образуют контактные переходные зоны по границе раздела *зерно отощителя – глиняная матрица*, тем самым армируя матрицу. Таким образом, свойства готовых изделий зависят от количества и качества контактных переходных зон, а значит, изначально формируя контактные зоны по данной границе, можно получать заданные физико-механические показатели готового материала [12–15].

Для стеновых строительных материалов, в том числе керамических, актуальным вопросом остаются показатели теплопроводности. Наиболее затратным сегментом экономики РФ является теплообеспечение зданий и сооружений. Затраты на данное направление составляют около 20 % вырабатываемых в России энергоресурсов. Одним из частных решений данной проблемы может стать применение поризованной керамики в ограждающих конструкциях.

Эффективным способом повышения пористости керамических стеновых материалов является введение в глиняную массу выгорающих добавок. Они будут способствовать равномерному спеканию, а также регулировать температуру обжига [16].

В ходе выполнения исследовательской работы была поставлена цель – получить поризованный керамический стеновой материал с повышенными прочностными и теплоизоляционными характеристиками.

Материалы и методы исследования

В качестве основного сырьевого компонента для изготовления образцов применялась глина Кыштырлинского месторождения Тюменской области. По технологическим характеристикам глина относится к группе среднedisперсных, является среднепластичной и высокочувствительной к процессам сушки и обжига. Данная глина применяется для производства кирпича только в смеси с отощающими добавками.

Глина по данным химического состава относится к группе полукислых (таблица 1).

В качестве компонентов сырьевой шихты апробировано применение кварцевого песка с модулем крупности 1,18 и предварительно молотого металлургического шлака (таблица 2) с размером частиц от 2,5 мм до 100 мкм. Шлак является отходом технологического цикла производства на металлургическом заводе «Электро-сталь Тюмени».

С целью формирования поровой структуры керамического черепка в состав смеси вводи-

Таблица 1

Химический состав глины, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	CaO+MgO	SO ₃	FeO+Fe ₂ O ₃	K ₂ O+Na ₂ O	ППП
57,03	19,89	2,99	1,21	9,4	3,05	6,43

Таблица 2

Химический состав шлака, %

CaO	SiO ₂	CaO/SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	MnO
57,03	19,89	2,99	1,21	9,4	3,05	6,43

Таблица 3

Составы сырьевой шихты

Состав	Глина, %	Песок, %	Шлак, %	Формовочная влажность, %
1	70	30	–	24
2	70	25	5	33
3	70	20	10	33
4	70	15	15	32
5	70	10	20	31,8

лась древесная мука хвойных пород с размером частиц менее 0,9 мм.

Для характеристик плотности и прочности образцов керамики использовались стандартные методики, пористость диагностировалась по кинетике водопоглощения. Коэффициент теплопроводности оценивался расчетным методом по формуле В. П. Некрасова в зависимости от относительной плотности получаемых образцов.

Результаты

На начальном этапе исследовалось влияние металлургического шлака на физико-механические свойства керамического черепка. Шлак вводился в дозировках до 20 % при условии соблюдения постоянной доли суммарных отощающих компонентов в сырьевой смеси (таблица 3). Образцы формовались в виде пластинок размером 50 × 50 × 8 мм.

Сушка образцов производилась при температуре 45 °С до постоянной массы. Обжиг осуществлялся в лабораторной печи в различных температурных диапазонах. После обжига оценивалась огневая усадка керамического черепка (рис. 1). Для оценки полученной структуры образцы испытывались на водопоглощение (рис. 2).

Показатели водопоглощения у полученных образцов находятся в пределах от 9 до 17 %. С увеличением температуры обжига в интервале от 900 до 1080 °С структура черепка уплотняется, о чем свидетельствует снижение значений водопоглощения. При этом меньшими значениями характеризуются образцы с высоким содержанием шлака. Введение металлургического шлака в состав сырьевой шихты способствует интенсивно-

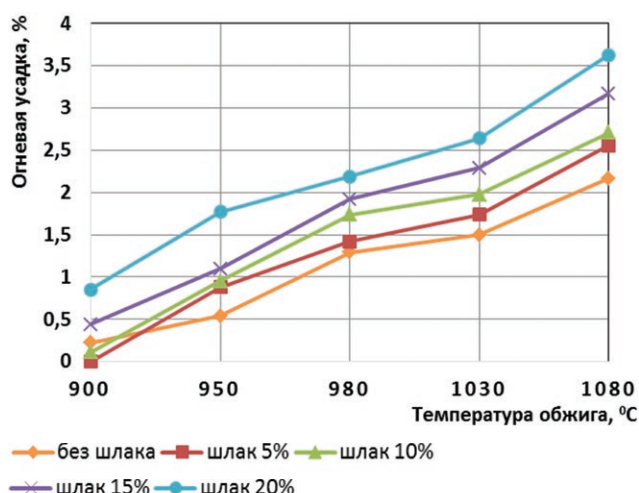


Рис. 1. Огневая усадка керамического черепка

му образованию пиропластичной жидкой фазы, связывающей отдельные кристаллические зерна в единое целое и способствующей спеканию керамического черепка.

Прочностные показатели определялись у состава без шлака (состав № 1) и с максимальным содержанием шлака – 20 % (состав № 5) на образцах-

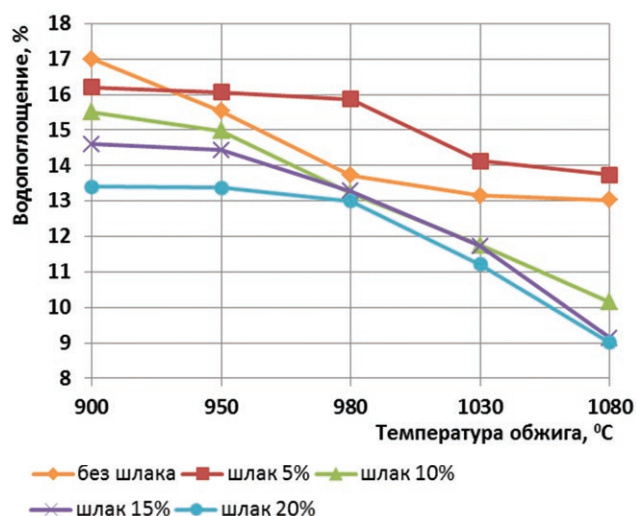


Рис. 2. Показатели водопоглощения образцов

цилиндрах, полученных при температуре 980 °C. Введение металлургического шлака в состав глиняной шихты позволяет увеличить прочность при сжатии керамического черепка на 23,8 % (с 16,4 до 20,3 МПа).

Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения металлургического шлака в качестве плавня. Добавка способствует образованию жидкой фазы, которая, распределяясь между твердыми частицами после кристаллизации, образует прочную матричную структуру и тем самым способствует повышению плотности керамического черепка [12, 13].

При рассмотрении металлургического шлака в качестве добавки необходимо отметить его большую предпочтительность по сравнению с кварцевым песком. Кварцевый песок, как инертный материал, не взаимодействует с глиняной матрицей и способствует устойчивости при обжиге. Но вследствие полиморфных превращений изменение его плотности вызывает рыхление черепка, особенно в процессе охлаждения, что снижает прочность готового материала.

Одним из распространенных видов выгорающей добавки для формирования пористой структуры керамики является древесный опил. На практике использование данного вида добавок в производстве ограничено в связи с рядом технологических трудностей: неравномерное распределение частиц в объеме сырьевой массы;

набухание зерен опила при изготовлении смеси, а при сушке – неравномерная усадка сырца и, как следствие, образование трещин.

Введение древесной муки позволяет формировать в керамике более однородную пористую структуру. Тонкий размерный ряд частиц муки обладает меньшими деформациями при набухании и сушке.

Для исследования влияния древесной муки (ДМ) на физико-механические характеристики керамического черепка формировались образцы четырех составов (таблица 4).

Таблица 4

Составы керамических масс

Сырьевые компоненты, %	Состав			
	1	2	3	4
Глина	70	68	66	64
Кварцевый песок	30	29	28	27
Древесная мука	–	3	6	9

Полученные при испытании образцов-цилиндров результаты представлены на графиках (рис. 3, 4).

Введение древесной муки в состав глиняной шихты позволяет снизить плотность керамического черепка и, соответственно, коэффициент теплопроводности. Наблюдается линейная зависимость: с увеличением содержания выгорающей добавки коэффициент теплопроводности снижается, но при положительных теплофизических свойствах ухудшается прочность черепка.

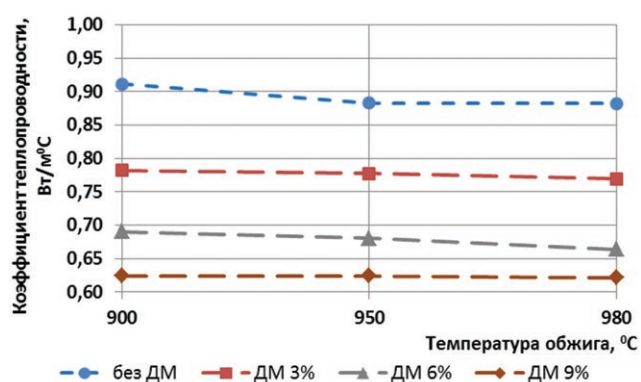


Рис. 3. Коэффициент теплопроводности образцов

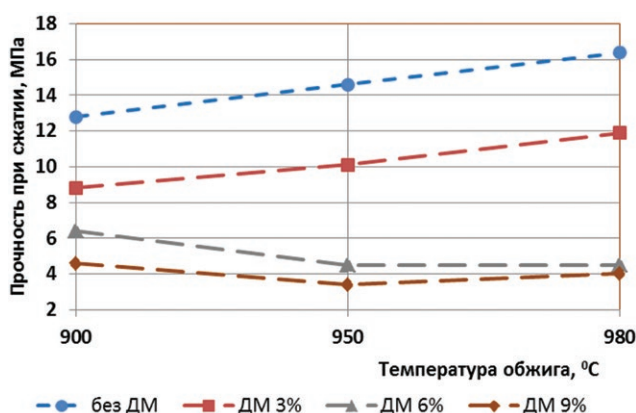


Рис. 4. Прочность при сжатии образцов

Для оценки совместного влияния добавок металлургического шлака и древесной муки готовились образцы по трем составам (таблица 5).

Таблица 5

Составы сырьевой шихты

Сырьевые компоненты, %	Состав		
	1	2	3
Глина	70	67	64
Кварцевый песок	10	10	10
Шлак	20	20	20
Древесная мука	–	3	6

Физико-механические характеристики керамики определялись на образцах-цилиндрах. С увеличением количества древесной муки в составе сырьевой смеси значения коэффициента теплопроводности образцов снижались (рис. 5).

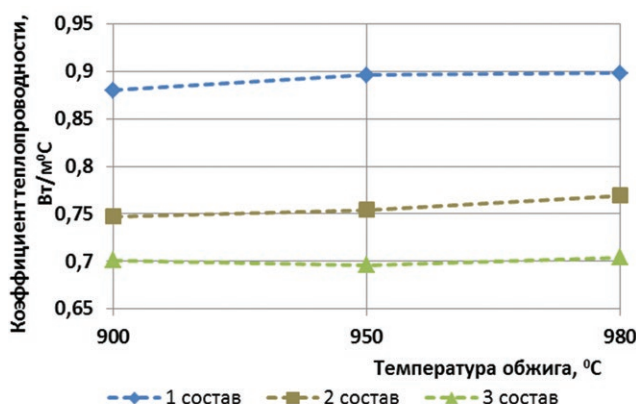


Рис. 5. Коэффициент теплопроводности образцов

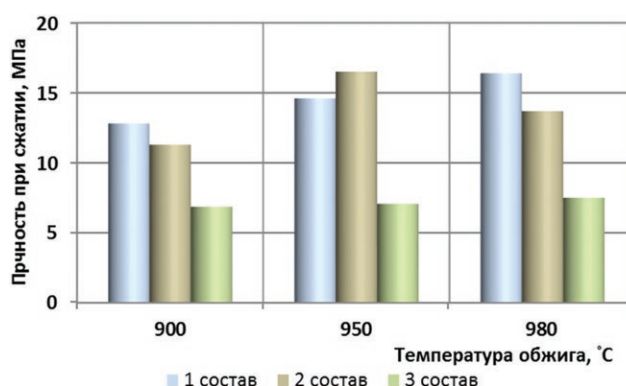


Рис. 6. Результаты испытания образцов на прочность

Полученные при испытании образцов на прочность результаты (рис. 6) указывают, что оптимальное содержание древесной муки в составе шихты составляет 3 %. Во втором составе наблюдается значительный прирост прочности (16,5 МПа) при температуре 950 °C, что свидетельствует об оптимальном подборе температуры обжига для данного состава.

Выводы

Введение металлургического шлака в состав сырьевой шихты в количестве до 20 % способствует увеличению значения огневой усадки глиняного сырца более чем в 1,5 раза в диапазоне температур обжига 900–1080 °C. Уплотнение структуры керамического черепка подтверждено снижением результатов водопоглощения на 21,2–30,8 %, при этом зафиксирован прирост прочности на 23,8 % у образцов, обжигаемых при температуре 980 °C.

Введение дополнительного сырьевого компонента древесной муки в качестве выгорающей добавки способствует формированию однородной мелкопористой структуры керамического черепка и, соответственно, снижению коэффициента теплопроводности до 28 %. Прочность керамического черепка с металлургическим шлаком и выгорающей добавкой на 63,4 % превосходит прочность образцов с выгорающей добавкой при температуре обжига 950 °C.

Получен оптимальный состав глиняной шихты: глина – 67 %; шлак – 20 %; кварцевый песок – 10 %; древесная мука – 3 %.

Применение отхода в виде металлургического шлака завода «Электросталь Тюмени» в производстве стеновых керамических материалов позволяет не только значительно расши-

рить сырьевую базу, но и может способствовать решению проблем охраны окружающей среды и улучшению экологической обстановки в регионе.

Библиографический список

1. Боженов, П. И. Комплексное использование минерального сырья и экология : учебное пособие. – Москва : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1994. – 264 с. – Текст : непосредственный.
2. Чантурия, В. А. Современные направления в области создания ресурсосберегающих технологий и охраны окружающей среды при переработке минерального сырья / В. А. Чантурия, Н. Н. Чаплыгин, В. Е. Вигдергауз. – Текст : непосредственный // Горный журнал. – 2007. – № 2. – С. 91–96.
3. Боженов, П. И. Строительная керамика из побочных продуктов промышленности / Л. И. Боженов, И. В. Глибина, Б. А. Григорьев. – Москва : Стройиздат, 1986. – 136 с. – Текст : непосредственный.
4. Смольник, Х. Г. Структура и характеристика шлаков / Х. Г. Смольник. – Текст : непосредственный // VII Международный конгресс по химии цемента, Париж, 1980 : доклады. – Москва, 1981. – С. 3–17.
5. Абдрахимова, Е. С. Использование отходов черной металлургии в производстве керамического кирпича / Е. С. Абдрахимова, В. З. Абдрахимов. – Текст : непосредственный // Экология производства. – 2013. – № 3. – С. 52–55.
6. Верещагин, В. И. Возможности использования вторичного сырья для получения строительной керамики и ситаллов / В. И. Верещагин, А. Е. Бурученко, И. В. Кашук – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2000. – № 7. – С. 20–23.
7. Свойства керамических стеновых материалов при введении различных выгорающих компонентов / И. В. Пищ, В. А. Бирюк, Ю. А. Климош [и др.]. – Текст : непосредственный // Стекло и керамика. – 2015. – № 2. – С. 19–23.
8. Фоменко, А. И. Расширение сырьевой базы для строительной керамики / А. И. Фоменко, А. Г. Каптюшина, В. С. Грызлов. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2015. – № 12. – С. 25–27.
9. Рассказова, В. Ф. Отходы промышленности для получения керамических стеновых материалов / В. Ф. Рассказова, А. В. Рассказова. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 1992. – № 2. – С. 52–53.
10. Довженко, И. Г. Исследование влияния металлургических шлаков на сушильные свойства керамических масс для производства лицевого кирпича / И. Г. Довженко. – Текст : непосредственный // Стекло и керамика. – 2013. – № 12. – С. 24–27.
11. Рабухин, А. И. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных соединений : учебник / А. И. Рабухин, В. Г. Савельев. – Москва : Инфра-М, 2004. – 302 с. – Текст : непосредственный.
12. Столбоушкин, А. Ю. Теоретические основы формирования керамических матричных композитов на основе техногенного и природного сырья / А. Ю. Столбоушкин. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2011. – № 2. – С. 10–15.
13. Столбоушкин, А. Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : диссертация на соискание ученой степени докт. техн. наук / А. Ю. Столбоушкин ; Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, Новосибирск, 2014. – 365 с.
14. Павлов, В. Ф. Способ вовлечения в производство строительных материалов промышленных отходов / В. Ф. Павлов. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2003. – № 8. – С. 28–30.

15. Комохов, П. Г. Управление прочностью керамических материалов путем формирования контактной зоны между глинистой матрицей и отошителем / П. Г. Комохов, Л. Л. Масленникова, А. Х. Махмуд. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2003. – № 12. – С. 44–45.
16. Дмитриев, К. С. Пористая керамика: современное состояние и перспективы / К. С. Дмитриев. – Текст : непосредственный // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 7. – С. 152–154.

References

1. Bozhenov, P. I. (1994). Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya i ekologiya. Moscow, Assotsiatsiya stroitel'nykh vuzov Publ., 264 p. (In Russian).
2. Chanturiya, V. A., Chaplygin, N. N., & Vigdergauz, V. E. (2007). Up-to-date directions in the field of development of resource-saving technologies and environment protection in processing of mineral raw materials. Gornyi Zhurnal, (2), pp. 91-96. (In Russian).
3. Bozhenov, P. I., Glibina, I. V., & Grigor'ev, B. A. (1986). Stroitel'naya keramika iz pobochnykh produktov promyshlennosti. Moscow, Stroyizdat Publ., 136 p. (In Russian).
4. Smol'nik, Kh. G. (1981). Struktura i kharakteristika shlakov. VII Mezhdunarodnyy kongress po khimii tsementa, Parizh, 1980. Moscow, pp. 3-17. (In Russian).
5. Abdrakhimova, E. S., & Abdrakhimov, V. Z. (2013). Ispol'zovanie otkhodov chernoy metallurgii v proizvodstve keramicheskogo kirpicha. Ekologiya proizvodstva, (3), pp. 52-55. (In Russian).
6. Vereshchagin, V. I., Buruchenko, A. E., & Kashchuk, I. V. (2000). Vozmozhnosti ispol'zovaniya vtorichnogo syr'ya dlya polucheniya stroitel'noy keramiki i sitallov. Stroitel'nye materialy, (7), pp. 20-23. (In Russian).
7. Pishch, I. V., Biryuk, V. A., Klimosh, Yu. A., Popov, R. Yu., & Shidlovskiy, A. V. (2015). Svoystva keramicheskikh stenovykh materialov pri vvedenii razlichnykh vygorayushchikh komponentov. Glass and Ceramics, (2), pp. 19-23. (In Russian).
8. Fomenko, A. I., Kaptyushina, A. G., & Gryzlov, V. S. (2015). Expansion of raw material resources base for construction ceramics. Stroitel'nye materialy (Construction materials), (12), pp. 25-27. (In Russian).
9. Rasskazova, V. F., & Rasskazova, A. V. (1992). Otkhody promyshlennosti dlya polucheniya keramicheskikh stenovykh materialov. Stroitel'nye materialy (Construction materials), (2), pp. 52-53. (In Russian).
10. Dovzhenko, I. G. (2013). Issledovanie vliyaniya metallurgicheskikh shlakov na sushil'nye svoystva keramicheskikh mass dlya proizvodstva litseвого kirpicha. Glass and Ceramics, (12), pp. 24-27. (In Russian).
11. Rabukhin, A. I., & Savel'ev, V. G. (2004). Fizicheskaya khimiya tugoplavkikh nemetallicheskih i silikatnykh soedineniy. Moscow, Infra-M Publ., 302 p. (In Russian).
12. Stolboushkin, A. Yu. (2011). Teoreticheskie osnovy formirovaniya keramicheskikh matrichnykh kompozitov na osnove tekhnogennogo i prirodnogo syr'ya. Construction materials, (2), pp. 10-15. (In Russian).
13. Stolboushkin, A. Yu. (2014). Stenovye keramicheskie materialy matrichnoy struktury na osnove nespekayushchegosya maloplastichnogo tekhnogennogo i prirodnogo syr'ya. Diss. doct. tekhn. nauk, Novosibirsk, 365 p. (In Russian).
14. Pavlov, V. F. (2003). Sposob vovlecheniya v proizvodstvo stroitel'nykh materialov promyshlennykh otkhodov. Stroitel'nye materialy (Construction materials), (8), pp. 28-30 (In Russian).
15. Komokhov, P. G., Maslennikova, L. L., & Makhmud, A. Kh. (2003). Upravlenie prochnost'yu keramicheskikh materialov putem formirovaniya kontaktnoy zony mezhdu glinistoy matritsey i otoshchitelem. Stroitel'nye materialy (Construction materials), (12), pp. 44-45. (In Russian).
16. Dmitriev, K. S. (2016). Poristaya keramika: sovremennoe sostoyanie i perspektivy. Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya, (7), pp. 152-154. (In Russian).

Сведения об авторе

Солонина Валентина Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры строительных материалов, Тюменский индустриальный университет, e-mail: soloninava@tyuiu.ru

Information about the author

Valentina A. Solonina, Candidate in Engineering, Associate Professor at the Department of Building Materials, Industrial University of Tyumen, e-mail: soloninava@tyuiu.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В. А. Свистунова¹, Д. А. Чайников¹, И. А. Шацков²

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

² ООО «Тайм-Мобиль», Тюмень, Россия

OPTIMIZATION OF ORGANIZATIONAL PROCESSES AT THE SERVICE STATION

Vera A. Svistunova¹, Denis A. Chaynikov¹, Ivan A. Shatskov²

¹ Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

² LLC "Time-Mobile", Tyumen, Russia

Аннотация. В статье описаны проблемы организационных процессов, в том числе проблемы возникновения непродуктивных производственных потерь, станции технического обслуживания автомобилей. Выявлены факторы, оказывающие влияние на процессы предоставления услуг станцией технического обслуживания. Сформированы выводы и предложены пути решения проблем на примере конкретного предприятия автобизнеса.

Abstract. The article describes the problems of organizational processes in a car service station, including the problems of unproductive losses of working time. The factors influencing the processes of service provision by the service station were identified. The authors formed the conclusions and proposed solutions of problems on the example of a particular company of automobile service.

Ключевые слова: техническое обслуживание, текущий ремонт, организационный процесс, моделирование процессов

Key words: maintenance, routine maintenance, organizational process, process modelling

Для цитирования: Свистунова, В. А. Оптимизация организационных процессов станции технического обслуживания / В. А. Свистунова, Д. А. Чайников, И. А. Шацков. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-82-92. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 82–92.

For citation: Svistunova, V. A., Chaynikov, D. A., & Shatskov, I. A. Optimization of the organizational processes at the service station. Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 82-92. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-82-92.

Введение

В сложившихся рыночных условиях основной задачей руководства любого объекта бизнеса является экономия производственных ресурсов и повышение эффективности производительности труда. Между тем, в зону стагнации нередко входят уже состоявшиеся компании, рабочие процессы в которых налажены, и их изменение зачастую болезненно воспринимается членами коллектива. В такой ситуации основной задачей руководства компании является донесение информации до исполнителей о необходимости нововведений и их положительном влиянии на экономические показатели работы предприятия, а также на личную выгоду исполнителей, выражающуюся в виде более высокого уровня оплаты труда.

Оптимизация деятельности подразумевает приложение усилий по направлению к внутренним процессам предприятия, их совершенствование – необходимый и непрерывный процесс.

Одним из вариантов оптимизации организационных процессов на станции технического обслуживания является совершенствование работы зоны технического обслуживания и ремонта автомобилей путем выявления непродуктивных потерь и их устранения.

Эффективность деятельности автосервиса зависит от ряда факторов, в том числе от понимания выгод и ценности предоставляемых услуг с точки зрения их получателя. Люди выбирают автосервис, основываясь на его расположении, квалификации сотрудников, наборе предоставляемых услуг, стоимости, точности и своевременности их оказания, наличии гарантий на работы, запасные части и других критериях [1, 2]. Степень важности (приоритетности) этих критериев каждый потребитель услуг автосервиса определяет для себя самостоятельно. По мнению профессора Л. Б. Миротина, оценка автосервиса зависит от номенклатуры, качества, сроков оказания и стоимости услуг [3].

Для того, чтобы планирование бизнеса по слеппродажного обслуживания было эффективным, необходимо понимать и уметь применять стратегии и принципы построения моделей

бизнеса, а также механизмы функционирования рынка автосервисных услуг в целом.

Исследование рынка автосервисных услуг должно включать изучение механизма его функционирования, характеризующегося качеством и ценой предлагаемого товара/услуги, эффективностью производства оказываемых услуг, применяемыми технологиями и прибыльностью бизнеса. В первую очередь от этих составляющих зависит результативность рынка предоставляемых предприятиями системы автосервиса услуг. Также важным является определение и классификация факторов формирования механизма его функционирования [4].

Механизм функционирования рынка автосервисных услуг представляет собой способы поведения хозяйствующих субъектов на рынке, а также взаимодействия цен, спроса и предложения.

Культура рынка автосервисных услуг во многом обуславливает поведение его участников. На первый взгляд, спрос на услуги зависит от уровня доходов населения (автовладельцев) и от цен на сами услуги. Однако такой классический подход, подразумевающий зависимость спроса только от этих двух факторов, способен не только упростить, но даже исказить реальную картину [5].

Согласно закону спроса, при неизменности всех прочих параметров снижение цены на товар ведет к соответствующему возрастанию величины спроса на него и, наоборот, повышение цены ведет к соответствующему уменьшению величины спроса [6, 7].

К смещению всей кривой спроса, т. е. к увеличению спроса, кроме ценовых детерминант, приводит изменение и неценовых факторов как объективного, так и субъективного характера (таких как парк личных автомобилей, интенсивность эксплуатации автомобилей, качество и комплексность автосервисных услуг, плотность размещения автосервисных предприятий и других) [8].

Воздействие факторов внешнего окружения рынка сервисных услуг, изложенных выше, обуславливает необходимость грамотной организации рабочего процесса автосервиса, в частности,

работы участников, непосредственно задействованных в процессе оказания услуги, от эффективности деятельности которых во многом зависит время нахождения автомобиля в сервисной зоне и вероятность формирования очереди на обслуживание, что в свою очередь определяет уровень предложения на рынке.

Объект и методы исследования

В качестве методов исследования в работе были использованы следующие: метод хронометража рабочего времени, аналитические исследования нормативов выполнения работ.

В качестве показателя соблюдения нормативов был принят нормо-час на выполнение работ. Его значения устанавливаются производителями автомобилей. Исследование данного показателя позволило сделать вывод, что нарушений значений данного показателя не было.

Сбор данных, полученных путем хронометража рабочего времени, проводился для построения имитационной модели работы сервисной зоны в программе AnyLogic.

Натурные исследования с целью установления возможности использования данного программного продукта при организации технологических процессов станций технического обслуживания автомобилей проводились в период межсезонного шиномонтажа в сервисной станции SUZUKI.

Выбор данного сервиса для проведения эксперимента обусловлен следующими факторами:

- техническая зона сервисной станции оснащена пятью постами ремонта и одним постом для проведения шиномонтажных работ, что обеспечивает достаточный охват натурных исследований;
- однотипность работ в период шиномонтажа, что обеспечивает стабильность времени, затрачиваемого на операции;
- технический персонал сервисной зоны имеет достаточно продолжительный трудовой опыт, поэтому можно сказать, что риски получения недостоверной информации о простоях по причине низкой квалификации практически исключены.

Объектом исследований являются организационные процессы на предприятиях ГК «Автоград», предметом – технологические процессы проведения ТО и ремонта автомобилей на базе предприятий бизнес-единицы ООО «Техноград».

Результаты и обсуждение

Основным методом сбора информации является проведение хронометража рабочего времени механика сервисной зоны. Сбор информации предполагал сбор данных о непродуктивных потерях рабочего времени в рамках одного заезда. Период проведения эксперимента – два сезона шиномонтажа (осенний и весенний) (рис. 1).

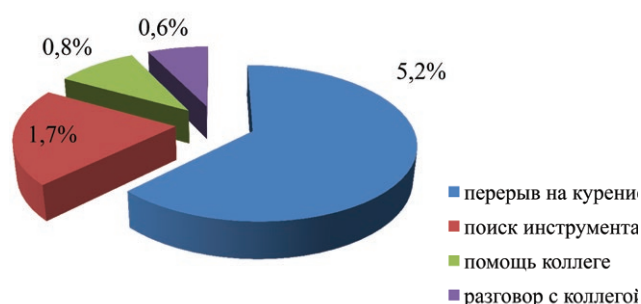


Рис. 1. Анализ результатов, полученных при проведении хронометража рабочего времени (непродуктивные потери)

Анализ полученных данных позволил сделать вывод о том, что непродуктивные простои при предоставлении услуг по шиномонтажу имеют достаточно большую долю в общем объеме времени. Основную долю потерь составляют перерыв на курение (численное значение 5,2 %) и поиск инструмента (1,7 %). Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что необходимо внести изменение в организацию процесса.

При экспертизе организационного процесса были выявлены основные слабые места. В ходе дальнейших полевых исследований процесс был разделен на отдельные этапы и установлены те из них, на которые приходится наибольшее количество потерянного времени.

Основные результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1, приведены замеры потерь времени при выполнении операций по ТО и ремонту.

Таблица 1

**Результаты исследований хронометража рабочего времени механиков
сервисной зоны станции технического обслуживания**

№ наблюдения	Передача автомобиля с мойки в СТО, сек.	Ожидание выдачи запчастей у склада, сек.	Передвижение механика на склад с целью передачи перемещения, сек.	Передвижение мастера-приемщика с целью передачи перемещения механику, сек.
1	75	95	11	7
2	67	106	14	23
3	87	15	17	27
4	138	243	9	34
5	54	64	23	33
6	15	157	18	6
7	347	109	24	13
8	27	125	5	15
9	35	96	27	22
10	117	113	32	11
11	32	35	22	36
12	142	245	34	9
13	219	16	28	24
14	54	53	16	11
15	28	94	9	17
16	45	101	16	19
17	87	62	25	24
18	49	148	8	18
19	59	152	36	19
20	145	86	24	16
21	29	219	24	45
22	122	267	11	16
23	67	98	6	29
24	85	117	17	6
25	315	61	13	10
26	37	115	19	25
27	42	95	38	14
28	47	119	29	17
29	68	271	19	27
30	52	126	34	38
Среднее значение	90	120	20	20

При последующей обработке результатов и их систематизации были получены среднегодовые значения потерь времени. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели непродуктивных потерь рабочего времени (годовые значения)

Время, потерянное при:	Количество операций, год	Средняя потеря времени на одну операцию, сек.	Потеря времени в год, мин.
передаче автомобиля с мойки в СТО	9 427	90	14 141
ожидании выдачи запчастей у склада	5 867	120	11 734
передвижении механика на склад с целью передачи перемещения	13 146	20	4 382
передвижении приемщика с целью передачи перемещения механику	1 519	20	506,3

Особенность технологических процессов, организованных в сервисной зоне станции технического обслуживания, заключается в том, что процесс выполнения работ технического обслуживания и текущего ремонта сопровождается большими потерями времени. Причины их возникновения весьма разнообразны. При детальном рассмотрении операций и при оценке работы на каждом этапе предоставления услуг может показаться, что величина временных потерь незначительная. Однако в сумме это достаточно серьезный показатель, и устранение этих потерь может повысить эффективность работы всей станции технического обслуживания и принести пользу в виде дополнительной прибыли.

При возникновении ситуации, когда спрос на предоставляемые услуги ниже предложения, временные потери рабочего времени не приносят ущерба процессу в целом. Однако рассматриваемое предприятие оказывает услуги при

100%-ной загрузке сервисной зоны, и запись клиентов на определенные услуги расписана на две недели вперед. В таких условиях и возникает острая необходимость в устранении непродуктивных потерь времени, которые позволят повысить пропускную способность зоны техобслуживания и ремонта и не потерять клиентов.

Чтобы определить основные направления устранения потерь, весь процесс был разделен на три этапа – подсистемы сервисной зоны, в которых происходят потери:

- сервис – склад;
- сервис – мойка;
- сервис – приемка.

Графическое изображение схемы коммуникаций внутри сервисной зоны представлено на рис. 2.

Анализируя данные коммуникаций, представленные на рис. 2, было сделано предположение, что наибольшее количество потерь возникает при взаимодействии между сервисной зоной и приемкой. Однако данные, полученные при проведении эксперимента, показали, что основные временные потери возникают между сервисной зоной и складом запасных частей. Анализируя причины их возникновения, можно выделить следующее:

- процесс передачи информации о перемещении запасных частей и расходных материалов в сервисную зону к постам осуществляется вручную;
- при взаимодействии механиков со складом возникает двойное передвижение;
- нет оповещения механиков о том, что комплект запасных частей и расходных материалов согласно запросу (накладной) готов к выдаче.

Вышеперечисленные проблемы влекут за собой другие:

- появляется потеря времени в результате ожидания;
- возникают излишние передвижения в сторону склада для получения информации о готовности запасных частей;
- тратится время на поиск запасных частей на складе.

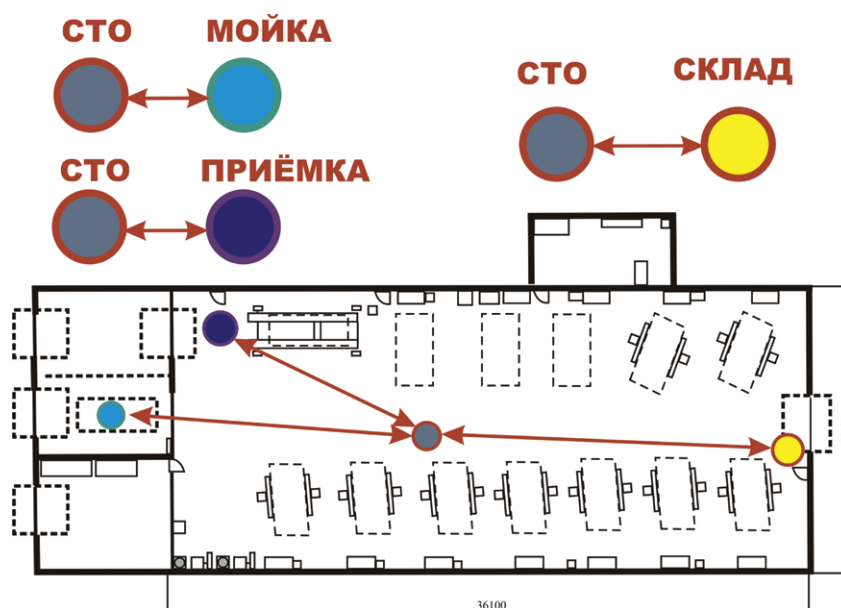


Рис. 2. Схема коммуникаций сервисной зоны станции технического обслуживания ООО «Техноград»

Последовательность рабочих процессов, проходящих в сервисной зоне, следующая:

- 1) завершение мойки автомобиля;
- 2) ожидание механика;
- 3) перегонка автомобиля механиком на подъемник;
- 4) доставка расходной накладной механиком на склад;
- 5) возвращение механика на пост (ожидание у склада);
- 6) получение механиком запчастей и возвращение на пост;
- 7) заполнение механиком сертификата контроля и доставка его приемщику;
- 8) доставка расходной накладной от приемщика к механику;
- 9) повторение пунктов 4 и 5.

Данный процесс графически представлен на рис. 3. Схема передвижений при полной загрузке сервисной зоны – на рис. 4.

Одним из предложений по снижению потерь времени и координации перемещений работников сервисной зоны было внедрение системы вызова. Алгоритм действий при этом будет следующим:

- 1) предварительно до окончания процесса мойки автомобиля механиков уведомляют о готовности автомобиля;

- 2) механик перегоняет авто на подъемник. Параллельно с этим перемещением на склад поступает электронное уведомление – запрос на комплектацию запасных частей по заказ-наряду;
- 3) кладовщик по окончании сборки комплекта запасных частей уведомляет об этом механика, который после получения комплекта возвращается на пост;
- 4) по окончании работ механик заполняет сертификат контроля и передает его мастеру-приемщику;
- 5) мастер-приемщик отправляет электронный вариант перемещения на склад.

Общая схема описанного алгоритма представлена на рис. 5.

Сравнение схем реализации процесса представлено на рис. 6. На его основании можно сделать вывод, что оптимизация процесса приведет к значительному сокращению лишних перемещений, а также позволит уменьшить время ожидания автомобиля из сервисной зоны.

Имитационное моделирование применяется для того, чтобы посмотреть, каким образом повлияют предлагаемые мероприятия на рассматриваемые процессы. Наиболее подходящей моделью для описания процессов, происходящих в сервисной зоне, является модель массового

ТРАНСПОРТ/TRANSPORT

обслуживания. В большинстве случаев создание такого типа моделей направлено на минимиза-

цию издержек, сокращение времени ожидания, а также повышение производительности труда.

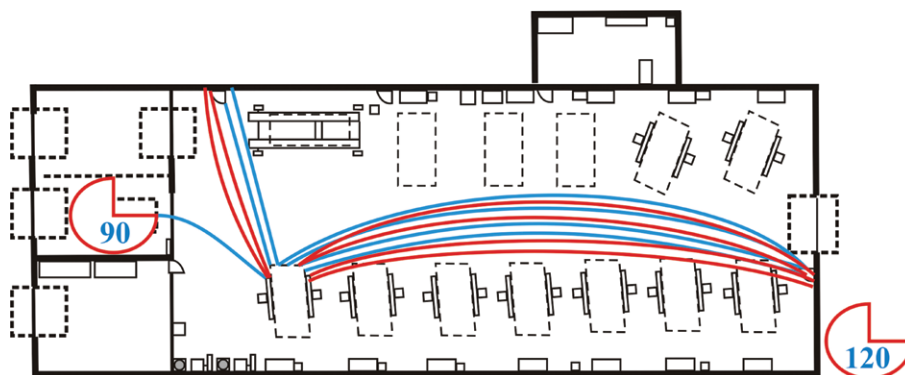


Рис. 3. Схема передвижений механика в сервисной зоне в течение одного заезда на 1 пост (синими линиями обозначены передвижения в прямом направлении, красными – в обратном)

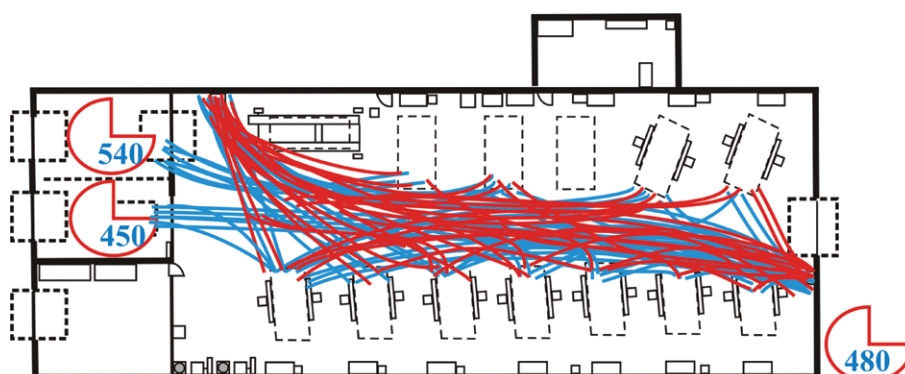


Рис. 4. Схема перемещений механиков по сервисной зоне СТО при полной загрузке (синими линиями обозначены передвижения в прямом направлении, красными – в обратном)

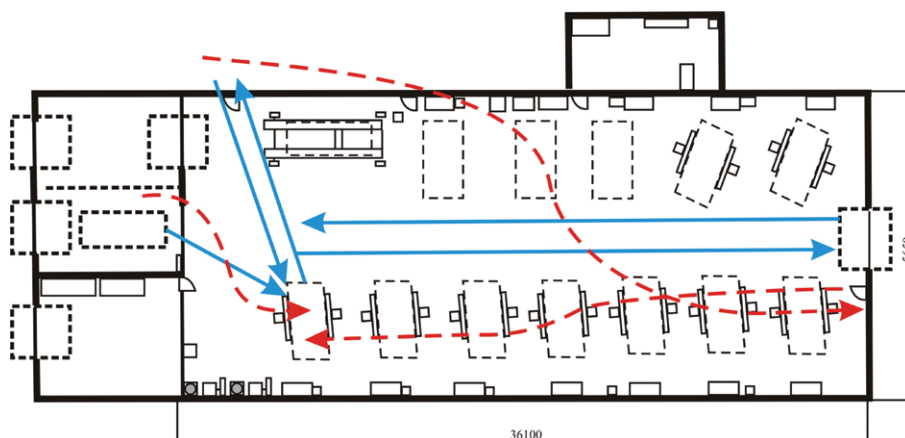


Рис. 5. Графическое изображение схемы алгоритма снижения непроизводительных потерь времени (синими линиями обозначены оптимизированные передвижения в прямом направлении, красными пунктирными линиями – оптимизированные передвижения в обратном направлении)

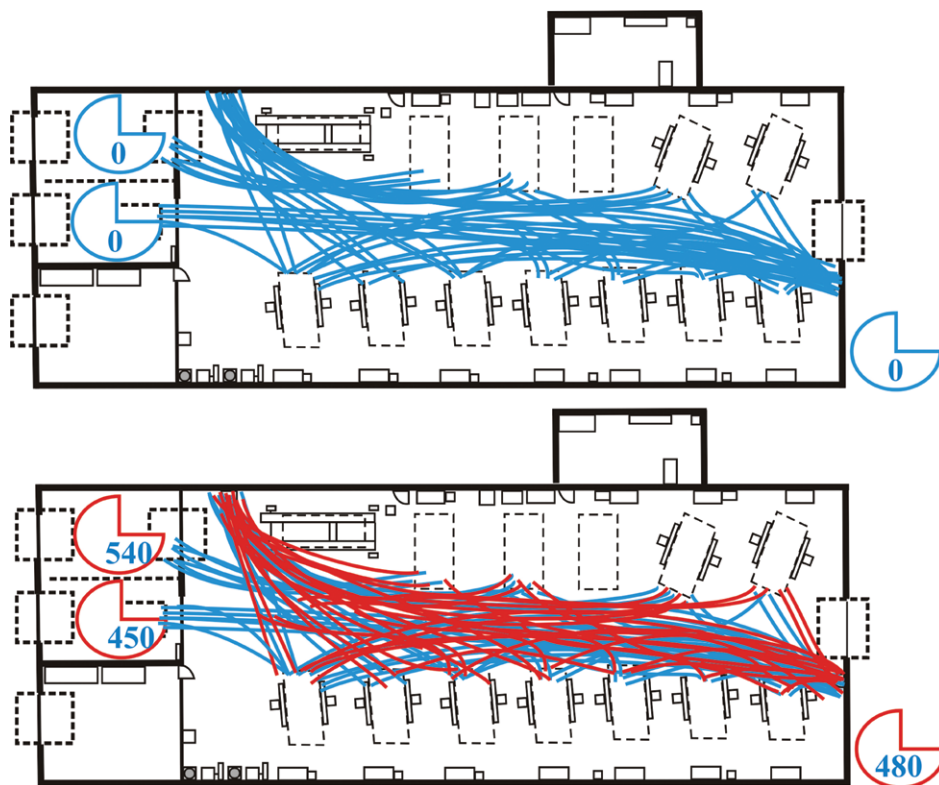


Рис. 6. Графическое сравнение двух схем

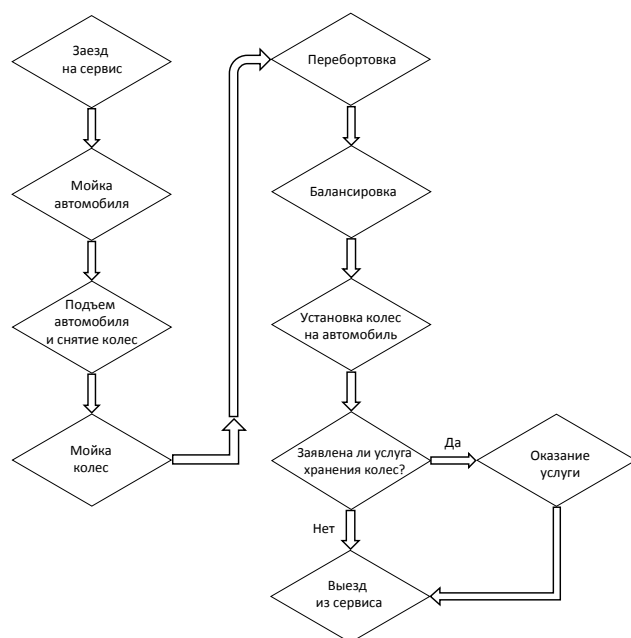


Рис. 7. Алгоритм выполнения работ по услуге шиномонтажа для создания имитационной модели

Создание компьютерной модели позволяет рассмотреть множество вариантов и найти оптимальный, не прибегая к многочисленным сложным расчетам [9, 10].

В качестве объекта моделирования был принят процесс оказания услуг по шиномонтажу. Для создания имитационной модели рассматриваемого предприятия процесс предоставления услуг шиномонтажа был разбит на этапы, которые представлены на рис. 7.

В качестве программного обеспечения для создания модели была выбрана программа AnyLogic. Блок-схема процесса шиномонтажа, полученная в результате моделирования, представлена на рис. 8.

В результате моделирования была получена оптимальная модель загрузки постов сервисной станции, которая позволит правильно распределить поток клиентов на этапе записи, определить оптимальное время между заездами автомобилей для повышения качества приемки и уровня сервиса.

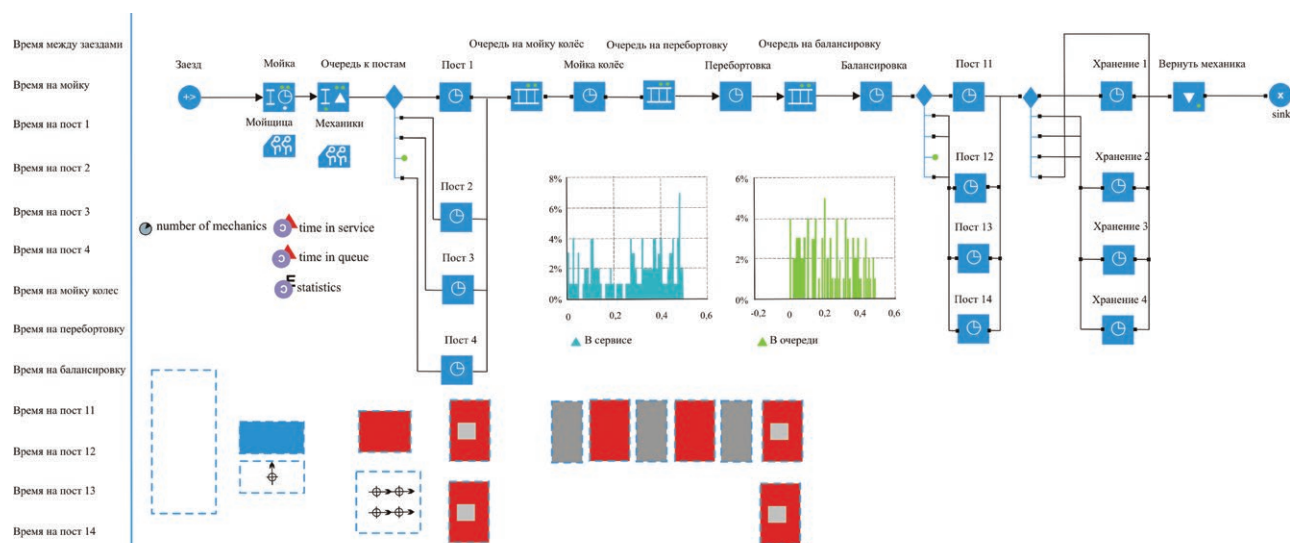


Рис. 8. Графическое изображение имитационной модели процесса оказания услуги шиномонтажа

Выходные параметры полученной модели представлены в таблице 3.

Таблица 3

Выходные параметры оптимальной модели загрузки постов зоны ТО и ремонта

Параметр имитационной модели	Значение параметра
Время моделирования, сек.	661
Среднее время загрузки, мин.	0,7
Количество объектов, побывавших в очередях	107
Среднее время нахождения в очереди, мин.	0,01
Количество обслуженных автомобилей	25
Минимальное время загрузки, мин.	0,7
Максимальное время загрузки, мин.	0,8
Минимальное время нахождения в очереди, мин.	0,009
Максимальное время нахождения в очереди, мин.	0,97
Минимальное время в сервисе, мин.	51,93
Среднее время в сервисе, мин.	61,78
Максимальное время в сервисе, мин.	70,36

Выводы

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что при выполнении услуг возникает множество простоев и потерь времени по различным причинам. В разрезе одной операции они незначительны, однако суммарные значения весьма существенны, и правильное распределение времени и перемещений может повысить эффективность процесса в целом, а также принести дополнительный доход от предоставляемых услуг.

Для компании потери времени не столь критичны, если наблюдается превышение предложения над спросом. Однако сервисная зона рассматриваемого предприятия загружена практически полностью, в связи с чем ожидание клиентом записи может значительно растягиваться. Это означает, что возникающие временные потери необходимо устранять для повышения пропускной способности сервиса.

Внедрение предлагаемой системы вызова персонала и организация электронного документооборота для сервисных процессов позволят не только сократить время выполнения операций и повысить пропускную способность сервиса, но и уменьшить трудозатраты сотрудников на передвижение, а также снизить коммуникационную нагрузку мастера цеха.

Библиографический список

1. Волгин, В. В. Автосервис. Торговые операции : товароведение, рынок запасных частей, розничная торговля, управление запасами, служба запасных частей : практическое пособие / В. В. Волгин. – 4-е изд., перераб. – Москва : Дашков и К°, 2009. – 419 с. – Текст : непосредственный.
2. Миротин, Л. Б. Управление автосервисом : учебное пособие для студентов транспортных вузов / Л. Б. Миротин, А. А. Ряховский, М. Ю. Останенко ; под общ. ред. Л. Б. Миротина ; Московский автомобильно-дорожный институт (Государственный технический университет). – Москва : Экзамен, 2004. – 318 с. – Текст : непосредственный.
3. Пеньшин, Н. В. Эффективность и качество как фактор конкурентоспособности услуг на автомобильном транспорте : монография / Н. В. Пеньшин ; под науч. ред. В. П. Бычкова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Изд-во Тамбовского государственного технического университета, 2008. – 223 с. – Текст : непосредственный.
4. Системы, технологии и организация услуг в автомобильном сервисе : учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / А. Н. Ременцов, Ю. Н. Фролов, В. П. Воронов [и др.] ; под редакцией А. Н. Ременцова, Ю. Н. Фролова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2013. – 480 с. – Текст : непосредственный.
5. Головин, С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (строительные, дорожные и коммунальные машины)» направления подготовки дипломированных специалистов «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» / С. Ф. Головин. – Москва : Альфа-М, 2008. – 284 с. – Текст : непосредственный.
6. Стуканов, В. А. Сервисное обслуживание автомобильного транспорта : учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по группе специальностей 190604 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта» / В. А. Стуканов. – Москва : Форум, 2010. – 206 с. – Текст : непосредственный.
7. Туревский, И. С. Техническое обслуживание автомобилей : учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по специальности 1705 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта» / И. С. Туревский. – Москва : Форум, Инфра-М, 2011. – 255 с. – Текст : непосредственный.
8. Конаховская, В. Оценка эффективности управлением / В. Конаховская, М. Мясникова, А. Бурмистров // Top Manager. – № 5. – 2003. – С. 20–24.
9. Киселева, М. В. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic : учебно-методическое пособие / М. В. Киселева. – Екатеринбург : Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2009. – 88 с. – Текст : непосредственный.
10. Маликов, Р. Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6 / Р. Ф. Маликов. – Уфа : Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 2013. – 298 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Volgin, V. V. (2009). Avtoservis. Torgovye operatsii. Tovarovedenie, rynok zapasnykh chastey, roznichnaya trgovlya, upravlenie zapasami, sluzhba zapasnykh chastey. 4th edition, revised. Moscow, Dashkov i K° Publ., 419 p. (In Russian).
2. Mirotin, L. B., Ryakhovskiy, A. A., & Ostanenko, M. Yu. (2004). Upravlenie avtoservisom. Moscow, Ekzamen Publ., 318 p. (In Russian).

3. Pen'shin, N. V. (2008). Effektivnost' i kachestvo kak faktor konkurentosposobnosti uslug na avtomobil'nom transporte. Tambov, Tambov State Technical University Publ., 223 p. (In Russian).
4. Rementsov, A. N., & Frolov, Yu. N. (eds.). (2013). Sistemy, tekhnologii i organizatsiya uslug v avtomobil'nom servise. Moscow, Akademiya Publ., 480 p. (In Russian).
5. Golovin, S. F. (2008). Tekhnicheskiy servis transportnykh mashin i oborudovaniya. Moscow, Al'fa-M Publ., 284 p. (In Russian).
6. Stukanov, V. A. (2010). Servisnoe obsluzhivanie avtomobil'nogo transporta. Moscow, Forum Publ., 206 p. (In Russian).
7. Turevskiy, I. S. (2011). Tekhnicheskoe obsluzhivanie avtomobiley. Moscow, Forum, Infra-M Publ., 255 p. (In Russian).
8. Konakhovskaya, V., Myasnikova, M. & Burmistrov, A. (2003). Otsenka effektivnosti upravleniem. Top Manager, (5), pp. 20-24. (In Russian).
9. Kiseleva, M. V. (2009). Imitatsionnoe modelirovanie sistem v srede AnyLogic. Yekaterinburg, Ural State Technical University - UPI named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, 88 p. (In Russian).
10. Malikov, R. F. (2013). Praktikum po imitatsionnomu modelirovaniyu slozhnykh sistem v srede AnyLogic 6. Ufa, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, 298 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Свистунова Вера Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, e-mail: svistunovava@tyuiu.ru

Чайников Денис Анатольевич, канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, e-mail: chajnikovda@tyuiu.ru

Шацков Иван Александрович, мастер-приемщик ООО «Тайм-Мобиль», Тюмень, e-mail: shatskov9716@yandex.ru

Information about the authors

Vera A. Svistunova, Candidate in Engineering, Associate Professor at the Department of Road Transport Operation, Industrial University of Tyumen, e-mail: svistunovava@tyuiu.ru

Denis A. Chajnikov, Candidate in Engineering, Associate Professor at the Department of Road Transport Operation, Industrial University of Tyumen, e-mail: chajnikovda@tyuiu.ru

Ivan A. Shatskov, Master Receiver of LLC "Time-Mobile", Tyumen, e-mail: shatskov9716@yandex.ru

MODERNIZATION OF DRILLING RIGS USING DRIVING PLANETARY MACHINES WITH VARIABLE PARAMETERS

Turobkul R. Kholmurotov, Parviz S. Khujaev
Tajik Technical University named after academician M. S. Osimi, Dushanbe,
Republic of Tajikistan

МОДЕРНИЗАЦИЯ БУРОВЫХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИВODНЫХ ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Т. Р. Холмуратов, П. С. Хужаев
Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими, Душанбе,
Республика Таджикистан

Abstract. Variable speed characteristics and variable gear ratios of the drive mechanisms of the working bodies of the drilling rig were obtained for a planetary mechanism with a double satellite and a rocker carrier. With the help of the obtained kinematic characteristics, the design and technological parameters of the planetary drive mechanisms of the technical means of drilling rigs will be established. Design and technological parameters will be tested with experimental studies depending on the variable speed characteristics of the planetary friction mechanism.

Key words: planetary mechanisms, boring machines, rotor, carrier, crank, rocker arm, slider, satellite, sun wheel

Аннотация. Для планетарного механизма с двойным спутником и водилом коромысла получены переменные скоростные характеристики и переменные передаточные числа механизмов привода рабочих органов буровой установки. С помощью полученных кинематических характеристик будут установлены конструктивные и технологические параметры планетарных механизмов привода технических средств буровых установок. Экспериментальными исследованиями в зависимости от изменяемой скоростной характеристики планетарного фрикционного механизма будут проверены конструктивные и технологические параметры.

Ключевые слова: планетарные механизмы, расточные станки, ротор, водило, кривошип, коромысло, ползунок, спутник, солнечное колесо

For citation: Holmuratov, T. R., & Khujaev, P. S. (2022). Modernization of drilling rigs using driving planetary machines with variable parameters. *Architecture, Construction, Transport*, 2022, (4(102)), pp. 93-100. (In English). DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-93-100.

Для цитирования: Холмуратов, Т. Р. Модернизация буровых установок с использованием приводных планетарных механизмов с переменными параметрами / Т. Р. Холмуратов, П. С. Хужаев. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-93-100. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 93–100.

Introduction

Planetary mechanisms are finding ever more widespread use, both in transport and stationary machines. They allow transmissions to be made more compact and lighter, and have advantages in transmissions from high-speed engines to the working machine. They are widely used in lifting and transport engineering, automotive, tractor construction, in the forestry and woodworking industries, and epicyclical mechanisms are also

used as a drive for working bodies, as well as pile machines and concrete mixers – boring machines.

In this article, we will consider kinematic and dynamic studies of the proposed drive mechanisms. The planetary gear with a double satellite and rocker carrier allows obtaining variable speed characteristics and variable gear ratios for the drive mechanisms of technical means of drilling well oil and gas.

In rotary drilling (fig. 1), rock destruction occurs as a result of the simultaneous action of load and

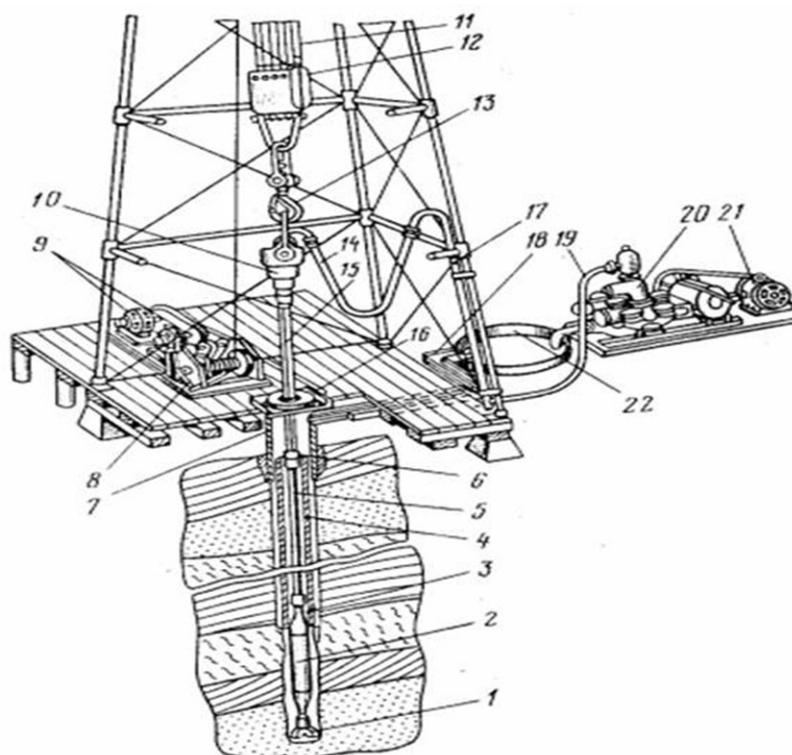


Fig. 1. Scheme of rotary drilling of wells: 1 – bit, 2 – motor, 3 – spaces, 4 – horizons, 5 – drill pipes, 6 – sub, 7 – pipe (pipe string), 8 – winch, 9 – motors, 10 – switch, 11 – wire rope, 12 – crownblock (not shown), 13 – hook, 14 – flexible drill hose (sleeve), 15 – kelly, 16 – rotor, 17 – riser, 18 – tank system (not shown), 19 – high – pressure pipeline, 20 – pump, 21 – engine, 22 – receiving tanks of mud pumps

torque on the bit. Under the action of the load, the bit penetrates into the rock, and under the influence of the torque it cleaves it. During rotary drilling (fig. 1), the power from the motors (9) is transmitted through the winch (8) to the rotor (16) – a special rotary mechanism installed above the wellhead in the center of the rig. The rotor rotates the drill string and the bit (1) screwed to it. The drill string consists of a leading pipe (15) and 6 drill pipes (5) screwed to it using a special sub (6). Therefore, rotary drilling the bit deepening into the rock occurs when the rotating drill string moves along the borehole axis.

Object and methods of research

The object of research is the planetary mechanism. Rotor (16) (fig. 1) rotates according to the principle of a planetary mechanism around a central axis inside a fixed stator.

We take the radius of the crank $O_1A_1 = R_1$, the length of the carrier $O_2B = \rho$, the wheel of the radius R , the radius $O_2A = \rho - l$, $O_2P = R$ (this is the line connecting the point of contact P with the point O_2), the length of the guide $AB = e$, the radius of the satellite $PB = r$, and ψ the angle between the radius of the carrier and the line O_2P , the carrier and the leading link by φ_1 , and φ the angle between ρ and R (fig. 2). The angle of rotation of the composite carrier along ψ will be [1, 2]:

$$\psi = \phi \pm \alpha.$$

From the triangle O_1O_2A at $O_1O_2 = a$; $O_1A = R_1$ we have:

$$R_1^2 = a^2 + (\rho - l)^2 + 2a(\rho - l)\cos\psi, \quad (1)$$

where $\pi - \psi = \angle O_1O_2A$ is an obtuse angle.

Making transformations of expression (1), we have:

$$\rho = \sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2\psi - a\cos\psi} + l. \quad (2)$$

On the other hand, R is determined from the triangle O_2BP on the basis of the cosine theorem:

$$r^2 = R^2 + \rho^2 - 2\rho \cdot R \cdot \cos\alpha.$$

Expressing with respect to R , we have:

$$R = \sqrt{r^2 - \rho^2 \sin^2\alpha} + 2\rho\cos\alpha. \quad (3)$$

Substituting the value (2) into (3), we have:

$$R = \sqrt{r^2 - \left[\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2\psi - a\cos\psi} + l \right]^2 \sin^2\alpha} + \left[\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2\psi - a\cos\psi} + l \right] \cdot \cos\alpha.$$

The skew angle is determined by the expression:

$$\operatorname{ctg}\alpha = \frac{R_1 + \frac{\sqrt{(\rho)^2 + [d\rho/d\psi]^2} \cdot \rho}{r}}{d\rho/d\psi}.$$

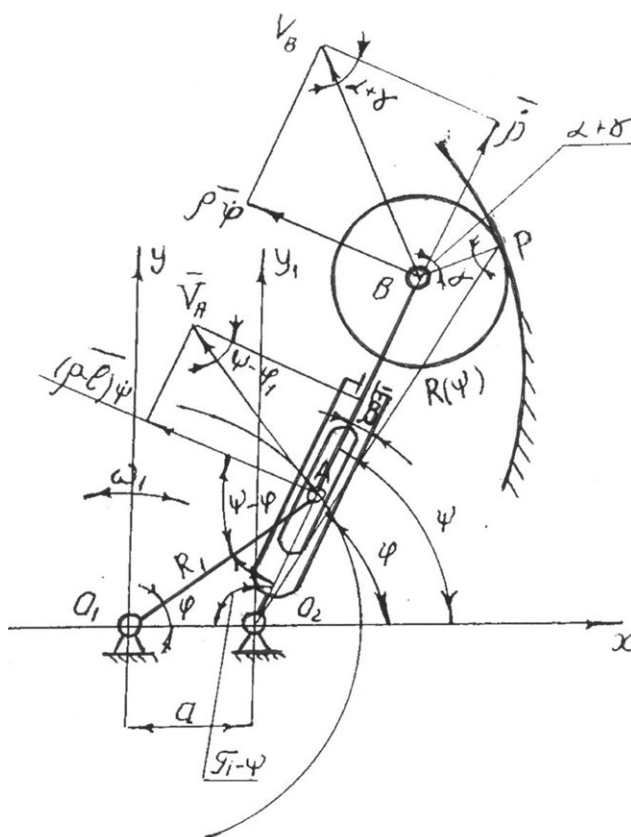


Fig. 2. Diagram of friction mechanism with a composite carrier: 1 – crank, 2 – rocker, 3 – slider, 4 – guide, 5 – satellite, 6 – wheel

The variable gear ratio of the investigated mechanism is determined by the formula [3, 4]:

$$U_{CH} = \frac{\omega_C}{\omega_H}. \quad (4)$$

Gear ratio between the satellites by the driving link:

$$U_{C1} = \frac{\omega_C}{\omega_1}. \quad (5)$$

The angular velocity of a composite carrier is determined by the angle of rotation ψ :

$$\omega_H = \frac{d\psi}{dt}.$$

The angular velocities of the satellite are determined:

$$\omega_C = \frac{v_B}{r}, \quad \omega_1 = \frac{v_A}{R_1}, \quad (6)$$

where v_B, v_A are the linear velocities of the center of the satellite and point A of the leading link, which is determined by the formulas [5, 6]:

$$v_B = \sqrt{\left(\frac{d\rho}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\psi}{dt}\rho\right)^2}, \quad (7)$$

$$v_A = \sqrt{\left(\frac{d\rho}{dt}\right)^2 + \left[\frac{d\psi}{dt}(\rho-l)\right]^2}.$$

Expressions (4) and (5) taking into account (6) and (7) have the forms:

$$U_{CH} = \frac{\sqrt{\left(\frac{d\rho}{dt}\right)^2 + \left[\frac{d\psi}{dt}\rho\right]^2}}{r \frac{d\psi}{dt}}, \quad (8)$$

$$U_{C1} = \frac{R_1}{r} \sqrt{\frac{\left(\frac{d\rho}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\psi}{dt}\rho\right)^2}{\left(\frac{d\rho}{dt}\right)^2 + \left[\frac{d\psi}{dt}(\rho-l)\right]^2}}, \quad (9)$$

where the relative speed of the composite carrier is:

$$\dot{\rho} = \frac{d\rho}{dt} = \dot{\psi} \cdot a \sin \psi \left[1 - \frac{a \cos \psi}{\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2 \psi}} \right]. \quad (10)$$

The final gear ratio of the planetary friction mechanism with a composite telescopic rocker carrier (8) and (9), taking into account the formulas (2) and (10), will be written in the form of the gear ratio of the satellite link [7, 8]:

$$U_{CH} = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{\left[a \sin \psi \left(1 - \frac{a \cos \psi}{\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2 \psi}} \right) \right]^2 + \left[\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2 \psi} - a \cos \psi + l \right]^2}{\left[a \sin \psi \left(1 - \frac{a \cos \psi}{\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2 \psi}} \right) \right]^2 + \left[\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2 \psi} - a \cos \psi \right]^2}},$$

$$U_{C1} = \frac{R_1}{r} \sqrt{\frac{\left[a \sin \psi \left(1 - \frac{a \cos \psi}{\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2 \psi}} \right) \right]^2 + \left[\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2 \psi} - a \cos \psi + l \right]^2}{\left[a \sin \psi \left(1 - \frac{a \cos \psi}{\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2 \psi}} \right) \right]^2 + \left[\sqrt{R_1^2 - a^2 \sin^2 \psi} - a \cos \psi \right]^2}},$$

where U_{CH}, U_{C1} accordingly, variable gear ratios between the rocker carrier satellite and the driving link satellite.

Based on expressions (10) taking into account $\omega_H = \omega_1 (1 + \alpha')$ and $\dot{\rho} = \frac{d\rho}{dt}$, where $\alpha' = \frac{d\alpha}{d\psi}$, we obtain a generalized formula for determining the variable gear ratio of the investigated mechanism.

Gear ratio satellite-rocker pair is:

$$U_{CH} = \frac{\sqrt{\left[\omega_1 (1 \pm \alpha') \rho \right]^2}}{r \omega_1 (1 \pm \alpha')}, \quad (11)$$

gear ratio satellite-leading link:

$$U_{C1} = \frac{R_1}{r} \sqrt{\frac{[\omega_1 (1 \pm \alpha') \rho]^2 + [\dot{\rho}]^2}{[\omega_1 (1 \pm \alpha') \cdot (\rho - l)]^2 + (\dot{\rho})^2}}, \quad (12)$$

where $\alpha' = \frac{\partial \alpha}{\partial \psi}$.

If the carrier length and angle are constant, we obtain the Willis formula from (11) and (12). Taking into account the constancy of the "mismatch" angle, we have the following approximate formula for determining the gear ratio:

$$U_{CH} = \frac{\sqrt{(\rho)^2 + [d\rho/d\psi]^2}}{r},$$

$$U_{C1} = \frac{R_1}{r} \sqrt{\frac{(\rho)^2 + [d\rho/d\psi]^2}{[\rho - l]^2 + [d\rho/d\psi]^2}}.$$

The given basic kinematic dependences of the studied mechanisms make it possible to solve kinematic problems.

For dynamic analysis, consider the function of the transfer mechanism.

Results

We project the geometric parameters of the mechanism under study onto the coordinate axes OX and OY (fig. 3):

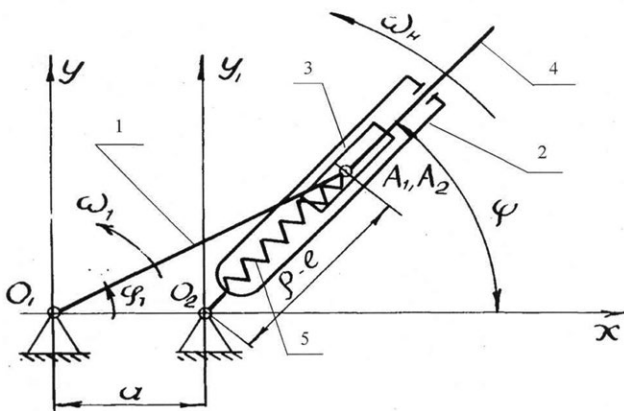


Fig. 3. Calculation scheme for determining transfer functions:

1 – crank, 2 – rocker, 3 – slider, 4 – guide, 5 – spring

The sum of the projections on the X-axis:

$$\sum_{i=1}^{i=n} X_i = 0, \quad R_1 \cos \varphi_1 - (\rho - l) \cos \psi - a = 0.$$

The sum of the projections on the Y-axis:

$$\sum_{i=1}^{i=n} Y_i = 0, \quad R_1 \sin \varphi_1 - (\rho - l) \sin \psi = 0.$$

From the expressions for zero sums of projections, we determine:

$$\rho - l = \frac{R_1 \cos \varphi_1 - a}{\cos \psi} = \frac{R_1 \sin \varphi_1}{\sin \psi}, \quad (13)$$

or

$$F(\varphi_1, \psi) = R_1 \cos \varphi_1 \sin \psi - a \sin \psi - R_1 \sin \varphi_1 \cos \psi = R_1 \sin(\varphi_1 - \psi) - a \sin \psi. \quad (14)$$

Then the total derivative has the form:

$$\frac{dF(\varphi_1, \psi)}{dt} = \frac{\partial F}{\partial \varphi_1} \frac{d\varphi_1}{dt} + \frac{\partial F}{\partial \psi} \frac{d\psi}{dt},$$

where $\Pi' = \frac{\partial F}{\partial \varphi_1}$ and $\Pi'' = \frac{\partial F}{\partial \psi}$ are the transfer

function of the crank or $\Pi' = \frac{R_1 \cos(\varphi_1 - \psi)}{R_1 \cos(\varphi_1 - \psi) - a \cos \psi}$.

Taking into account (14), the transfer function is equal to:

$$\Pi' = \frac{\partial \psi}{\partial \varphi_1} = \frac{\frac{\partial F}{\partial \psi}}{\frac{\partial F}{\partial \varphi_1}}.$$

Then the angular velocity of the link, taking into account (13) and (14), is equal to:

$$\omega_2 = \Pi' \omega_1 = \omega_1 [R_1 \cos(\varphi_1 - \psi) / (R_1 \cos(\varphi_1 - \psi) - a \cos \psi)].$$

The transfer function of the link, taking into account (14), has the form [9, 10]:

$$\Pi'' = \frac{\frac{\partial^2 F}{\partial \phi_1^2} + 2 \frac{\partial^2 F}{\partial \phi_1 \partial \psi} \Pi' + \frac{\partial^2 F}{\partial \psi^2} (\Pi')^2}{\frac{\partial F}{\partial \psi}}, \quad (15)$$

where second partial derivatives:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 F}{\partial \phi_1^2} &= -R_1 \sin(\phi_1 - \psi), & \frac{\partial^2 F}{\partial \phi_1 \partial \psi} &= R_1 \sin(\phi_1 - \psi), \\ \frac{\partial^2 F}{\partial \psi^2} &= R_1 \sin(\phi_1 - \psi) + a \sin \psi. \end{aligned} \quad (16)$$

Equation (15), taking into account (14) and formulas (16), has the form:

$$\begin{aligned} \Pi'' &= \frac{1}{R_1 \cos(\phi_1 - \psi) - a \cos \psi} \cdot \\ &\cdot [R_1 \sin(\phi_1 - \psi) + 2R_1 \sin(\phi_1 - \psi)] \cdot \\ &\cdot \left[\frac{R_1 \cos(\phi_1 - \psi)}{R_1 \cos(\phi_1 - \psi)} + a \cos \psi + R_1 \sin(\phi_1 - \psi) + a \sin \psi \right] \cdot \\ &\cdot \left[\frac{R_1 \cos(\phi_1 - \psi)}{R_1 \cos(\phi_1 - \psi) + a \cos \psi} \right]^2. \end{aligned}$$

Then the angular acceleration of the link of the composite carrier has the form:

$$\varepsilon_2 = \Pi'' \omega_1^2 = \frac{\frac{\partial^2 F}{\partial \phi_1^2} + 2 \frac{\partial^2 F}{\partial \phi_1 \partial \psi} \Pi' + \frac{\partial^2 F}{\partial \psi^2} (\Pi')^2}{\frac{dF}{d\psi}} \omega_1^2.$$

Conclusions

A kinematic analysis of the models was carried out, on the basis of which dynamic dependencies between the design and technological parameters of the drive mechanisms of technological machines were established.

Analytical models of systems of nonlinear equations of motion of elements of planetary mechanisms in drilling rigs have been compiled. The transfer functions of the interaction of a pair of satellite-rocker and a pair of satellite-leading link, formulas for the angular velocities and accelerations of the rocker and the leading link were obtained.

Based on the experiments, the design and technological parameters of the drive planetary mechanisms of drilling rigs will be established depending on the variable kinematic characteristics obtained in the article.

References

1. Holmurotov, T. R., Murodzoda, I. R., & Zainiddin, Sh. (2019). Kinematics model of correlation of planetary mechanisms with variables transmission. *Vestnik Tadzhijskogo natsional'nogo universiteta. Seriya estestvennykh nauk*, (1), pp. 94-99. (In Russian).
2. Kholmurotov, T. R. (2018). Kinematic and dynamic models of optimization of design and technological characteristics planetary friction-connecting rod mechanism with variable parameters. *Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk*. Dushanbe, 28 p. (In Russian).
3. Tiloev, S., Saidov, M. Kh., Saidamirov, S. M., Gieev, A. A., Ahmadov, B. R., Toshov, S. D., Kholmurotov, T. R., & Valiev, S. Z. Planetary Mechanism. *Malyy patent Respubliki Tadjikistan* 201, IPC (2006) F 16 H 21/00; 21/02; 21/26. Applied: 21.07.2008. (In Russian).
4. Tiloev, S., Saidov, M. Kh., Saidamirov, S. M., Sulton, Kh., Chalaev, S., Toshov, S. D., Gieev, A. A., Ahmedov, B. R., Sharipov, & F. B., Kholmurotov, T. R. Epicyclic mechanism (two-stage). *Malyy patent Respubliki Tadjikistan* 200, IPC (2006) F 16 H 21/00; 21/02; 21/26. Applied: 27.01.2008. (In Russian).
5. Frolov, K. V. (1965). Umen'shenie amplitudy rezonansnykh sistem putem upravlyaemogo izmeneniya parametrov. *Mashinovedenie*, (3), pp. 45-51. (In Russian).
6. Usmankhadzhaev, Kh. Kh., Karimov, K. A., & Tiloev, S. (1982). Planetary friction mechanism with compound carrier. *Tret'ya Vsesoyuznaya nauchnaya konferentsiya po inertsionno-impul'snym mekhanizmam, privodam i ustroystvam : tezisy dokladov*, p. 123. (In Russian).

-
7. Usmankhodzhaev, Kh. Kh., Karimov, K. A., & Tiloev, S. Epitsiklicheskiy mekhanizm. Avtorskoe svidetel'stvo SU 1033797 A SSSR, F 16 H 21/30. Applied: 11.03.1982. Published: 07.08.1983, Bulletin 29. (In Russian).
 8. Tiloev, S., Akhmadov, B. R., Saidamirov, S. M., Sharipov, F. B., & Kholmuratov, T. R. (2011). Dynamic model of a planetary mechanism with a double compound carrier. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Obrazovanie i nauka v 21 veke"*. Sophia, pp. 7-9. (In Russian).
 9. Yablonskiy, A. A. (1966). *Kurs teoreticheskoy mekhaniki. Part 2: Dinamika*. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 430 p. (In Russian).
 10. Levitskiy, N. I. (1990). *Teoriya mekhanizmov i mashin : uchebnoe posobie dlya universitetov i vtuzov*. 2nd edition, revised. Moscow, Nauka Publ., 590 p. (In Russian).

Библиографический список

1. Холмуратов, Т. Р. Кинематическая модель соотношения планетарных механизмов с переменными передаточными / Т. Р. Холмуратов, И. Р. Муродзода, Ш. Зайниддин. – Текст : непосредственный // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2019. – № 1. – С. 94–100.
2. Холмуратов, Т. Р. Кинематические и динамические модели оптимизации конструктивно-технологических характеристик планетарного фрикционно-шатунного механизма с переменными параметрами : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Т. Р. Холмуратов. – Душанбе, 2018. – 28 с. – Текст : непосредственный.
3. Малый патент № 201 Республики Таджикистан, МПК(2006) F 16 H 21/00; 21/02; 21/26. Планетарный механизм : 21.07.2008 / Тилоев С., Саидов М. Х., Саидамиров С. М., Гиеев А. А., Ахмадов Б. Р., Тошов С. Д., Холмуратов Т. Р., Валиев С. З. – 7 с. – Текст : непосредственный.
4. Малый патент № 200 Республики Таджикистан, МПК(2006) F 16 H 21/00; 21/02; 21/26. Эпициклический механизм (двухступенчатый) : 27.01.2008 / Тилоев С., Саидов М. Х., Саидамиров С. М., Султон Х., Чалаев С., Тошов С. Д., Гиеев А. А., Ахмадов Б. Р., Шарипов Ф. Б., Холмуратов Т. Р. – 6 с. – Текст : непосредственный.
5. Фролов, К. В. Уменьшение амплитуды резонансных систем путем управляемого изменения параметров / К. В. Фролов. – Текст : непосредственный // Машиноведение. – 1965. – № 3. – С. 38–42.
6. Усманхаджаев, Х. Х. Планетарный фрикционный механизм с составным водилом / Х. Х. Усманхаджаев, К. А. Каримов, С. Тилоев. – Текст : непосредственный // Третья Всесоюзная научная конференция по инерционно-импульсным механизмам, приводам и устройствам : тезисы докладов. – Челябинск, 1982. – С. 123.
7. Авторское свидетельство SU 1033797 A СССР, F 16 H 21/30. Эпициклический механизм : заявл. 11.03.1982 : опубл. 07.08.1983, бюл. № 29 / Х. Х. Усманхаджаев, К. А. Каримов, С. Тилоев. – 3 с. – Текст : непосредственный.
8. Динамическая модель планетарного механизма с двойным составным водилом / С. Тилоев, Б. Р. Ахмадов, С. М. Саидамиров [и др.]. – Текст : непосредственный // Материалы международной научно-практической конференции «Образование и наука в 21 веке». – София, 2011. – С. 7–9.
9. Яблонский, А. А. Курс теоретической механики : в 2 частях. Часть 2. Динамика / А. А. Яблонский. – Москва : Высшая школа, 1966. – 430 с. – Текст : непосредственный.
10. Левитский, Н. И. Теория механизмов и машин : учебное пособие для университетов и втузов / Н. И. Левитский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 1990. – 590 с.

Information about the authors

Turobkul R. Holmuratov, Candidate in Engineering, Assistant Professor at the Department of Water Supply Systems, Heat and Gas Supply and Ventilation, Tajik Technical University named after Academician M. S. Osimi, e-mail: turob-2016@mail.ru

Parviz S. Khujaev, Candidate in Engineering, Associate Professor at the Department of Water Supply Systems, Heat and Gas Supply and Ventilation, Tajik Technical University named after Academician M. S. Osimi, e-mail: pkhujaev@gmail.com

Сведения об авторах

Холмуратов Туробкул Рахимович, канд. техн. наук, доцент кафедры систем водоснабжения, теплогазоснабжения и вентиляции, Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими, e-mail: turob-2016@mail.ru

Хужаев Парвиз Сайдгуфронovich, канд. техн. наук, доцент кафедры систем водоснабжения, теплогазоснабжения и вентиляции, Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими, e-mail: pkhujaev@gmail.com

АСТ

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

Уважаемые авторы и читатели!

Вы можете оформить подписку на журнал
«Архитектура, строительство, транспорт»
любым удобным для Вас способом:

- через электронный каталог «Пресса России» на сайте **www.pressa-rf.ru**
- через интернет-магазин «Пресса по подписке» на сайте **www.akc.ru**



Адрес редакции:
625001, г. Тюмень,
ул. Луначарского, 2,
каб. 117
Тел.: (3452) 28-37-50
e-mail: ast@tyuiu.ru

**Подписной индекс
журнала 79619**

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ РУКОПИСИ

1. К предоставляемой рукописи должны быть приложены следующие документы:

- сопроводительное письмо автора на имя главного редактора журнала, подтверждающее, что статья нигде ранее не была опубликована;
- экспертное заключение организации, откуда исходит рукопись, о возможности открытого опубликования.

В случае принятия положительного решения о публикации рукописи в журнале автор должен предоставить в редакцию подписанный вариант рукописи (или ее скан).

2. Все поступающие в редакцию журнала рукописи статьи проходят проверку на наличие заимствований. Статьи, содержащие менее 75 % оригинального текста, в журнале не публикуются (проверка уникальности текста осуществляется без учета метаданных и библиографического списка).

3. Рукописи, соответствующие тематике журнала, проходят процедуру двойного слепого рецензирования с целью их экспертной оценки. Рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов. Рецензии хранятся в редакции в течение 5 лет.

4. Технические требования к тексту.

Формат файлов для текста – Microsoft Word (*.docx). Название файла должно включать фамилию и инициалы автора статьи (например: Иванов_ИИ.docx). Статьи, содержащие формулы, помимо word-файла необходимо продублировать pdf-файлом во избежание искажения формул, которые следует набирать в MathType 4.0 Equation.

Объем статьи – не менее 5 и не более 15 страниц (не включая библиографический список). Размер шрифта 12 пт (Times New Roman), межстрочный интервал одинарный, абзац 0,5 см. Поля страниц: верхнее 20 мм, нижнее 20 мм, левое 20 мм, правое 20 мм.

Все графические объекты должны быть предоставлены отдельными файлами: один рисунок – один файл графического формата. Растровые рисунки (фото) предоставляются в формате JPG с разрешением не менее 300 dpi. Каждый рисунок должен быть помещен в текст и сопровождаться нумерованной подрисунковой подписью. Ссылки на рисунки в тексте обязательны.

Таблицы следует помещать в текст статьи, они должны иметь нумерацию, заголовок и четко обозначенные графы, удобные и понятные для чтения. Ссылки на таблицы в тексте обязательны.

Объем иллюстративных материалов (таблиц и графических материалов) не должен превышать 1/3 общего объема рукописи.

Библиографический список (не менее 10 источников) должен содержать ссылки на актуальные научные работы отечественных и зарубежных специалистов. Объем самоцитирования – не более 30 % от общего числа ссылок.

Нумерация использованных источников в списке дается в порядке последовательности ссылок. На все источники должны быть ссылки в тексте статьи в квадратных скобках. В списке не должно быть «неавторизованных» источников (СП, СНиПов, ГОСТов и т. п.) – на них ссылки даются непосредственно в тексте статьи.

Библиографический список на русском языке должен быть оформлен согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018.

5. Рукопись статьи должна включать:

- индекс УДК;
- название статьи на русском языке;
- инициалы и фамилию автора на русском языке (если авторов несколько, они работают в разных организациях, то после фамилии ставится верхний индекс (1, 2 и т.д.), соответствующий органи-

зации, откуда исходит рукопись, указанной ниже под тем же номером, следом необходимо указать город и страну. Если автор один или все авторы работают в одной организации, то индексы не ставятся);

- аннотация на русском языке (общий объем аннотации – не более 500 знаков);
- ключевые слова на русском языке (до 10 слов и (или) словосочетаний);

Пункты 2–5 необходимо продублировать ниже на английском языке

- основной текст статьи на языке оригинала;
- библиографический список на русском языке;
- сведения об авторах (Information about the authors): полные Ф.И.О., должность, ученая степень, звание, место работы, телефон, e-mail – на русском и английском языках.

6. Структура основного текста статьи должна включать следующие рубрики, согласно стандарту IMRAD: введение, объект и методы исследования, экспериментальная часть/постановка эксперимента, результаты, обсуждение, выводы, приложения.

- **Введение.** Включает актуальность исследования, обзор литературы по теме исследования, постановку проблемы, формулирование цели и задач исследования.
- **Объект и методы исследования.** Данный раздел включает детальное описание методов и схемы экспериментов/наблюдений, позволяющих воспроизвести их результаты, пользуясь только текстом статьи; материалы, приборы, оборудование и другие условия проведения экспериментов/наблюдений.
- **Экспериментальная часть/постановка эксперимента.** Необязательный раздел. Может включать подробную информацию о стадиях реализации эксперимента, включающую графические материалы для наиболее полного раскрытия методики и условий проведения опытов.
- **Результаты.** Результаты рекомендуется представлять преимущественно в виде таблиц, графиков и иных наглядных формах. Этот раздел включает анализ полученных результатов, их интерпретацию, сравнение с результатами других авторов.
- **Обсуждение.** Содержит интерпретацию полученных результатов исследования; ограничения исследования и обобщения его результатов; предложения по практическому применению; предложения по направлению будущих исследований.
- **Выводы.** Подводятся итоги научного исследования. Заключение содержит выводы, кратко формулирующие основные научные результаты статьи. Выводы должны логически соответствовать поставленным в начале статьи задачам, содержать краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в них.
- **Приложения.** Необязательный раздел. Может включать информацию о грантовой поддержке, при которой было реализовано исследование, а также содержать благодарности в адрес других ученых и/или предприятий, оказавших содействие в реализации исследования.

7. Рукопись, допущенная к публикации, проходит принятый редакцией процесс допечатной подготовки, включающий редактирование, корректуру, верстку.

8. Исправленные статьи авторам не предоставляются. Рукописи, не удовлетворяющие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются и авторам не возвращаются.

9. Плата за опубликование рукописей **не взимается.**

Перепечатка материалов или их фрагментов возможна только с письменного разрешения редакции. Ссылка на научно-информационный журнал «Архитектура, строительство, транспорт» **обязательна!**

MANUSCRIPT PREPARATION GUIDELINES

1. The following documents must be attached to the submitted manuscript:
 - a cover letter from the author addressed to the editor-in-chief of the journal, confirming that the article has not been published anywhere else;
 - expert evaluation of the organization where the manuscript comes from on the possibility of open publication.

If a positive decision is made to publish the manuscript in the journal, the author must submit to the editor a signed version of the manuscript (or its scan).

2. All manuscripts submitted to the journal are checked for plagiarism. Articles containing less than 75% of the original text are not accepted for publication in the journal (verification of the uniqueness of the text is carried out without taking into account metadata and bibliographic list).

3. Manuscripts corresponding to the subject matter of the journal undergo a double-blind peer review procedure for the purpose of their expert evaluation. The reviewers are recognized experts in the subject matter of the reviewed material. The reviews are kept in the editorial office for 5 years.

4. Article format requirements

The file format for the text is Microsoft Word (*.docx). The file name must include the surname and initials of the author of the article (for example Ivanov_AA.doc). Articles containing formulas, in addition to the word file, must be duplicated with a pdf file in order to avoid distorting the formulas that should be typed in MathType 4.0 Equation.

The article should be no less than 5 and no more than 15 pages (not including the reference list). Use 12 pt Times New Roman, single line spacing, paragraph 0.5 cm. Page margins: top 20 mm, bottom 20 mm, left 20 mm, right 20 mm.

All graphic objects must be submitted in separate files: one figure – one graphic format file. Raster images (photos) are submitted in JPG format with a resolution of at least 300 dpi. Each figure should be placed in the text and accompanied by a numbered figure caption. References to figures in the text are required.

Tables should be placed in the text of the article, they should have a numbering, heading and clearly marked columns, convenient and easy to read. References to tables in the text are required.

The volume of illustrative materials (tables and graphic materials) should not exceed 1/3 of the total volume of the manuscript.

The list of references (at least 10 sources) should contain links to current scientific works of national and foreign specialists. Self-citations should not exceed 30 % of the total number of links.

The numbering of the sources used in the list is given in the order of the sequence of references. All sources should be referenced in the text of the article in square brackets. The list should not contain "unauthorized" sources (SP, SNIps, GOSTs, etc.) – links to them are given directly in the text of the article.

The list of references in Russian must be drawn up in accordance with GOST R 7.0.100–2018 (in English – with APA 6th Edition).

5. The manuscript of the article should include:

- UDC index;
- title of the article;
- initials and surname of the author (if there are several authors, and they work in different organizations, then a superscript (1, 2, etc.) is put after the surname, corresponding to the organization which the

manuscript comes from, indicated below under the same number, followed by the city and country. If there is one author or all authors work in one organization, then the superscripts are not used);

- abstract (no more than 500 characters);
- key words (up to 10 words and (or) phrases);
- main text of the article in the original language;
- references;
- information about the authors: full name, position, academic degree, title, place of work, telephone, e-mail.

6. The structure of the main body of the article should include the following sections, according to the IMRAD structure: introduction, object and methods of research, experimental part/experiment, results, discussion, conclusions, applications.

- **Introduction.** It includes the relevance of the research, literature review on the research topic, problem statement, formulation of the goal and objectives of the research.
- **Object and methods** of research. This section includes a detailed description of the methods and schemes of experiments/observations that make it possible to reproduce their results using only the text of the article, as well as materials, devices, equipment, and other conditions for conducting experiments/observations.
- **Experimental part/experiment.** It is an optional section. It may include detailed information about the stages of the experiment, including graphic materials for the most complete disclosure of the methodology and conditions of the experiment.
- **Results.** It is recommended to present the results mainly in the form of tables, graphs, and other visual forms. This section includes the analysis of the results obtained, their interpretation, comparison with the results of other authors.
- **Discussion.** It contains the interpretation of the obtained research results, limitations of research and generalization of its results, suggestions for practical application, suggestions for future research.
- **Conclusions.** Here the results of the research are summed up. Conclusions summarize the main scientific results of the article. Conclusions should logically correspond to the objectives set at the beginning of the article, contain brief summaries of the sections of the article without repeating the formulations given in them.
- **Applications.** It is an optional section. It may include information about grant support under which the research was carried out, and also gratitude to other scientists and/or enterprises who contributed to the implementation of the research.

7. The manuscript, admitted for publication, goes through the prepress process adopted by the editors, including editing, proofreading, and layout.

8. Corrected articles will not be provided to authors. Manuscripts that do not meet the listed requirements will not be accepted for consideration and will not be returned to authors.

9. There is no fee for the publication of manuscripts.

Reprinting of materials or their fragments is possible only with the written permission of the publisher.

A link to the scientific and reference journal "Архитектура, строител'ство, транспорт" ["Architecture, Construction, Transport"] **is required!**

Подписной индекс журнала "Архитектура, строительство, транспорт"
в объединенном каталоге «Пресса России» 79619 (www.pressa-rf.ru)

