

Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий

Строительные конструкции,
здания и сооружения

Основания и фундаменты,
подземные сооружения

Строительные материалы
и изделия

Технология и организация строительства

Строительная механика

Градостроительство, планировка сельских
населенных пунктов

Управление жизненным циклом объектов
строительства





ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий

Рецензируемый научно-практический журнал (издается с 2022 года)

eISSN 2949–1835

DOI: 10.23947/2949–1835

Том 4, № 3, 2025

Журнал создан в целях информирования читательской аудитории о новейших достижениях, тенденциях и перспективах в области строительства, архитектуры, градостроительства и смежных научных направлений. Издание является платформой для научно-образовательного сотрудничества российских и иностранных исследователей, вовлеченных в строительную сферу.

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в котором должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК) по следующим научным специальностям:

- 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)
- 2.1.2 – Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки)
- 2.1.5 – Строительные материалы и изделия (технические науки)
- 2.1.7 – Технология и организация строительства (технические науки)
- 2.1.9 – Строительная механика (технические науки)
- 2.1.13 – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (технические науки)
- 2.1.14 – Управление жизненным циклом объектов строительства (технические науки)

*Индексация
и архивация*

РИНЦ, CyberLeninka, CrossRef, Internet Archive, Google Scholar, Mendeley, AGRIS, SCILIT, Baidu, OpenAlex, Library of Congress, Semantic Scholar, Berkeley, OpenAIRE, MIT Libraries

*Наименование органа,
зарегистрировавшего
издание*

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77 – 83923 от 16 сентября 2022 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

*Учредитель
и издатель*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)

Периодичность

4 выпуска в год

*Адрес учредителя
и издателя*

344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

E-mail

sovtrendstr@gmail.com

Телефон

+7 (863) 2–738–372

Сайт

<http://www.stsg-donstu.ru/>

Дата выхода в свет

30.09.2025





Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning

Peer-reviewed scientific and practical journal (published since 2022)

eISSN 2949–1835

DOI: 10.23947/2949–1835

Vol. 4, no. 3, 2025

A peer-reviewed scientific and practical journal designed to inform the readers about the latest advancements, trends and prospects in the field of construction, architecture, urban planning and adjacent scientific fields. The journal serves a platform for scientific and educational cooperation of researchers and scholars engaged in field of construction.

The journal is included in the List of the leading peer-reviewed scientific publications (Higher Attestation Commission under the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation), where basic scientific results of dissertations for the degrees of Doctor and Candidate of Science in scientific specialties and their respective branches of science should be published.

The journal publishes articles in the following fields of science:

- Building Constructions, Buildings and Engineering Structures (Engineering Sciences)
- Footings and Foundations, Subsurface Structures (Engineering Sciences)
- Construction Materials and Products (Engineering Sciences)
- Technology and Organization of Construction (Engineering Sciences)
- Structural Mechanics (Engineering Sciences)
- Urban Planning, Rural Settlements Planning (Engineering Sciences)
- Facilities Life Cycle Management (Engineering Sciences)

*Indexing
and Archiving*

RISC, CyberLeninka, CrossRef, Internet Archive, Google Scholar, Mendeley, AGRIS, SCILIT, Baidu, OpenAlex, Library of Congress, Semantic Scholar, Berkeley, OpenAIRE, MIT Libraries

*Name of the Body
that Registered the
Publication*

Extract from the Register of Registered Mass Media ЭЛ № ФС 77 – 83923 dated September 16, 2022, issued by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media

*Founder
and Publisher*

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
Don State Technical University (DSTU)

Periodicity

4 issues per year

*Address
of the Founder
and Publisher*

1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation

E-mail

sovtrendstr@gmail.com

Telephone

+7 (863) 2–738–372

Website

<http://www.stsg-donstu.ru/>

Date of Publication

30.09.2025



Редакционная коллегия

Главный редактор

Маилян Дмитрий Рафаэлович, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора

Щербань Евгений Михайлович, кандидат технических наук, доцент, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Выпускающий редактор

Студенникова Светлана Геннадьевна, начальник отдела публикационной активности, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Ответственный секретарь

Шевченко Надежда Анатольевна, начальник отдела научно-технической информации и научных изданий, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Беккиев Мухтар Юсубович, доктор технических наук, профессор, директор Высогогорного Геофизического Института (Нальчик, Российская Федерация);

Ходжаев Аббас Агзамович, доктор технических наук, профессор, начальник отдела контроля учебных программ и учебной литературы Министерства высшего и среднего специального профессионального образования (Ташкент, Республика Узбекистан);

Несветаев Григорий Васильевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Прокопов Альберт Юрьевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Скибин Геннадий Михайлович, доктор технических наук, профессор, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (Новочеркасск, Российская Федерация);

Плешко Михаил Степанович, доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов» (Москва, Российская Федерация);

Котляр Владимир Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Зайченко Николай Михайлович, доктор технических наук, профессор, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Макеевка, Российская Федерация);

Адылходжаев Анвар Ишанович, доктор технических наук, профессор, Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Республика Узбекистан);

Григорян Вардгес Игитович, доктор технических наук, профессор, руководитель Ассоциации промышленных предприятий Армении (Ереван, Республика Армения);

Байбурун Альберт Халитович, доктор технических наук, профессор, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск, Российская Федерация);

Толкынбаев Темирхан Анапияевич, доктор технических наук, профессор, действительный (иностраннй) член Российской академии архитектуры и строительных наук, первый проректор Таразского университета (Тараз, Казахстан);

Языев Батыр Меретович, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Акимов Павел Алексеевич, доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, академик Российской академии архитектуры и строительных наук (Москва, Российская Федерация);

Панасюк Леонид Николаевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Беспалов Вадим Игоревич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Данилина Нина Васильевна, доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Москва, Российская Федерация);

Сидоренко Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет (Волгоград, Российская Федерация);

Товмасын Саркис Арисаткакесович, доктор архитектурных наук, доцент, член Палаты архитекторов Армении (Ереван, Республика Армения).

Editorial Board

Editor-in-Chief

Dmitry R. Mailyan, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Deputy Chief Editor

Evgenii V. Shcherban', Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Executive Editor

Svetlana S. Studennikova, Head of the Publication Activity Department, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Executive Secretary

Nadezhda A. Shevchenko, Head of the Scientific and Technical Information and Scientific Publications Department, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Mukhtar Yu. Bekkiev, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Director of the High-Mountain Geophysical Institute (Nalchik, Russian Federation)

Abbas A. Khodzhaev, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Head of the Curricula and Educational Literature Control Department, Ministry of Higher and Secondary Vocational Education of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Republic of Uzbekistan)

Grigory V. Nesvetaev, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Albert Yu. Prokopov, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Gennady M. Skibin, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (Novocherkassk, Russian Federation)

Mikhail S. Pleshko, Dr.Sci. (Engineering), Professor, National University of Science and Technology MISIS (Moscow, Russian Federation)

Vladimir D. Kotlyar, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Nikolai M. Zaichenko, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture (Makeevka, Russian Federation)

Anvar I. Adilkhodjaev, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Tashkent State Transport University (Tashkent, Republic of Uzbekistan)

Vardges I. Grigoryan, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Head of the Association of Industrial Enterprises of Armenia (Yerevan, Republic of Armenia)

Albert Kh. Bayburin, Dr.Sci. (Engineering), Professor, South Ural State University (Chelyabinsk, Russian Federation)

Temirkhan A. Tolkyubaev, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Full (Foreign) Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), First Vice-Rector, Taraz University (Taraz, Republic of Kazakhstan)

Batyr M. Yazyev, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Pavel A. Akimov, Dr.Sci. (Engineering), Professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS) (Moscow, Russian Federation)

Leonid N. Panasyuk, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Vadim I. Bespalov, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Nina V. Danilina, Dr.Sci. (Engineering), Professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU) (Moscow, Russian Federation)

Vladimir F. Sidorenko, Dr.Sci. (Engineering), Professor, Volgograd State Technical University (VSTU) (Volgograd, Russian Federation)

Sarkis A. Tovmasyan, Dr.Sci. (Architecture), Associate Professor, Member of the Chamber of Architects of the Republic of Armenia (Yerevan, Republic of Armenia)

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- Радайкин О.В., Хнычева Н.В.* Оценка и анализ перемещений от изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} железобетонных стен гражданских зданий 7
- Котенко М.П., Скачков С.В.* Энергопоглощающие фасонки связей стального каркаса 18

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Пузатова А.В., Козай А.Д., Дмитриева М.А.* Кинетика тепловыделения механоактивированной цементно-песчаной композиции 25
- Лапунова К.А., Орлова М.Е., Терехина Ю.В.* Декорирование лицевого керамического кирпича методом ангобирования 33

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- Былков В.В.* Правовые проблемы переустройства и перепланировки помещений 44

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

- Сысолов Н.С., Чмир Ю.Э., Шило А.В.* Создание инструмента для преобразования цифровых требований при выгрузке цифровых информационных моделей в формате IFC 56
- Аль-Згуль И.Х., Шеина С.Г., Морозова Н.Е.* Проблемы и перспективы риск-ориентированного управления объектом строительства: обзор современных исследований 65

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- Ли Цун, Зеленцев Л.Б., Пирко Д.В., Тузлуков К.В.* Исследование проблем бюджетного контроля и стратегий в проектах ЕРС, реализуемых в Китайской народной республике 77

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND ENGINEERING STRUCTURES

- Radaikin OV, Khnycheva NV* Determination and Analysis of Flexure $\Delta_{flexure}$ and Shear Δ_{shear} Displacements Displacements of Reinforced Concrete Walls of Civil Buildings 7
- Kotenko MP, Skachkov SV* Energy-Absorbing Gusset of Steel Frame Bonds 18

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

- Puzatova AV, Kogai AD, Dmitrieva MA* Kinetics of Heat Release of a Mechanically Activated Cement-Sand Composition 25
- Lapunova KA, Orlova ME, Terekhina YuV* Decoration of the Front Ceramic Brick by the Method of Engobing.... 33

URBAN PLANNING, PLANNING OF RURAL SETTLEMENTS

- Bylkov VV* Legal Problems of Reconstruction and Redevelopment of Premises 44

LIFE CYCLE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION FACILITIES

- Sysolov NS, Chmir YuE, Shilo AV* Creating A Tool for Transforming Digital Requirements when Uploading Digital Information Models in IFC Format 56
- Ilyas Kh. Al-Zgul, Sheina SG, Morozova NE.* Problems and Prospects of Risk-Oriented Management in Construction: a Review of Current Research..... 65

TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

- Li Cong, Zelentsov LB, Pirko DV, Tuzlukov KV* Research on Budget Control Issues and Strategies in EPC Projects Implemented in People's Republic of China 77

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND ENGINEERING STRUCTURES



УДК 624.073+624.012+624.044

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949–1835-2025-4-3-7-17>

Оценка и анализ перемещений от изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} железобетонных стен гражданских зданий

О.В. Радайкин^{1,2} , Н.В. Хнычева² ¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Российская Федерация² Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Российская Федерация olegxxii@mail.ru

EDN: ITESKN

Аннотация

Введение. К настоящему времени в отечественной и зарубежной научной литературе накоплен обширный экспериментальный материал по исследованию перемещений и деформаций железобетонных стен при совместном действии горизонтальной Q и вертикальной N нагрузок. Однако отсутствуют обобщающие работы, систематизирующие полученные данные с целью их использования в качестве эмпирического базиса для построения более точных деформационных моделей и инженерных методик расчета стен, позволяющих дифференцированно оценивать перемещения изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} . Данная статья направлена на решение этой проблемы.

Материалы и методы. Объект исследований — железобетонные стены зданий и сооружений при совместном действии горизонтальной Q и вертикальной N нагрузок. Предмет исследований — перемещения и деформации стен. Материалы — научные статьи зарубежных авторов, посвященные исследуемому вопросу. Методы — формальная логика (анализ, синтез, индукция, дедукция), графический метод построения схем деформирования, аналитические методы нелинейной строительной механики.

Результаты исследования. При соотношении сторон стены $1,5 < H/B < 2,0$ преобладают изгибные перемещения $\Delta_{flexure}$ в структуре общих перемещений Δ , а перемещения горизонтального скольжения Δ_{slid} составляют порядка 1 % от Δ , и ими можно пренебречь. Доля перемещений от изгиба $\Delta_{flexure}$ составляет приблизительно 98 % от Δ на начальных этапах. С увеличением горизонтальной нагрузки Q вклад перемещений $\Delta_{flexure}$ постепенно снижается: до 90 % — в момент появления трещин, до 85 % — при текучести вертикальной арматуры и до 80 % — в стадии разрушения (при выкрашивании сжатого бетона).

При соотношении сторон стены $1,0 < H/B < 1,5$ перемещение Δ_{shear} оказывает значительное влияние на общее перемещение Δ : доля Δ_{shear} на начальных этапах нагружения составляет около 22 %, в момент отслоения защитного слоя бетона — 46 %, и достигает 64 % в момент разрушения.

По графикам относительных перемещений стены при соотношении сторон $1,5 < H/B < 2,0$ нами выявлено, что в стадии разрушения доля перемещений при изгибе и сдвиге составляет соответственно 88 % и 12 % от общих. Аналогичные графики получены для стен с соотношением сторон $1,0 < H/B < 1,5$ и установлено, что перемещение Δ_{shear} оказывает значительное влияние на общее перемещение Δ . Доля Δ_{shear} на начальных этапах нагружения составляет около 22 %, в момент отслоения защитного слоя бетона — 46 % и достигает 64 % в момент разрушения.

Обсуждение и заключение. Метод «Х-диагоналей», реализованный в плоской расчетной схеме, позволяет с высокой точностью выделить из общих перемещений составляющие, вызванные деформациями изгиба и сдвига. Благодаря этому преимуществу, данная схема является перспективным инструментом для дальнейших экспериментальных и теоретических исследований. Причем, на наш взгляд, высота фрагмента стены, в границах которого строятся диагонали, должна быть произвольной — H_i , что позволит сделать данный метод более универсальным.

Помимо плоской расчетной схемы возможно использование и стержневой. Стержневую расчетную схему стены при известных закономерностях об изменении жесткостных параметров стержня на концевых участках (в местах образования пластических шарниров) удобно применять в инженерных расчетах каркасных зданий и сооружений на основе метода конечных элементов в том или ином вычислительном комплексе.

Ключевые слова: железобетон, монолитные стены, экспериментальные данные, прочность стены, перемещения при изгибе, перемещения при сдвиге, общие перемещения, деформация при изгибе, деформация при сдвиге, общая деформация

Благодарности. Авторы выражают благодарность редакции и рецензентам за внимательное отношение к статье и указанные замечания, которые позволили повысить ее качество.

Для цитирования. Радайкин О.В., Хнычева Н.В. Оценка и анализ перемещений от изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} железобетонных стен гражданских зданий. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(3):7–17. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-7-17>


Original Empirical Research

Determination and Analysis of Flexure $\Delta_{flexure}$ and Shear Δ_{shear} Displacements of Reinforced Concrete Walls of Civil Buildings

Oleg V. Radaikin^{1,2}  , Nadezhda V. Hnycheva² 

¹Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

²Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

 olegxxii@mail.ru

Abstract

Introduction. To date, there have been extensive experimental data made available in both domestic and foreign scientific literature on the study of displacements and deformations of reinforced concrete walls under the combined action of horizontal load Q and vertical load N . However, there are not enough comprehensive works systematizing the obtained data to be used as an empirical basis for designing more accurate deformation models and engineering calculation methods for walls, allowing differentiated assessment of flexure $\Delta_{flexure}$ and shear Δ_{shear} displacements. This article aims to look into this issue.

Materials and Methods. The object of the study is reinforced concrete walls of buildings and structures under the combined action of horizontal load Q and vertical load N . The subject of the study are the displacements and deformations of the walls. Materials include scientific articles on the topic by foreign authors. The methods being used are formal logic (analysis, synthesis, induction, deduction), graphical methods for constructing deformation schemes, and analytical methods of nonlinear structural mechanics.

Research Results. For wall aspect ratios $1.5 < H/B < 2.0$, flexure $\Delta_{flexure}$ displacements dominate in the total displacement structure Δ , while horizontal sliding displacements Δ_{slid} amount to about 1% of Δ and can be neglected. The share of flexure $\Delta_{flexure}$ is approximately 98% of Δ at the initial loading stages. As horizontal load Q increases, the contribution of $\Delta_{flexure}$ gradually decreases: to 90% at the moment of crack formation, to 85% at the yielding of vertical reinforcement, and to 80% at the failure stage (when compressed concrete spalls).

For wall aspect ratios $1.0 < H/B < 1.5$, shear displacement Δ_{shear} has a significant influence on the total displacement Δ : its share at the initial loading stages is about 22%, while determining a protective concrete layer — 46%, and reaches 64% at failure.

Using the graphs of relative displacements of walls with aspect ratios $1.5 < H/B < 2.0$, it was found that at the failure stage, the shares of flexure and shear displacements are 88% and 12% of the total, respectively. Similar graphs obtained for walls with aspect ratios $1.0 < H/B < 1.5$ confirmed that Δ_{shear} significantly affects the total displacement Δ . The share of Δ_{shear} at initial loading is about 22%, while determining a protective concrete layer — 46%, and reaches 64% at failure.

Discussion and Conclusion. The "X-diagonals" method implemented in a planar calculation scheme allows for highly accurate separation of components caused by flexure and shear deformations from the total displacements. Thanks to this the scheme is a promising tool for further experimental and theoretical studies. We assume that the height of the wall segment where the diagonals are designed should be arbitrary — H_i making this method more universal.

In addition to the planar calculation scheme, a rod (beam) scheme can also be used. The rod calculation scheme of the wall, with known patterns of stiffness parameter changes in the rod end sections (at the locations of plastic hinge formation), is convenient for engineering calculations of frame buildings and structures based on the finite element method in diverse computational complexes.

Keywords: reinforced concrete, monolithic walls, experimental data, wall strength, flexure displacements, shear displacements, total displacements, flexure deformation, shear deformation, total deformation

Acknowledgments. The authors appreciate the reviewers, whose critical assessment of the submitted materials and suggestions helped to significantly improve the quality of this article.

For citation. Radaikin OV, Khnycheva NV. Determination and Analysis of Flexure $\Delta_{flexure}$ and Shear Δ_{shear} Displacements Displacements of Reinforced Concrete Walls of Civil Buildings. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(3):7–17. <https://doi.org/10.23947/2949–1835-2025-4-3-7-17>

Введение. Железобетонные стены относятся к самым распространенным видам строительных конструкций зданий и сооружений. Часто они совмещают несущую и ограждающую функции, испытывают действие вертикальных и горизонтальных нагрузок и, как следствие, работают в условиях сложного напряженно-деформированного состояния. Достоверная оценка возникающих при этом деформаций служит залогом их точного механического расчета и дальнейшей безопасной эксплуатации. Анализ перемещений и деформаций стен посвящена данная публикация.

Для дальнейшего изложения проясним терминологию:

– перемещение — это изменение координат рассматриваемой точки твердого тела (железобетонной стены в нашем случае) в пространстве под действием на него нагрузок (внешних сил), которое в данной статье обозначается греческой буквой Δ_{index} со своим нижним индексом, обозначающим характер влияния на это перемещение деформаций твердого тела, таких как изгиб, сдвиг, скольжение и т.п.;

– деформация — это изменение размеров и формы самого твердого тела под действием нагрузки, то есть это взаимные перемещения точек твердого тела относительно друг друга в пространстве. В качестве деформаций рассматриваются линейные относительные деформации — ε , углы сдвига — γ , углы поворота сечений твердого тела относительно его осей — φ и кривизна самих осей — χ (прим.: в литературе также часто обозначаются $1/\rho$).

Общее перемещение какой-либо точки железобетонной стены от нагрузок, действующих в ее плоскости, можно разложить на следующие составляющие:

$$\Delta = \Delta_{flexure} + \Delta_{shear} + \Delta_{slid} + \Delta_{BR}, \quad (1)$$

где $\Delta_{flexure}$ — перемещения, обусловленные влиянием деформаций чистого изгиба; Δ_{shear} — перемещения, обусловленные влиянием деформаций чистого сдвига в плоскости стены; Δ_{slid} — перемещения, обусловленные влиянием деформаций сдвига-скольжения низа либо верха стены; Δ_{BR} — перемещения, обусловленные влиянием поворота низа или верха стены относительно фундамента или перекрытия.

После изучения научно-технической литературы, анализ которой представлен ниже, нами выявлена следующая проблема: отсутствуют обобщающие работы, систематизирующие экспериментальные данные (которых за последние десятилетия накопилось немало), по деформированию железобетонных стен при совместном действии горизонтальной, Q , и вертикальной, N , нагрузок. Это является определенным препятствием как для совершенствования существующих методов и методик дифференцированного расчета перемещений изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} железобетонных стен, так и для создания принципиально новых подходов. На преодоление этого препятствия направлены данные исследования.

При этом перемещения от нагрузок, действующих из плоскости стены, выходят за рамки рассмотрения данных исследований.

Материалы и методы. Ранее в работе [1] нами были описаны общие механизмы деформирования и разрушения стен при совместном влиянии отношения нагрузок N/Q и отношения высоты стены к ее ширине — H/B . Установлено, что отношение H/B качественно предопределяет механизм разрушения стены, то есть влияет на картину появления и развития трещин от микроскопического размера до магистральных трещин, по траектории которых конструкция стены разделяется на отдельные части. Соотношение нагрузок N/Q отвечает за количественные значения параметров реализации этого механизма. При малых значениях H/B преобладает доля сдвиговых перемещений Δ_{shear} в результирующих перемещениях стены Δ , а сопротивляемость горизонтальной нагрузке Q_u является максимальной. При этом разрушение носит более хрупкий характер. С увеличением отношения H/B доля изгибных перемещений $\Delta_{flexure}$ возрастает, а сдвиговых Δ_{shear} — падает; снижается также и Q_u , пластические деформации проявляются более интенсивно.

Описанные в [1] механизмы деформирования и разрушения стен под нагрузкой позволяют строить для них деформированные схемы с наложением схемы внутренних усилий, уравнивающих внешние нагрузки. Эти деформированные схемы дают возможность вычислять общие перемещения стены Δ на характерных ее участках, а самое главное — вычленять из общих перемещений составляющие, обусловленные влиянием деформаций изгиба и сдвига — соответственно $\Delta_{flexure}$ и Δ_{shear} . Ниже рассмотрены некоторые варианты таких схем разных авторов с их анализом на предмет соответствия каждой из них действительной работе конструкции стен и удобства их применения в качестве инструмента для анализа НДС стен.

Результаты исследования. Одна из таких схем приведена в работах [2, 3]. С учетом наших дополнений, необходимых для полной ясности картины, она представлена на рис. 1.

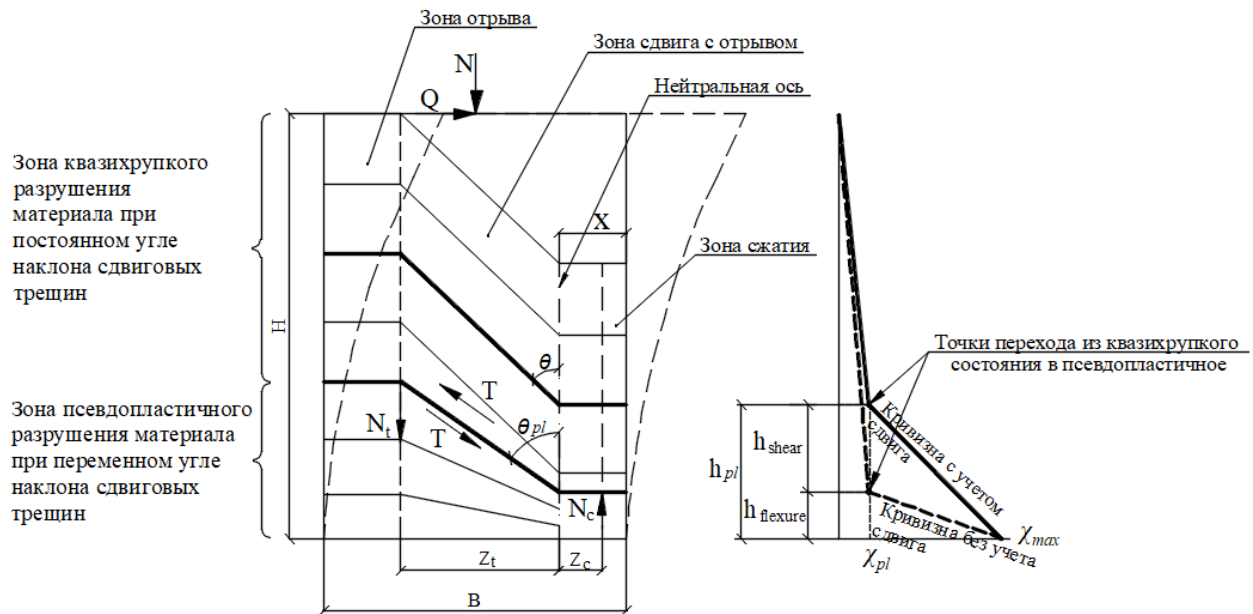


Рис. 1. Расчетная схема деформирования железобетонной стены (слева) при совместном действии вертикальной N и горизонтальной Q нагрузки и график распределения кривизны по ее высоте (справа) [2]

Схема представляет собой прямоугольную пластину с защемленной нижней гранью, все остальные три грани свободны от связей. Сверху прикладываются вертикальная нагрузка N и горизонтальная — Q . На пластину нанесена схема веерообразных трещин, характер которых выявлен в ходе эксперимента. По траектории одной из трещин проведено расчетное сечение — первая снизу жирная линия. Оно пересекает слева растянутую зону стены, или зону отрыва, в которой преобладает отрывной механизм образования трещин; в центре — зону совместного сдвига и отрыва, в которой накладываются два механизма образования трещин — поперечный отрыв и продольный сдвиг; справа — зону сжатия стены. Устойчивое развитие трещин происходит главным образом за счет диссипации (рассеивания) накопившейся энергии упругопластического деформирования чистого изгиба, которая обуславливает перемещения $\Delta_{flexure}$, а деформации сдвига или скольжения, обуславливающие соответственно перемещения Δ_{shear} и Δ_{slid} , приводят к спонтанному растрескиванию и почти мгновенному хрупкому разрушению в локальной зоне.

Справа на рис. 1 приведены теоретические эпюры кривизны нейтральной оси стены. Сплошная линия соответствует полной кривизне, определенной при совместном учете изгибных и сдвиговых деформаций, пунктирная — только при учете изгиба без сдвига. Каждая эпюра состоит из двух прямых линий с разным углом наклона: в нижней части стены угол более пологий, соответственно, кривизна по высоте меняется более интенсивно, чем вверху. Точка перелома между этими участками соответствует переходу от квазихрупкого механизма разрушения верха стены к псевдопластичному механизму разрушения низа стены. По ломаной линии расчетного сечения стены приложена система внутренних сил: N_c — равнодействующая сжимающих напряжений в бетоне; N_t — равнодействующая растягивающих напряжений в бетоне; T — равнодействующая касательных напряжений по берегам наклонной трещины. На рис. 1 также обозначено: $h_{flexure}$, h_{pl} — высота зоны псевдопластичного разрушения низа стены соответственно в предположении, что возникают только деформации чистого изгиба, и при совместном учете деформаций изгиба и сдвига; χ_{pl} — кривизна, соответствующая высоте h_{pl} ; χ_{max} — максимальная кривизна; x — высота сжатой зоны; z_c — плечо равнодействующей N_c относительно нейтральной оси; z_t — плечо равнодействующей N_t также относительно нейтральной оси; θ , θ_{pl} — угол наклона трещин, образование которых происходит по отрывно-сдвиговому механизму соответственно в верхней зоне стены (над точкой перехода от квазихрупкого разрушения к псевдопластичному) и в нижней зоне (под этой точкой), при этом $\theta = const$, $\theta_{pl} = var$.

Заметим, что равнодействующая растягивающих напряжений N_t в расчетном сечении находится выше, чем равнодействующая сжимающих напряжений N_c именно из-за влияния деформаций сдвига. При чистом изгибе эти силы находились бы на одном горизонтальном уровне.

Угол наклона трещин θ_{pl} в точке перехода определяется по формуле:

$$\theta_{pl} = \arctg \left(\frac{z_t}{h_{shear}} \right), \quad (2)$$

где $h_{shear} = h_{pl} - h_{flexure}$.

По данным эксперимента [2] значение θ_{pl} находится в пределах от 55° до 65° .

На рис. 2 приведены эпюры кривизны нейтральной оси стены [2]: две теоретические — первая в предположении деформаций только изгиба (1), вторая — при совместном учете изгиба и сдвига (2), а также экспериментальная эпюра (3), которую описывают (аппроксимируют) предыдущие две теоретические эпюры.

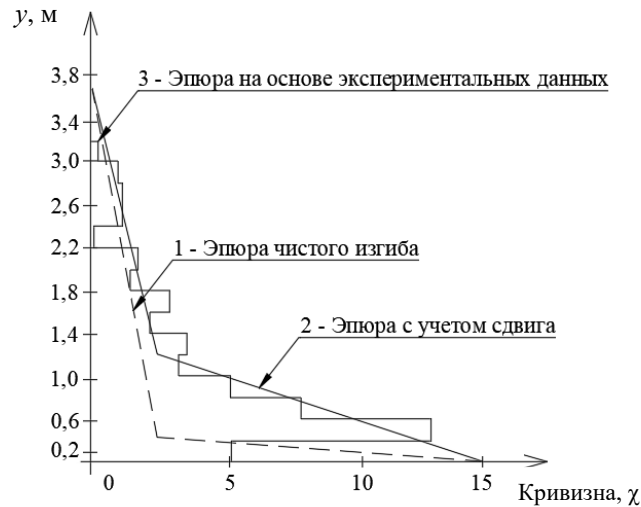


Рис. 2. Эпюры распределения кривизны по высоте стены [2]

Максимальное отличие между эпюрами 1 и 2 составило 31 %, что является существенным.

Для того, чтобы рассчитать компоненты деформаций и перемещений, обусловленные изгибом и сдвигом раздельно, внесем в расчетную схему (рис. 1) некоторые обобщающие уточнения и перейдем к схеме (рис. 3) [4]:

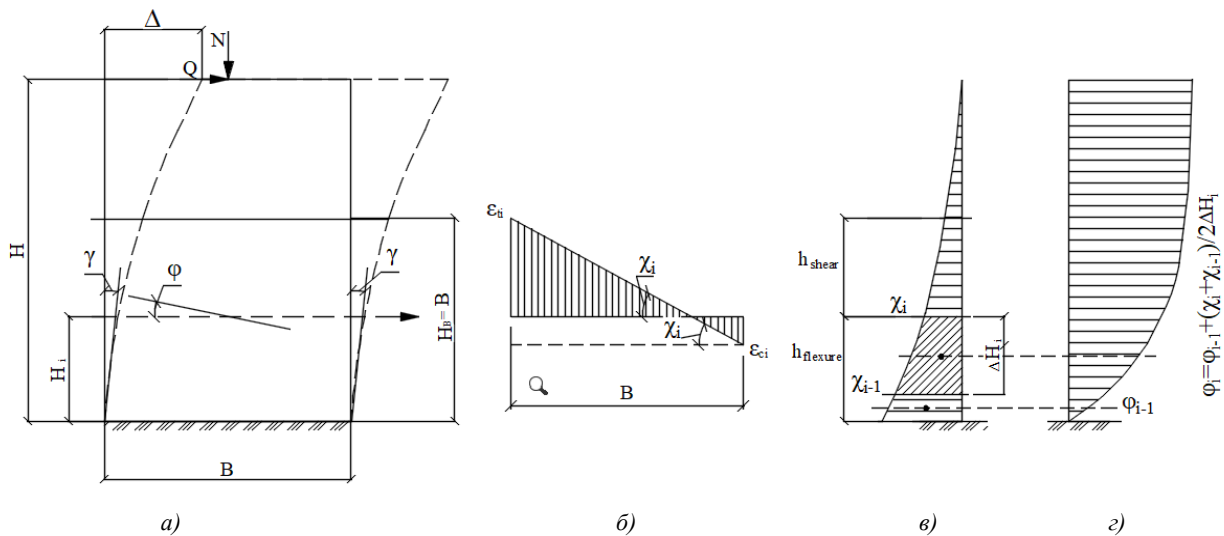


Рис. 3. Расчетные схемы определения углов сдвига, γ , продольных относительных деформаций, ϵ , кривизн, χ , и углов поворота, ϕ , при деформировании стены: а — схема деформирования стены; б — эпюра распределения продольных деформаций ϵ в произвольном i -м сечении стены, проведенном на высоте H_i от основания; в — эпюра распределения кривизны по высоте стены; г — эпюра распределения углов поворота [4]

Для оценки деформаций изгиба рассмотрим эпюру кривизны на рис. 3 в, которая описывается некоторой непрерывной и дифференцируемой функцией $\chi = \chi(y)$. Пусть i — это порядковый номер произвольного поперечного сечения стены, расположенного на высоте H_i от ее низа. В данном сечении эпюра относительных деформаций ϵ стены показана на рис. 3 б, крайние значения на которой связаны с кривизной известной из сопротивления материалов формулой:

$$\chi_i = \frac{|\epsilon_{ti}| + |\epsilon_{ci}|}{B}, \quad (3)$$

где ϵ_{ti} и ϵ_{ci} — деформации растяжения и сжатия на боковых гранях стены шириной B .

Среднее значение кривизны на участке стены высотой ΔH_i , заключенном между двумя близкими сечениями i и $i-1$, есть величина $(\chi_i + \chi_{i-1})/2$. Тогда угол поворота поперечного сечения стены на уровне центра тяжести участка ΔH_i (рис. 3 г) определяется формулой:

$$\varphi_i = \int_0^{H_i} \chi(y) dy = \frac{\varphi_{i-1} + (\chi_i + \chi_{i-1})}{2\Delta H_i}. \quad (4)$$

Искомые перемещения в произвольном i -м сечении определяются по формулам:

$$\Delta_{flexure,i} = \varphi_i H_i, \quad (5)$$

$$\Delta_{shear,i} = \gamma_i H_i, \quad (6)$$

где γ_i — угол сдвига грани стены на высоте от основания (рис. 3 а).

Определить относительные деформации ε_{ti} и ε_{ci} вертикальных граней стены в ходе эксперимента в целом не вызывает трудностей. Для этого можно воспользоваться такими методами, как тензометрия, голографическая интерферометрия и т. п. Поэтому оценить перемещения чистого изгиба $\Delta_{flexure}$ по формулам (3)–(5) довольно просто. А вот с перемещениями чистого сдвига Δ_{shear} возникают сложности [5].

В работах [4, 6–8] для оценки этих перемещений предлагается расчетный метод «Х-диагоналей» (рис. 4). Для этого авторы выделяют квадратный фрагмент стены шириной B и высотой $H_b = B$. Но, по нашему мнению, высота фрагмента может быть произвольной — H_i , что позволит сделать данный метод более универсальным.

Искомые перемещения сдвига Δ_{shear} оцениваются по изменению длин диагоналей выделенного квадрата до деформирования (d) и после деформирования (d_1' , d_2') (рис. 4 а):

$$\Delta_{shear} = \gamma H_B = \left(\frac{d}{2B} \right) (d_1' - d) d - (d_2' - d) H_B. \quad (7)$$

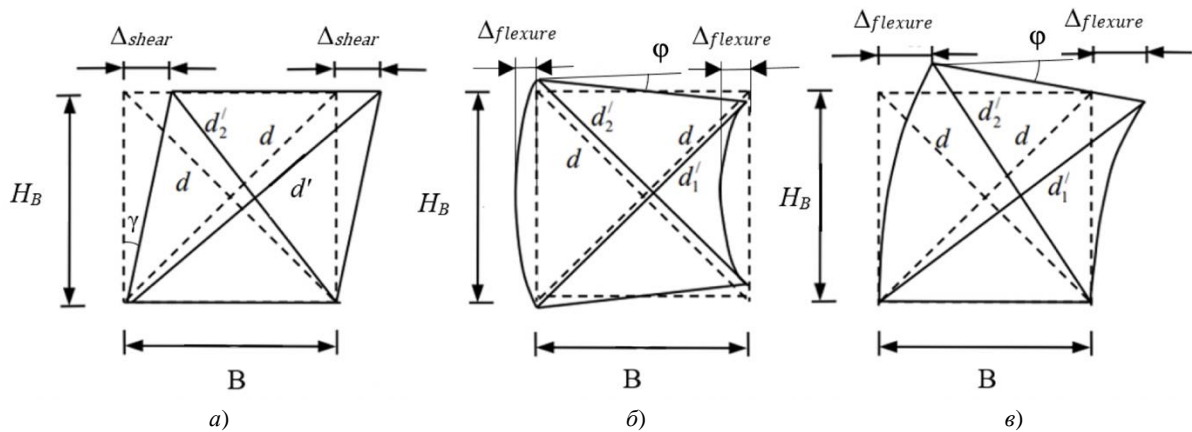


Рис. 4. Геометрические схемы деформирования стены для определения перемещений изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} : а — схема чистого сдвига; б — схема чистого изгиба с постоянной кривизной по высоте; в — схема чистого изгиба с переменной кривизной по высоте [4, 7]

Формула (7) точна лишь в случае постоянства кривизны деформированных граней стены по высоте (рис. 4 б). Такая ситуация возможна на каком-то небольшом (бесконечно малом) участке, в остальных случаях она приводит к заметным погрешностям. Оценка перемещений сдвига Δ_{shear} в таком случае получается завышенной, поскольку содержит в себе еще и перемещения изгиба $\Delta_{flexure}$ (рис. 4 в).

Для уточнения формулы (7) рассмотрим схему деформирования стены на рис. 5 с учетом вертикальных смещений.

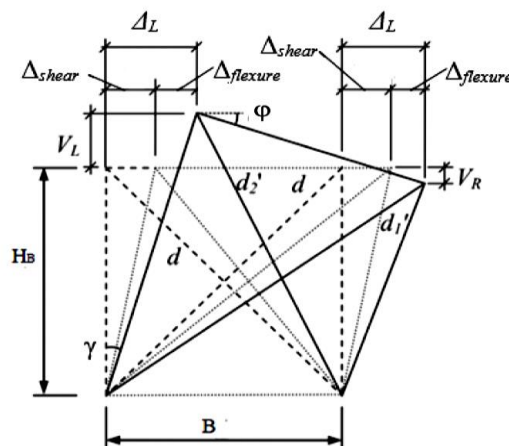


Рис. 5. Перемещения от изгиба $\Delta_{flexure}$ и от сдвига Δ_{shear} с учетом вертикального смещения V_L и V_R [4, 7]

Перемещения при изгибе и угол поворота горизонтального сечения стены φ равны:

$$\Delta_{flexure} = \alpha \varphi H_B, \quad (8)$$

$$\varphi = \frac{V_L - V_R}{L}, \quad (9)$$

где V_L и V_R — вертикальные смещения верхней грани стены по левой и правой стороне соответственно; α — коэффициент, учитывающий изменение кривизны по высоте стены, который определяется формулой (графическую интерпретацию коэффициента см. на рис. 6):

$$\alpha = \frac{\int_0^H \varphi(y) dy}{\varphi H}. \quad (10)$$

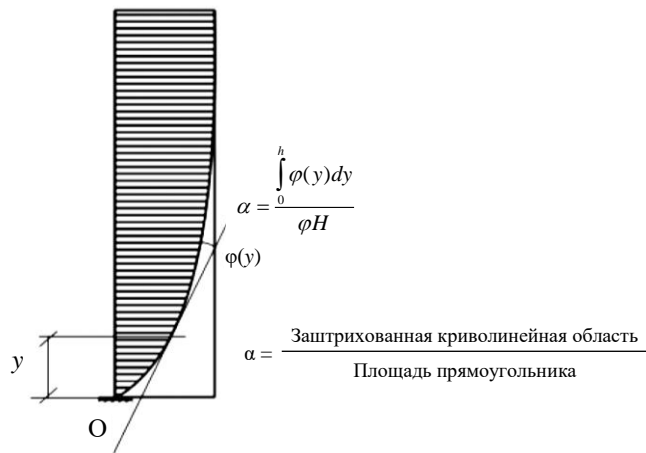


Рис. 6. Схема распределения углов поворота искривленной грани стены после деформирования для определения коэффициента α [4, 7]

Этот коэффициент изменяется в пределах $0,5 < \alpha < 1,0$ и в среднем равен $\alpha \approx 0,62$. Значения α , близкие к границам интервала (0,5; 1,0), являются идеализированной абстракцией, которую можно использовать в теоретических моделях с целью упрощения, но на практике они не реализуются. Смысл коэффициента состоит в том, что чем больше α , тем более податливой к изгибу является конструкция стены, то есть тем меньше у нее изгибная жесткость. И наоборот, чем меньше α , тем более высокой сопротивляемостью к изгибу обладает конструкция стены, то есть тем выше у нее изгибная жесткость.

Уточненные перемещения сдвига равны:

$$\Delta_{shear} = \left(\frac{d}{2B} \right) [(d'_1 - d) - (d'_2 - d)] - \left[\Delta_{flexure} + \left(\frac{H_B}{2B} \right) (V_R - V_L) \right] \quad (11)$$

или

$$\Delta_{shear} = \left(\frac{d}{2B} \right) [(d'_1 - d) - (d'_2 - d)] - (\alpha - 0,5) \varphi H. \quad (12)$$

Таким образом, чтобы получить свой вклад перемещений от изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} в общие перемещения Δ , необходимо определить коэффициент α , учитывающий изменение кривизны по высоте стены. Причем при $\alpha = 0,5$ формула (12) приводится к (7), то есть в таком случае градиент изгибной кривизны перестает оказывать влияние на сдвиг.

Результаты экспериментов [4, 7] выявили, что до образования трещин кривизна стен имеет почти постоянное распределение по высоте, соответственно, коэффициент $\alpha \approx 0,5$. С появлением трещин эпюра распределения кривизны становится треугольной, а коэффициент α увеличивается примерно до 0,67. С дальнейшим увеличением нагрузки α также растет и стремится к 1,0 в момент разрушения, которое сопровождается сначала исключением вертикальной арматуры из работы, а затем выкрашиванием сжатого бетона.

Также установлено, что с увеличением соотношения сторон стены H/B значение α снижается.

В статье [9] приводится стержневая модель расчета стены с учетом податливости опорных узлов A и B (рис. 7) при совместном действии продольной N и поперечной Q сил. Первоначально схема использовалась для расчета колонн, но в данном случае применяется для моделирования железобетонных стен с соотношением сторон $1,5 < H/B < 2,0$ с целью получения перемещений изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} по отдельности.

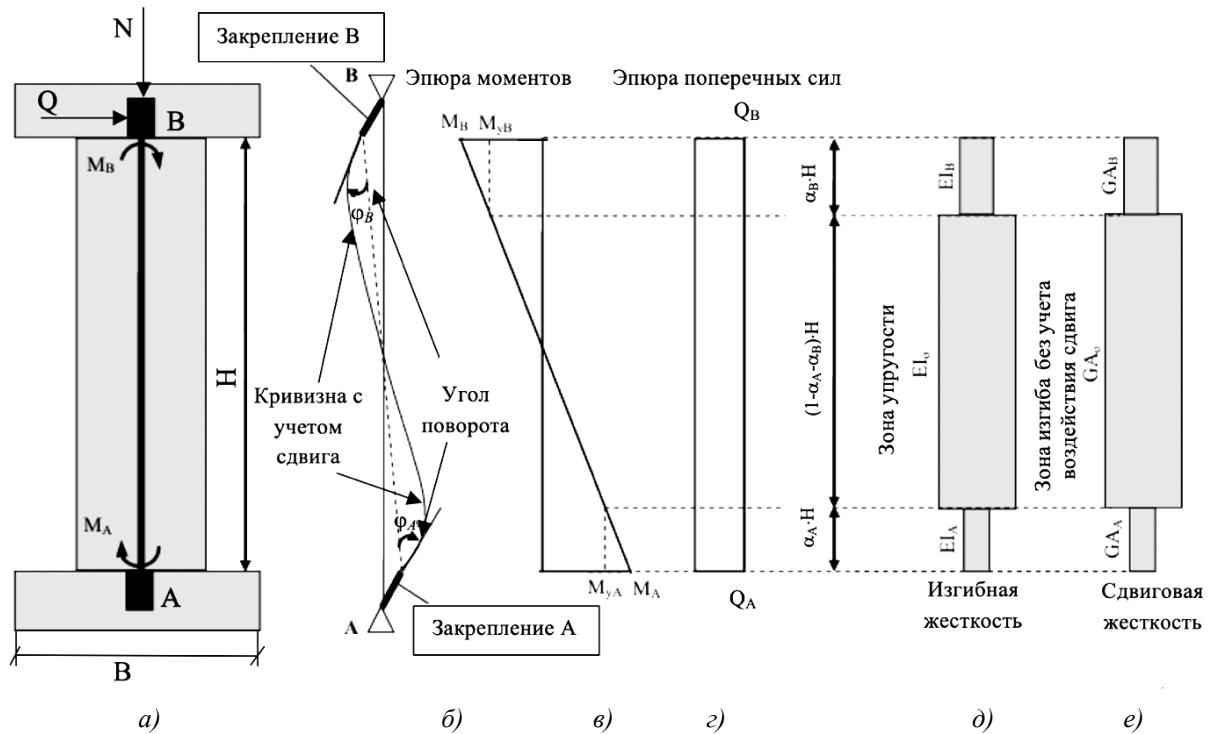


Рис. 7. Стержневая расчетная схема деформирования железобетонной стены при совместном действии вертикальной N и горизонтальной Q нагрузки: а — стержневая модель расчета стены; б — схема искривления продольной оси стержня при деформировании; в — эпюра моментов; г — эпюра поперечных сил; д — схема моделирования изгиба стены; е — схема моделирования стены с учетом взаимодействия сдвига и изгиба [9]

Схема представляет собой стержень, защемленный в верхней и нижней части — в точках A и B (рис. 7 а). Схема деформирования стержня показана на рис. 7 б. На рис. 7 в и рис. 7 г представлены соответственно эпюры моментов и поперечных сил.

Для определения кривизны продольной оси стержня $\chi_{flexure}$, вызванной изгибом, распределение изгибной жесткости EI по высоте стены представляется как показано на рис. 7 д. Для определения кривизны оси стержня χ_{shear} , вызванной сдвигом, распределение сдвиговой жесткости GA по высоте стены представляется как показано на рис. 7 е. По концам стержня для одной и другой жесткости предполагается учет физической нелинейности железобетона (жесткости EI_A и EI_B , GA_A и GA_B на рисунках). В средней части стержня жесткости принимаются как для упругого тела (жесткости EI_0 , GA_0). При этом на каждом из трех участков жесткости принимают постоянное значение.

Длины концевых участков стержня, в границах которых учитывается физическая нелинейность, определяются умножением высоты стены H на эмпирические коэффициенты α_A и α_B . Точки, отделяющие концевые участки от середины, являются пластическими шарнирами.

Сдвиговые перемещения Δ_{shear} принимают заметные значения на концевых участках стержня, в средней части практически не проявляются, здесь преобладают перемещения $\Delta_{flexure}$, вызванные изгибом.

Общее перемещение стены Δ в области пластического шарнира равно:

$$\Delta = \Delta_{shear} + \Delta_{flexure} \quad (13)$$

В исследованиях [6–7, 10–12] рассматривается определение перемещений чистого изгиба $\Delta_{flexure}$ и перемещений чистого сдвига Δ_{shear} в составе общего перемещения Δ при соотношении сторон стены $1,5 < H/B < 2,0$. Показано, что в таких стенах преобладают изгибные перемещения $\Delta_{flexure}$, а перемещения горизонтального скольжения Δ_{slid} составляют порядка 1 % от Δ и ими можно пренебречь. Доля перемещений от изгиба $\Delta_{flexure}$ составляет приблизительно 98 % от общего перемещения Δ железобетонной стены на начальных этапах. С увеличением горизонтальной нагрузки Q вклад перемещений от изгиба $\Delta_{flexure}$ постепенно снижался до 90 % в момент появления трещин; 85 % — при текучести вертикальной арматуры; 80 % — в стадии разрушения (при выкрашивании сжатого бетона).

По результатам обработки экспериментов [6, 7] нами получены графики относительных перемещений стены при соотношении сторон $1,5 < H/B < 2,0$, которые показаны на рис. 8 а. Видно, что в стадии разрушения доля перемещений при изгибе и сдвиге составляет соответственно 88 % и 12 % от общих.

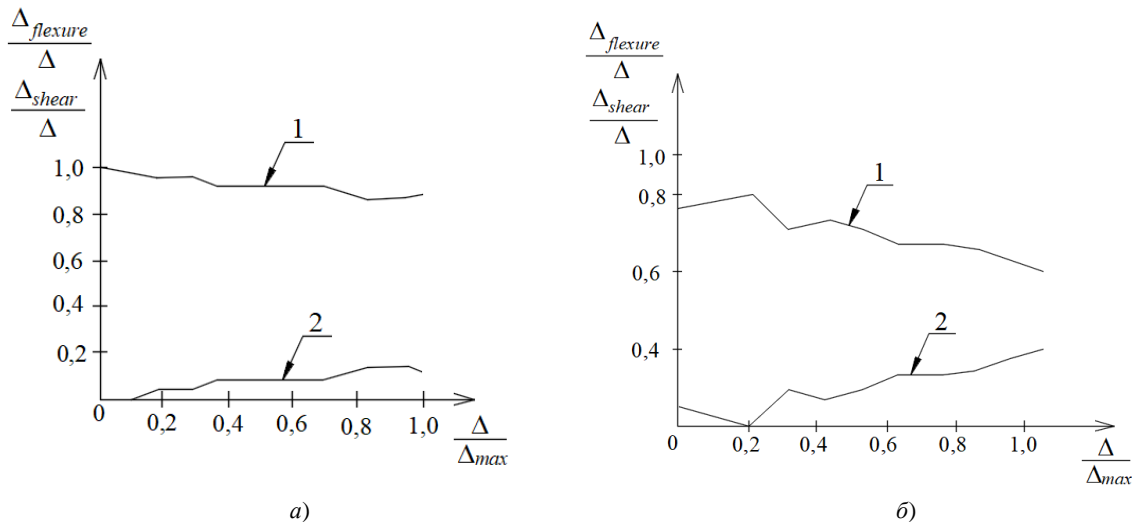


Рис. 8. Графики относительных перемещений стены при соотношении сторон: *a* — $1,5 < H/B < 2,0$; *б* — $1,0 < H/B < 1,5$ (1 — кривая относительных перемещений изгиба $\Delta_{flexure}/\Delta_{max}$; 2 — кривая относительных перемещений сдвига $\Delta_{shear}/\Delta_{max}$; Δ_{max} — максимальные перемещения стены)

Аналогичные графики получены нами после обработки данных [6] (рис. 8 *б*) для стен с соотношением сторон $1,0 < H/B < 1,5$. Установлено, что перемещение Δ_{shear} оказывает значительное влияние на общее перемещение Δ . Доля Δ_{shear} на начальных этапах нагружения составляет около 22 %, в момент отслоения защитного слоя бетона — 46 % и достигает 64 % в момент разрушения.

В эксперименте [6] показано, что на начальных этапах нагружения в образцах наблюдаются незначительные перемещения $\Delta_{flexure}$ (рис. 9 *а*). С появлением первой трещины изгибная жесткость стены резко снижается, что приводит к значительному увеличению перемещений $\Delta_{flexure}$.

На рис. 9 *б* показано, что с появлением первой наклонной трещины перемещения Δ_{shear} начинают оказывать более значительное влияние на общие перемещения стены Δ , несмотря на то, что прочность стен на сдвиг более чем в 2 раза превосходит горизонтальную нагрузку Q .

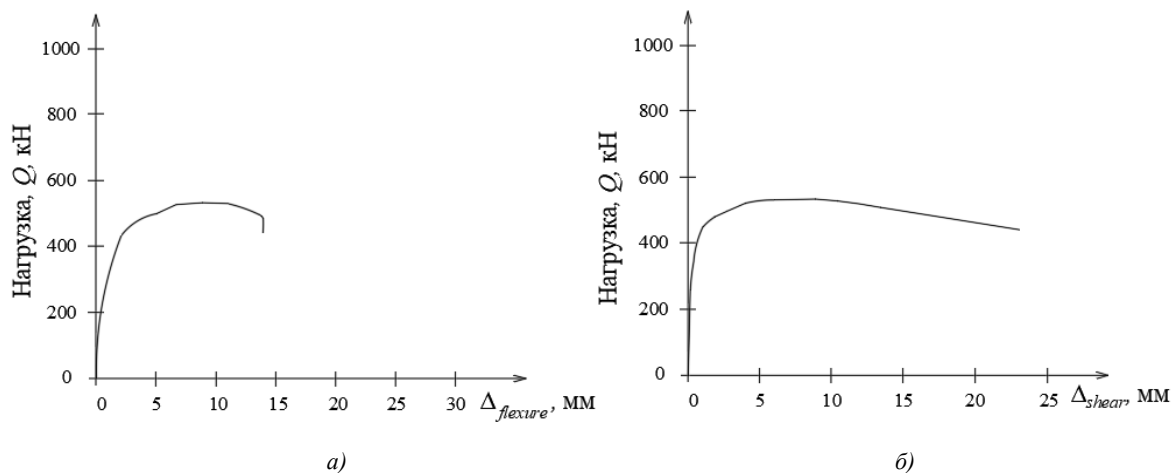


Рис. 9. Графики зависимости перемещений от изгиба $\Delta_{flexure}$ (*а*) и от сдвига Δ_{shear} (*б*) стены от приложенной горизонтальной нагрузки Q [6]

Обсуждение и заключение. Механизмы деформирования и разрушения стен под нагрузкой, выявленные в экспериментах разных зарубежных авторов, позволили нам построить соответствующие для них схемы деформирования с наложением схемы внутренних усилий, уравнивающих внешние нагрузки. Это дало возможность получить математические формулы для определения общих перемещений стены Δ на характерных ее участках, а также зависимости, позволяющие вычлнять из общих перемещений составляющие, вызванные влиянием деформаций изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} .

Схема на рис. 1 позволяет определить искомые перемещения сдвига Δ_{shear} и изгиба $\Delta_{flexure}$ при совместном действии вертикальной, N , и горизонтальной, Q , нагрузки. Приводятся теоретические эпюры кривизны нейтральной оси стены, где сплошная линия соответствует полной кривизне, определенной при совместном

учете изгибных и сдвиговых деформаций, пунктирная — только при учете изгиба без сдвига. Выявлено, что максимальное отличие между эпюрами чистого изгиба и эпюры с учетом сдвига составляет 31 %, что говорит о том, что расчет стен по модели внецентренно сжатого стержня без учета сдвиговых перемещений будет иметь значительную погрешность.

Схема на рис. 3 позволяет рассчитать компоненты деформаций и перемещений, обусловленные изгибом и сдвигом раздельно, но с некоторыми обобщающими уточнениями. Перемещения чистого изгиба $\Delta_{flexure}$ определяются по достаточно простым формулам, а вот с перемещениями чистого сдвига Δ_{shear} возникают сложности. Для оценки этих перемещений предлагается расчетный метод «Х-диагоналей». Но, чтобы получить свой вклад перемещений от изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} в общие перемещения Δ , необходимо выполнить арифметически сложные действия для нахождения коэффициента α , учитывающего изменение кривизны по высоте стены.

Первоначально схема на рис. 7 использовалась для расчета колонн, но в данном случае применяется для моделирования железобетонных стен с соотношением сторон $1,5 < H/B < 2,0$ с целью получения перемещений изгиба $\Delta_{flexure}$ и сдвига Δ_{shear} . Для внедрения данной схемы в вычислительный комплекс требуется провести масштабные экспериментальные и теоретические исследования на более сложных (более точных) моделях стен.

В результате проведенного теоретического исследования установлено, что схема, представленная на рис. 1, обеспечивает более точное описание работы конструкции стены и может быть использована в качестве практического инструмента для анализа ее напряженно-деформированного состояния при совместном действии вертикальной силы N и горизонтальной силы Q .

Список литературы/ References

1. Радайкин О.В., Хнычева Н.В. Влияние различных факторов на прочность, жесткость и трещиностойкость монолитных железобетонных стен гражданских зданий: классификация факторов, влияние геометрических параметров и соотношения нагрузок. *Инженерный вестник Дона*. 2024;11. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2024/9634> (дата обращения 08.06.2025).
- Radaykin OV, Khnycheva NV Influence of Various Factors on the Strength, Rigidity and Crack Resistance of Monolithic Reinforced Concrete Walls of Civil Buildings: Classification of Factors, Influence of Geometric Parameters and Load Ratios. *Engineering Journal of Don*. 2024;11. (In Russ.) URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2024/9634> (accessed: 08.06.2025).
2. Schuler H. Flexural and Shear Deformation of Basement-Clamped Reinforced Concrete Shear Walls. *Materials*. 2024;17(10):2267. <https://doi.org/10.3390/ma17102267>
3. Schuler H, Meier F, Trost B. Influence of the tension shift effect on the force–displacement curve of reinforced concrete shear walls. *Engineering Structures*. 2023;274:115144. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.115144>
4. Mohamed N, Farghaly AS, Benmokrane B, Neale KW. Flexure and Shear Deformation of GFRP-Reinforced Shear Walls. *Journal of Composites for Construction*. 2013;18(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CC.1943-5614.0000444](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000444)
5. Massone LM, Orakcal K, Wallace JW. Shear-Flexure Interaction for Structural Walls. In book: *SP-236, ACI Special Publication — Deformation Capacity and Shear Strength of Reinforced Concrete Members Under Cyclic Loading*. 2006. P. 127–150. URL: <https://www.researchgate.net/publication/284079633> (дата обращения 08.06.2025).
6. Mohamed N. *Strength and Drift Capacity of Gfrp-Reinforced Concrete Shear Walls*. Canada: University of Sherbrooke; 2013. 155 p. URL: https://www.academia.edu/79574653/Strength_and_Drift_Capacity_of_Gfrp_Reinforced_Concrete_Shear_Walls (дата обращения 08.06.2025).
7. Arafa A. *Assessment of strength, stiffness and deformation capacity of concrete squat walls reinforced with GFRP Bar*. Canada: Sohag University; 2017. 223 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16345.06245>
8. Kolozvari KI. *Analytical Modeling of Cyclic Shear — Flexure Interaction in Reinforced Concrete Structural Walls*. Los Angeles: University of California; 2013. 334 p. URL: <https://escholarship.org/uc/item/6sm78634> (дата обращения 08.06.2025).
9. Mergos PE, Beyer K. Modelling shear-flexure interaction in equivalent frame models of slender RC walls. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*. 2013; 23(15):1171–1189. <https://doi.org/10.1002/tal.1114>
10. Hiraishi H. Evaluation of shear and flexural deformations of flexural type shear walls. *Bulletin of the New Zealand National society for Earthquake Engineering*. 1984;17(2):135–144. <https://doi.org/10.5459/bnzsee.17.2.135-144>
11. Beyer K, Dazio A, Priestley MJN. Shear Deformations of Slender Reinforced Concrete Walls under Seismic Loading. *ACI Structural Journal*. 2011;108(2):167–177. URL: <https://www.researchgate.net/publication/286384751> (accessed: 08.06.2025).
12. Mohamed N, Farghaly AS, Benmokrane B, Neale KW. Experimental investigation of concrete shear walls reinforced with glass-fiber-reinforced bars under lateral cyclic loading. *Journal of Composites for Construction*. 2014;18(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CC.1943-5614.0000393](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000393)

Об авторах:

Радайкин Олег Валерьевич, доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения предприятий, строительства зданий и сооружений Казанского государственного энергетического университета (420066, Российская Федерация, г. Казань, ул. Красносельская, 51), доцент кафедры конструктивно-дизайнерского проектирования Казанского (Приволжского) федерального университета (420008, Российская Федерация, г. Казань, ул. Кремлевская, 18/1), [ORCID](#), olegxxii@mail.ru

Хнычева Надежда Вячеславовна, аспирант кафедры энергообеспечения предприятий, строительства зданий и сооружений Казанского государственного энергетического университета (420066, Российская Федерация, г. Казань, ул. Красносельская, 51), [ORCID](#), vartsk@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

О.В. Радайкин: формирование идеи, формулировка цели и ключевых задач.

Н.В. Хнычева: сбор данных, их анализ и интерпретация, оформление.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Oleg V. Radaikin, D.Sci. (Eng.), Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Construction of Buildings and Structures, Kazan State Power University (51 Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation), Associate Professor of the Department of Structural and Design Engineering, Kazan (Volga Region) Federal University (18/1 Kremlevskaya Str., Kazan, 420008, Russian Federation), [ORCID](#), olegxxii@mail.ru

Nadezhda V. Khnycheva, PhD Student, Department of Energy Supply of Enterprises, Construction of Buildings and Structures, Kazan State Power Engineering University (51 Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation), [ORCID](#), vartsk@gmail.com

Claimed Contributorship:

OV Radaikin: development of the idea, aims and objectives of the study.

NV Khnycheva: data collection, analysis and interpretation, manuscript preparation.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 05.07.2025

Поступила после рецензирования / Revised 20.07.2025

Принята к публикации / Accepted 05.08.2025

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND ENGINEERING STRUCTURES



УДК 624.014

Оригинальное эмпирическое исследование


<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-18-24>

Энергопоглощающие фасонки связей стального каркаса

М.П. Котенко¹  , С.В. Скачков² 

¹ Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

² Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

 maria.kotencko2016@yandex.ru



EDN: LFBASG

Аннотация

Введение. Настоящая работа посвящена актуальной проблеме обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений в зонах с повышенной сейсмической активностью. Целью исследования является комплексный анализ существующих методов защиты от сейсмических воздействий и разработка инновационных конструктивных решений для повышения устойчивости зданий. Актуальность исследования обусловлена растущей необходимостью защиты населения и инфраструктуры в сейсмически активных регионах мира.

Материалы и методы. В ходе исследования рассмотрены два основных подхода к повышению сейсмостойкости: традиционный метод увеличения сечений конструкций и специальный метод снижения нагрузки через изменение динамической схемы работы сооружения. Особое внимание уделено разработке и анализу работы узла крепления связи каркаса с использованием фасонки из гнутой тонкостенной пластины. Для проведения исследования применялись современные методы математического моделирования и компьютерного анализа.

Результаты исследования. Выполнен анализ архитектурно-планировочных и конструктивных решений, направленных на повышение сейсмостойкости зданий. Сформулированы принципы проектирования сейсмостойких зданий, обеспечивающих минимизацию ущерба от землетрясений. Проведено исследование пластических свойств стали как эффективного способа поглощения сейсмической энергии. Представлена классификация энергопоглощающих устройств по пяти основным типам: стержневые, кольцевые, трубчатые, балочного типа и работающие на сдвиг. Детально изучены конструктивные особенности энергопоглотителей, их преимущества и недостатки.

Обсуждение и заключение. Проведен конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния узла крепления с использованием программного комплекса Stark ES. Результаты анализа позволили оценить эффективность предложенного конструктивного решения. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения разработанных решений при проектировании и строительстве сейсмостойких зданий в зонах повышенной сейсмической активности. Предложенные методы и конструкции позволяют повысить устойчивость зданий, снизить металлоемкость и обеспечить простоту замены элементов при необходимости. Разработанные решения могут быть масштабированы для применения в различных типах строительных конструкций и климатических условиях.

Ключевые слова: сейсмостойкость, энергопоглотители, сейсмическое воздействие, конструктивные решения, проектирование зданий, активная сейсмозащита, системы сейсмоизоляции, демпфирование, гасители колебаний, конструктивные решения

Для цитирования. Котенко М.П., Скачков С.В. Энергопоглощающие фасонки связей стального каркаса. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий.* 2025;4(3):18–24. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-18-24>

Energy-Absorbing Gusset of Steel Frame Bonds

Maria P. Kotenko¹ , Sergey V. Skachkov² 

¹ Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russian Federation

² Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ maria.kotenko2016@yandex.ru

Abstract

Introduction. This study looks at the urgent problem of ensuring the seismic resistance of buildings and structures in areas with increased seismic activity. The aim of the study is a comprehensive analysis of existing methods of protection against seismic impacts and the development of innovative design solutions in order to increase the stability of buildings. The study is relevant due to the growing need to protect the population and infrastructure in seismically active regions around the globe.

Materials and Methods. Two major approaches to increasing seismic resistance were considered: the traditional method of increasing structural cross-sections and a special method of reducing load by means of changing the dynamic scheme of the structure. Special attention is paid to the development and analysis of the operation of the fastening unit of the frame using a curved thin-walled plate. Modern methods of mathematical modeling and computer analysis were employed.

Research Results. Architectural, planning and constructive solutions for increasing the earthquake resistance of buildings were analyzed. The principles of designing earthquake-resistant buildings to minimize earthquake damage were formulated. The plastic properties of steel as an effective method of absorbing seismic energy were studied. Energy-absorbing devices are classified into five main types: rod-type, annular, tubular, beam-type and shear-type. The design features of energy absorbers, their advantages and disadvantages were thoroughly investigated.

Discussion and Conclusion. A finite element analysis of the stress-strain state of the fastening unit was conducted by means of the Stark ES software package. The results of the analysis enabled us to evaluate the efficiency of the suggested constructive solution. The practical importance of the study lies in the possibility of applying the developed solutions in the design and construction of earthquake-resistant buildings in areas of increased seismic activity. The suggested methods and designs make it possible to increase the stability of buildings, reduce metal consumption, and easy to replace elements if needed. The developed solutions can be scaled for use in different types of building structures and climatic conditions.

Keywords: seismic resistance, energy absorbers, seismic impact, design solutions, building design, active seismic protection, seismic isolation systems, damping, vibration absorbers, seismic resistance of buildings, design solutions

For citation. Kotenko MP, Skachkov SV Energy-Absorbing Gusset of Steel Frame Bonds. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(3):18–24. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-18-24>

Введение. Землетрясения представляют собой одно из самых разрушительных природных явлений, наносящих огромный ущерб зданиям и сооружениям, особенно в зонах с повышенной сейсмической активностью. Обеспечение сейсмостойкости зданий является одной из ключевых задач современной архитектуры и инженерии, направленной на защиту жизни и здоровья людей, а также на сохранение материальных ценностей.

В условиях частых землетрясений критически важно разрабатывать и внедрять инновационные конструктивные решения, способные минимизировать ущерб и обеспечить безопасность зданий. Одним из актуальных вопросов в этой области является создание конструктивных методов повышения сейсмостойкости зданий в целом и отдельных их элементов.

Основной задачей данной работы является всестороннее исследование существующих методов защиты зданий от сейсмического воздействия, а также разработка и расчет эффективного узла крепления связи каркаса здания.

В ходе исследования рассматриваются два основных подхода к повышению сейсмостойкости:

- традиционный метод, заключающийся в увеличении сечений конструкций;
- специальный метод, направленный на снижение нагрузки путем изменения динамической схемы работы сооружения.

Особое внимание уделяется архитектурно-планировочным и конструктивным решениям, которые позволяют повысить сейсмостойкость зданий. Также исследуются различные типы энергопоглотителей, которые эффективно поглощают энергию сейсмических колебаний, предотвращая разрушение несущих конструкций.

Анализ характерных повреждений при землетрясениях позволяет сформулировать способы и методы повышения сейсмостойкости здания:

- уменьшение инерционных нагрузок при сейсмическом воздействии за счет применения легких и эффективных строительных материалов;
- равномерное и симметричное распределение жесткостей и масс относительно осей здания;
- расположение стыковых соединений вне зон наибольших усилий;
- обеспечение пластической работы конструкций для поглощения энергии сейсмических воздействий.

В работе также рассматриваются современные системы активной сейсмозащиты, включая сейсмоизоляцию, адаптивные системы, демпфирование и гасители колебаний.

Особое внимание уделено разработке и анализу узла крепления связи каркаса с использованием фасонки из гнутой тонкостенной пластины. Это решение позволяет эффективно передавать усилия от сейсмического воздействия и обеспечивать высокую сейсмостойкость здания.

Таким образом, данное исследование направлено на разработку инновационных конструктивных решений, которые повышают надежность зданий и сооружений, создают условия для снижения возможного ущерба и повреждения несущих конструкций.

Учитывая характерные повреждения при землетрясениях, здания и сооружения в регионах с сейсмической активностью 8, 9, 10 баллов необходимо проектировать таким образом, чтобы воздействие сейсмической силы было минимальным. Целью данной работы является исследование существующих вариантов защиты зданий от сейсмического воздействия, а также расчет возможного узла крепления связи каркаса здания.

Материалы и методы. Существуют два пути повышения сейсмостойкости: традиционный — за счет увеличения сечений конструкций и специальный — снижение нагрузки за счет изменения динамической схемы работы сооружения [1].

Основными способами повышения сейсмостойкости зданий являются архитектурно-планировочные и конструктивные решения¹, а также различные энергопоглотители.

Исходя из результатов инженерного анализа последствий землетрясений, были получены следующие принципы проектирования сейсмостойких зданий [2]:

- уменьшение сейсмических сил за счет применения более легких и эффективных строительных материалов, тем самым уменьшая массу конструкций;
- оптимизация изгибных жесткостей, расположение узловых масс равно удаленных, в т. ч. симметрично, по наиболее опасным направлениям сейсмической нагрузки;
- расположение стыковых соединений вне зоны наибольших усилий;
- обеспечение пластической работы конструкций.

В нормах проектирования стальных конструкций допускается использование пластических свойств. Данные свойства можно использовать также для снижения энергии, передаваемой на конструкции при сейсмическом воздействии. Такие специальные элементы называют энергопоглотители. При этом дополнительных конструктивных решений, направленных, например, на повышение жесткости, прочности, устойчивости, не потребуется. При превышении предела текучести энергопоглотители могут быть заменены без потери эксплуатационных качеств конструкции [3, 4].

В литературе выделяют несколько основных типов энергопоглотителей. К ним относятся: стержни или пластины — применяются в каркасных системах, характеризуются низкой энергоемкостью; кольца или трубы — как правило, устанавливаются в связях для передачи усилий растяжения, сжатия через раскосы, применяются соединения на болтах; балки — применяются взамен раскосных связей, энергопоглощение предусматривается за счет изгибной или крутильной жесткости элемента; конструкции, работающие на сдвиг — характеризуются относительно большой удельной энергоемкостью.

В элементах конструкций для исключения концентраций напряжений не следует предусматривать резкие изменения сечений для повышения циклической прочности и долговечности [5].

Актуальным является вопрос разработок систем активной сейсмозащиты. Основные принципы таких систем заключается в самоизоляции зданий в целом или отдельных элементов, для чего применяются адаптивные системы с переменными характеристиками, демпферы и гасители колебаний [6].

¹ СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*. Москва: Стандартинформ; 2018. 114 с.

Результаты исследования. Наиболее простым и эффективным примером такого энергопоглотителя может являться фасонка из гнутой тонкостенной пластины, устанавливаемая в узле соединения связи с колонной со смещением относительно оси связи. При этом фасонка позволяет передать усилия от сейсмического воздействия в пределах упругой работы материала. На рис. 1 представлена схема узла крепления связи каркаса, на рис. 2 — разрез 1–1.

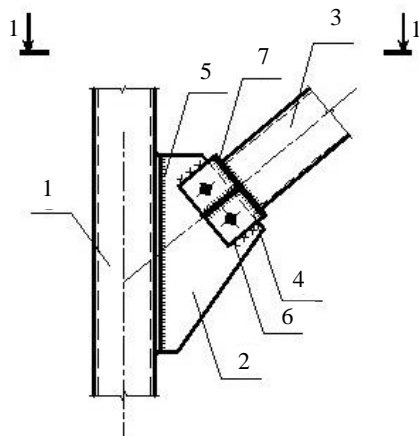


Рис. 1. Схема узла крепления связи каркаса

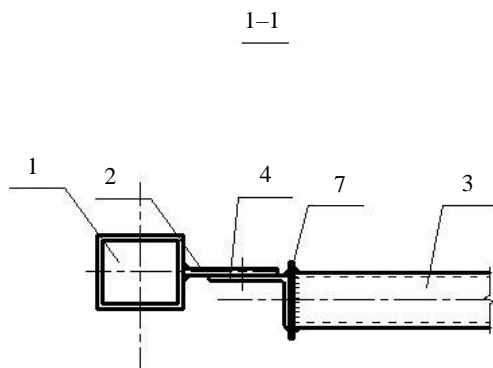


Рис. 2. Разрез 1–1

1. К колонне каркаса 1, имеющей фасонку 2, прикрепляется элемент связи 3. Крепление фасонки 2 к колонне 1 предусматривается с помощью заводских сварных швов 5. Крепление фасонки 4 связи 3 к фасонке 2 предусматривается с помощью болтов и монтажной сварки 6. Крепление фасонки 4 предусматривается через заглушку 7 элемента связи 3 из замкнутого гнуто-сварного профиля.

2. Передача усилий от элемента связи 3 к колонне 1 происходит через фасонку 4, прикрепленную со смещением относительно оси связи 3. Работа узла заключается в следующем: фасонка 4 воспринимает усилия от элемента связи 3, при этом, упруго деформируясь, за счет податливости снижает внутренние усилия, передающиеся на колонну 1. Работа в упругой области не приводит к появлению остаточных деформаций и обеспечивает достаточную надежность узла крепления связи с колонной.

3. При воздействии горизонтальной сейсмической нагрузки в местах соединения связи 3 с колонной 1 возникают упругие деформации в фасонке 4, за счет чего поглощается значительная часть колебаний, что повышает сейсмоустойчивость здания.

4. Проведен конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния фасонки при действии на нее сжимающей силы в программном комплексе Stark ES. Определены главные напряжения и деформации, возникающие в элементе. Расчетная схема представлена на рис. 3, распределение напряжений — на рис. 4. Суть метода конечных элементов заключается в том, что рассчитываемая конструкция разбивается на некоторое число малых, но конечных по размерам элементов, которые в зависимости от типа конструкции и характера ее деформации могут иметь различную форму. Пример расчета данным методом рассмотрен в статье [7], где моделью исследования является свободно опертая однопролетная балка из тонкостенного профиля с сечением в виде швеллера. В качестве конечных элементов приняты изотропные пластины толщиной 1,2 мм.

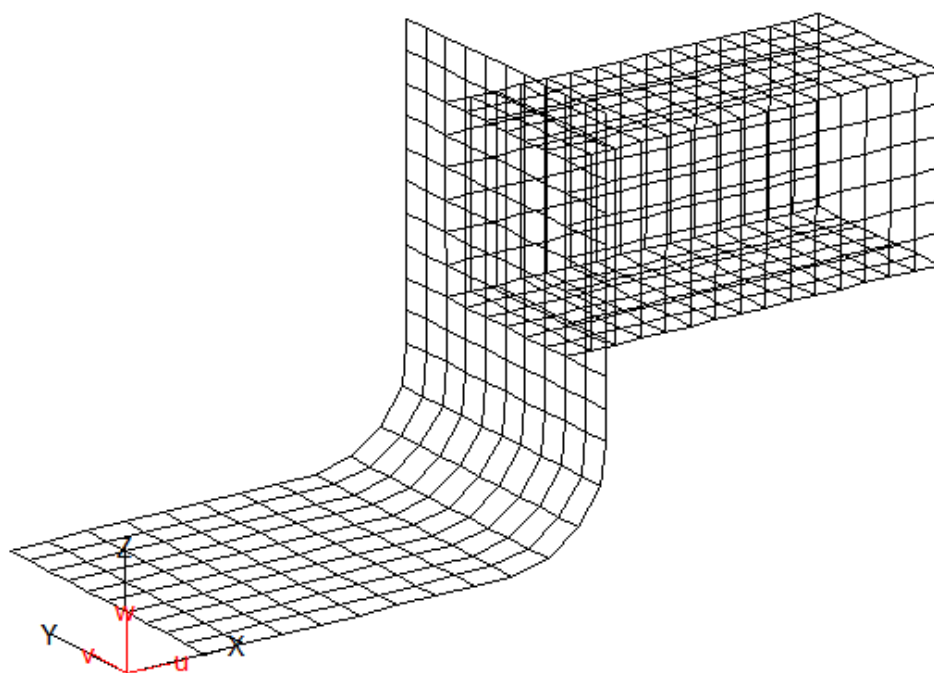


Рис. 3. Расчетная схема

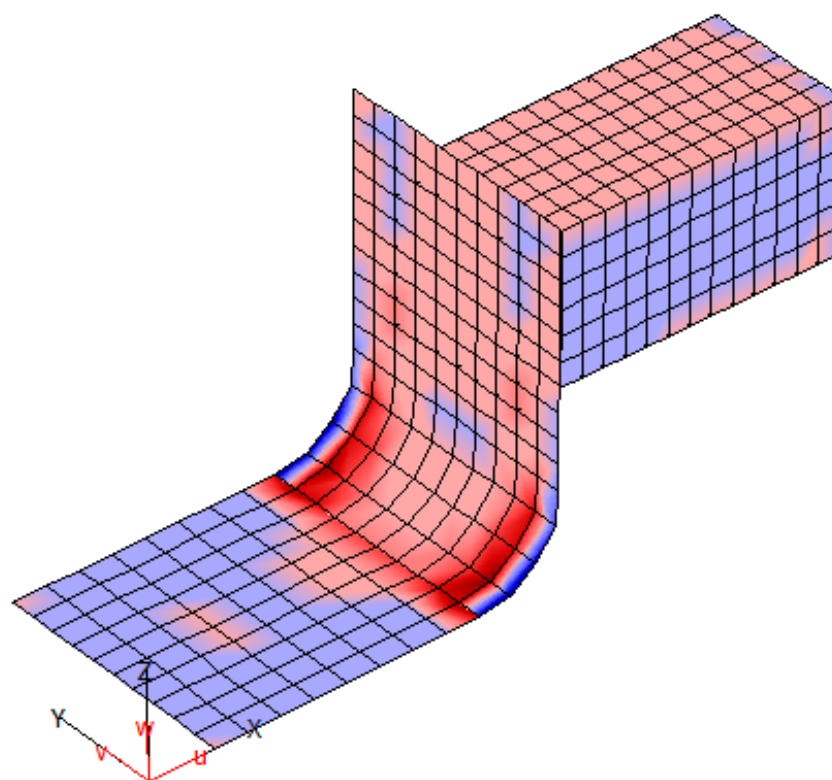


Рис. 4. Главные напряжения в фасонке

5. Конструкция каркаса проста в изготовлении, позволяет снизить металлоемкость, обеспечивает высокую сейсмическую устойчивость, а также легко заменяется новой, что позволяет быстро восстановить несущую способность каркаса в полном объеме.

Обсуждение и заключение. В результате исследования были предложены инновационные конструктивные решения для повышения сейсмостойкости зданий. Эти решения включают использование энергопоглощающих фасонки из гнутых тонкостенных пластин в узлах крепления связей каркаса.

Применение предложенных конструктивных решений позволяет:

- снизить металлоемкость конструкций;
- обеспечить простоту замены элементов при необходимости;
- масштабировать решения для различных типов строительных конструкций и климатических условий.

Таким образом, разработанные решения представляют собой важный вклад в развитие сейсмостойкого строительства и могут быть успешно применены в различных регионах с повышенной сейсмической активностью.

Список литературы/References

1. Синицын С.Б. Теория сейсмостойкости: курс лекций. Москва: МГСУ; 2014. 88 с.
Sinityn SB Earthquake Resistance Theory: a Course of Lectures. Moscow: MGSU; 2014. 88 p. (In Russ.)
2. Мартемьянов А.И. Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмостойких районах: учебное пособие для вузов. М.: Стройиздат; 1985. 255 с.
Martemyanov AI Design and Construction of Buildings and Structures in Earthquake-Resistant Areas: a Textbook for Universities. Moscow: Stroyizdat; 1985. 255 p. (In Russ.)
3. Остриков Г.М., Максимов Ю.С. Стальные сейсмостойкие каркасы многоэтажных зданий. Алма-Ата: Казахстан; 1985. 120 с.
Ostrikov GM, Maksimov YuS Steel Earthquake-Resistant Frames of Multi-Storey Buildings. Alma-Ata: Kazakhstan; 1985. 120 p. (In Russ.)
4. Кочетов О.С. Сейсмостойкая конструкция здания. Патент РФ № RU 2020 106 976. 2021. 2 с.
Kochetov OS Earth-Resistant Structure of a Building. RF Patent № RU 2020 106 976. 2021. 2 p.
5. Семенов В.С., Токарский А.В., Алферова Т.П. Энергопоглощатели в стальных каркасах сейсмостойких зданий. Вестник КРГСУ. 2016;16(5):136–139. URL: <http://vestnik.krsu.edu.kg/archive/38/1678> (дата обращения 28.05.2025).
Semenov VS, Tokarskiy AV, Alferova TP Energy Absorbers in Steel Frames of Earthquake-Resistant Buildings. Herald of KRSU. 2016;16(5):136–139. (In Russ.) URL: <http://vestnik.krsu.edu.kg/archive/38/1678> (accessed: 28.05.2025).
6. Чигринская Л.С. Сейсмостойкость зданий и сооружений: учебное пособие. Ангарск: АГТА; 2009. 107 с.
Chigrinskaya LS Earthquake Resistance of Buildings and Structures: a Textbook. Angarsk: AGTA; 2009. 107 p. (In Russ.)
7. Скачков С.В. Особенности автоматизированных расчетов элементов из тонкостенных стальных профилей. Наукоедение. 2012;3:1–6. URL: <https://naukovedenie.ru/sbornik12/12-118.pdf> (дата обращения 28.05.2025).
Skachkov SV Features Calculation of Structures of Thin-Walled Steel Profiles. Naukovedenie. 2012;3:1–6. (In Russ.) URL: <https://naukovedenie.ru/sbornik12/12-118.pdf> (accessed: 28.05.2025).

Об авторах:

Котенко Мария Павловна, аспирант Ростовского государственного университета путей сообщения (344038, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2), [ORCID, maria.kotencko2016@yandex.ru](mailto:maria.kotencko2016@yandex.ru)

Скачков Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры металлических, деревянных и пластмассовых конструкций Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID, orskachkov@donstu.ru](mailto:orskachkov@donstu.ru)

Заявленный вклад соавторов:

С.В. Скачков: исследование существующих вариантов защиты зданий от сейсмического воздействия, изучение различных энергопоглощателей и систем активной сейсмозащиты, а также разработка конструктивных решений для повышения сейсмостойкости зданий.

М.П. Котенко: разработка содержания статьи, концепция статьи, обоснование выводов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Maria P. Kotenko, PhD student of Rostov State Transport University (2 Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya Sq., Rostov-on-Don, 344038, Russian Federation), [ORCID](#), maria.kotencko2016@yandex.ru

Sergey V. Skachkov, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Metal, Wood and Plastic Structures, Don State Technical University (1 Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ORCID](#), sskachkov@donstu.ru

Claimed contributorship:

SV Skachkov: study of existing options for protecting buildings from seismic effects, study of various energy sinks and active seismic protection systems, as well as the development of constructive solutions to improve the earthquake resistance of buildings.

MP Kotenko: development of the content and concept of the manuscript, substantiation of the conclusions.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 06.06.2025

Поступила после рецензирования / Revised 20.06.2025

Принята к публикации / Accepted 07.07.2025

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS



УДК 691.542, 536.664

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-25-32>

Кинетика тепловыделения механоактивированной цементно-песчаной композиции

А.В. Пузатова , А.Д. Когай , М.А. Дмитриева 

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград, Российская Федерация

✉ a.v.puzatova@gmail.com



EDN: EJTFZI

Аннотация

Введение. Механическая активация сухих компонентов цементных композитов используется для повышения начальной прочности, улучшения реологических характеристик смеси, сокращения сроков схватывания за счет повышения реакционной способности вяжущего. Кинетика тепловыделения компонентов цементных композитов, модифицированных методами механической активации, на данный момент мало изучена, и исследование ее изменения является актуальной задачей. Для описания кинетики тепловыделения используются известные уравнения, связывающие степень гидратации и относительное тепловыделение. Целью данной работы является исследование процесса тепловыделения механоактивированной цементно-песчаной композиции с определением параметров уравнений, описывающих кинетику тепловыделения.

Материалы и методы. Исследуемая механоактивированная композиция состоит из цемента и песка с отношением по массе 1:2,14, удельная поверхность — 3690,8 см²/г. С помощью изотермического калориметра проведен калориметрический анализ механоактивированной цементно-песчаной композиции, а также неактивированного цемента, получены данные тепловых потоков.

Результаты исследования. Определено, что цемент в составе механоактивированной композиции по показателям тепловыделения относится к умереннотермичным со значениями тепловыделения в возрасте 3 и 7 суток 247 Дж/г и 281 Дж/г соответственно. При предварительной механической активации цементно-песчаной композиции сокращаются время индукционного периода и время достижения 50 % от максимального значения тепловыделения цемента в 1,34 и 1,76–1,79 раз соответственно.

Обсуждение и заключение. В ходе проведенных исследований описана кинетика тепловыделения механоактивированной цементно-песчаной композиции. Установлено уменьшение индукционного периода процесса гидратации при механической активации цемента, что подтверждает эффективность механоактивации исходных сухих компонентов бетонов. Полученные результаты могут иметь практическое применение на заводах по производству сухих строительных смесей и бетонов при внедрении технологии механической активации компонентов бетонных композитов.

Ключевые слова: цемент, реакция гидратации, скорость реакции, механическая активация, цементно-песчаная композиция, кинетика тепловыделения

Для цитирования. Пузатова А.В., Когай А.Д., Дмитриева М.А. Кинетика тепловыделения механоактивированной цементно-песчаной композиции. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(3):25–32. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-25-32>

Kinetics of Heat Release of Mechanically Activated Cement-Sand Composition

Anastasiia V. Puzatova  , Alina D. Kogai , Maria A. Dmitrieva 

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

 a.v.puzatova@gmail.com

Abstract

Introduction. Mechanical activation of the dry components of cement composites is utilized in order to increase the initial strength, improve the rheological characteristics of the mixture, as well as to reduce the setting time by increasing the reactivity of the binder. Heat release kinetics of components of cement composites modified by means of mechanical activation methods has been insufficiently investigated and studying its changes is an urgent task. In order to describe heat release kinetics, well-known equations are used relating a degree of hydration and a relative heat release. The aim of this study is to examine heat emission of a mechanically activated cement-sand composition as well as to identify parameters of equations describing heat release kinetics.

Materials and Methods. The investigated mechanically activated composition consists of cement and sand with a weight ratio of 1:2.14, with a specific surface area of 3690.8 cm²/g. Using an isothermal calorimeter, a calorimetric analysis of a mechanically activated cement-sand composition, as well as non-activated cement, was conducted, and heat flux data were obtained.

Research Results. The cement in the composition of the mechanically activated composition was found to be moderately thermal in terms of heat release, with heat release values of 247 J/g and 281 J/g at the age of 3 and 7 days, respectively. During preliminary mechanical activation of the cement-sand composition, the time of the induction period and that to reach 50% of the maximum heat release of cement are reduced by 1.34 and 1.76–1.79 times, respectively.

Discussion and Conclusion. In the course of the study, the heat release kinetics of a mechanically activated cement-sand composition is described. A decrease in the induction period of the hydration process during mechanical activation of cement has been identified confirming the efficiency of mechanical activation of initial dry concrete components. The results can be practically applied in plants for producing dry building mixtures and concretes while introducing the technology of mechanical activation of concrete composite components.

Keywords: cement, hydration reaction, reaction rate, mechanical activation, cement-sand composition, heat release kinetics

For citation. Puzatova AV, Kogai AD, Dmitrieva MA Kinetics of Heat Release of a Mechanically Activated Cement-Sand Composition. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(3):25–32. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-25-32>

Введение. Цемент является основным вяжущим материалом, характеризующим процессы структурообразования бетона в целом. Исходный порошок портландцемента обычно состоит из четырех основных фаз: алита (C₃S), белита (C₂S), алюмината (C₃A) и феррита (C₄AF) [1]. При смешивании цементного вяжущего с водой происходит процесс гидратации, сопровождающийся выделением тепла. Различная интенсивность реакции и ее высокая динамичность в течение времени легли в основу разделения всего процесса гидратации на отдельные периоды, которые легко зафиксировать при анализе изменения тепловыделения системы [2].

При смешивании вяжущего с водой происходит интенсивное, но кратковременное выделение тепла, продолжающееся всего несколько минут (начальная стадия). Данная стадия связана с первоначальной активностью C₃S, обусловленной эффектом смачивания, а также реакцией алюминатных фаз. Затем тепловая мощность стабилизируется до относительно постоянной скорости в течение индукционного периода, и раствор остается в относительно пластичном жидком состоянии в течение примерно 2 часов. Причины индукционного периода и его завершения широко обсуждаются, и в настоящее время наиболее популярна гипотеза об образовании защитных мембран вокруг частиц цемента, что требует затрат тепловой энергии [2, 3]. Независимо от конкретного механизма, окончание индукционного периода характеризуется резким увеличением скорости тепловыделения, вызванным прежде всего образованием продуктов реакции: гидросиликатов кальция (ГСК) и гидроокиси кальция (ГК). Этот период ускорения заканчивается максимумом тепловыделения (примерно через 10–12 часов). После этого выделение тепла замедляется (стадия замедления) до устойчивого уровня (период твердения или медленного взаимодействия), во время которого гидратация продолжается в течение периода от нескольких месяцев до нескольких лет. В результате этого длительного периода реакции структура и, что более важно, пористая структура затвердевшего цементного теста будет постоянно меняться со временем.

Как известно, тепловыделение бетона и набор прочности неразрывно связаны друг с другом [4, 5]: чем быстрее происходит процесс гидратации, тем интенсивнее становится рост кристаллогидратов, формирующих прочную структуру цементного камня и всего композита. Степень гидратации α_τ , связанную со скоростью реакции, можно определить на основании механических и физических свойств, представленных кинетикой набора прочности и кинетикой тепловыделения:

$$\alpha_\tau = \frac{R_\tau}{R_{28}} = \frac{Q_\tau}{Q_{max}},$$

где τ — время твердения, сут; R_τ — прочность в возрасте τ , МПа; R_{28} — прочность в возрасте 28 суток, МПа; Q_τ — значение интегрального тепловыделения в момент времени τ , Дж/г; Q_{max} — максимальное значение тепловыделения цемента в возрасте 28 суток, Дж/г.

С целью описания кинетики тепловыделения, связанной с кинетикой набора прочности, в [6; 7] используется уравнение, аналогичное по структуре EN 1992-1-1¹:

$$\frac{Q_\tau}{Q_{max}} = \exp\left(k \cdot \left(1 - \left(\frac{28}{\tau}\right)^d\right)\right), \quad (1)$$

где k, d — параметры уравнения.

Существует еще несколько уравнений, которые используются для описания скорости тепловыделения вяжущего в процессе твердения. В отечественной литературе для описания кинетики тепловыделения используется формула И.Д. Запорожца [8; 9]:

$$\frac{Q_\tau}{Q_{max}} = 1 - (1 + A \cdot \tau)^{-n}, \quad (2)$$

где A — коэффициент темпа роста тепловыделения при t твердения +20 °С, ч⁻¹; n — показатель, зависящий от свойств цемента.

В зарубежной практике используется формула Т. Knudsen [10–12]:

$$\frac{1}{Q_\tau} = \frac{1}{Q_{max}} + \frac{\tau_{50}}{Q_{max} \cdot (\tau - \tau_s)}, \quad (3)$$

где τ_{50} — время выделения 50 % от Q_{max} ; τ_s — продолжительность индукционного периода.

Тепловыделение цемента зависит от многих факторов, таких как фазовый состав, количество воды затворения, условия хранения и твердения и пр. Также значимым фактором является состояние поверхности зерен цемента и их размер. Известно, что цемент обладает наибольшей химической активностью сразу после изготовления, и эта активность снижается с течением времени. Для того чтобы повысить реакционную способность вяжущего, существуют методы его активации, самым распространенным среди которых является способ механической активации [13]. При механической активации происходит образование свежей развитой и химически активной поверхности частиц, что способствует повышению скорости реакции гидратации и изменению характера тепловыделения.

Авторами разработана механоактивированная цементно-песчаная композиция (ЦПК), эффективность которой в производстве цементных композитов доказана [14]. Показано, что предварительная совместная механическая активация сухих компонентов (цемента и песка), входящих в состав бетонной смеси, повышает начальную прочность композита более чем в 2 раза, улучшает реологические характеристики смеси и сокращает сроки схватывания. Кинетика тепловыделения компонентов цементных композитов, модифицированных методами механической активации, на данный момент мало изучена, и исследование ее изменения является актуальной задачей.

Целью данной работы является исследование процесса тепловыделения механоактивированной цементно-песчаной композиции с определением параметров уравнений, описывающих кинетику тепловыделения.

Материалы и методы. Исследуемая механоактивированная композиция состоит из цемента и песка с отношением по массе 1:2,14. В экспериментах использовался портландцемент Евроцем 500 супер, ЦЕМ I 42,5Н, производитель ООО «Петербург цемент», Россия. Песок строительный, фракционный состав: 70 % — фракция 2,5–1,25 мм, 30 % — фракция 0,63–0,315 мм. Механическая активация проводилась в лабораторной шаровой мельнице Retsch Emax, предназначенной для сверхбыстрого и сверхтонкого измельчения. Режим активации — 5 минут при скорости 1000 об/мин. Удельная поверхность механоактивированной композиции составляет 3690,8 см²/г [14].

В рамках данной работы был произведен калориметрический анализ механоактивированной ЦПК в соответствии с ГОСТ 310.5-88². Данный метод позволяет изучить кинетику реакции гидратации цемента, анализируя термодинамику протекания твердения раствора. Для исследования процессов тепловыделения использовался 8-канальный изотермический калориметр TAM Air, позволяющий проводить анализ тепловыделения реакций в изотермическом режиме, анализировать кинетику протекания экзотермических и эндотермических реакций.

¹ EN 1992-1-1 (2004) (English): Eurocode 2: Design of concrete structures — Part 1-1: General rules and rules for buildings. European Committee for Standardization Edt; 2004. 227 p.

² ГОСТ 310.5-88 «Цементы. Метод определения тепловыделения»: введ. 01.01.1989. М.: Издательство стандартов; 1988. 6 с.

В изотермическом режиме работы прибора термостат поддерживает постоянную температуру системы на протяжении всего эксперимента, при этом непрерывно фиксируются любые тепловые эффекты, связанные с химическим или физическим процессом в образце. Изотермические измерения дают количественную информацию, отражающую скорости изучаемых процессов.

Все каналы калориметра двойные, включающие в себя образец и эталон сравнения в ампулах объемом 20 мл. Принцип работы калориметра заключается в сравнении с последующим фиксированием скорости теплового потока исследуемого образца с эталоном сравнения, представленным инертным материалом. В каждую ампулу помещалось 6 грамм исследуемой механоактивированной ЦПК и 3 грамма воды. За эталон сравнения принят кварцевый песок, масса которого вычислена исходя из обеспечения эквивалентности теплоемкости компонентов исследуемого образца и эталона сравнения и в данной работе составляет 21 грамм. Длительность эксперимента составляла 120 часов. Точность установки температуры прибора $\pm 0,02$ °С, предел чувствительности — 4 мкВт, погрешность — ± 23 мкВт. Исследование тепловыделения производилось на 4 образцах механоактивированной ЦПК, для адекватной оценки полученных данных проведена статистическая обработка результатов эксперимента.

Считая, что в исследуемой механоактивированной композиции тепловыделением при смешивании с водой обладает только цемент (как реагирующее вещество), полученные значения интегрального тепловыделения смеси были пересчитаны на 1 грамм цемента. Для сравнения процессов, протекающих в активированной и неактивированной системе, и подтверждения эффективности механической активации относительно скорости реакции гидратации дополнительно проведен калориметрический анализ необработанного цемента.

Результаты исследования. Результатом проведения калориметрического анализа исследуемых образцов стал набор данных теплового потока, на основании которых получены данные интегрального тепловыделения, подлежащие дальнейшей обработке. Так как наиболее активное тепловыделение исследуемых систем происходит первые 24 часа, для дальнейших исследований отобраны значения интегрального тепловыделения с шагом 2 часа — первые сутки, затем с шагом 12 часов — в возрасте 2–5 суток. В таблице 1 представлены значения интегрального тепловыделения механоактивированной ЦПК (Q), пересчитанные значения тепловыделения на 1 г цемента ($Q_{\text{отн.ЦЕМ}}$) и значения относительного тепловыделения, полученные делением значений тепловыделения в момент времени τ на максимальное значение тепловыделения цемента в возрасте 28 суток (Q/Q_{max}). Значение максимального тепловыделения цемента ЦЕМ I 42,5Н (М500) в соответствии с СП 41.13330.2012³ составляет $Q_{\text{max}} = 385$ Дж/г (кДж/кг).

Таблица 1

Показатели тепловыделения механоактивированной ЦПК

τ , ч	Q , Дж/г	$Q_{\text{отн.ЦЕМ}}$, Дж/г	Q/Q_{max}	τ , ч	Q , Дж/г	$Q_{\text{отн.ЦЕМ}}$, Дж/г	Q/Q_{max}
2	0,951	2,988	0,008	22	49,511	155,465	0,404
4	2,976	9,346	0,024	24	51,834	162,758	0,423
6	7,246	22,752	0,059	36	62,415	195,984	0,509
8	13,692	42,993	0,112	48	69,605	218,560	0,568
10	20,969	65,843	0,171	60	74,738	234,677	0,610
12	28,257	88,728	0,230	72	78,786	247,387	0,643
14	34,909	109,613	0,285	84	82,000	257,481	0,669
16	39,881	125,226	0,325	96	84,320	264,763	0,688
18	43,712	137,257	0,357	108	85,911	269,761	0,701
20	46,847	147,100	0,382	120	87,000	273,180	0,710

Значения интегрального тепловыделения активированной ЦПК представляют средние значения для 4 образцов. Была проведена статистическая обработка данных интегрального тепловыделения для каждого момента времени, средние значения статистических показателей для всего массива обработанных данных составляют: среднеквадратическая ошибка среднего арифметического $m = 0,29$; показатель точности $\varepsilon = 0,59$ %; коэффициент вариации $V_c = 1,18$ %.

Для определения характера термичности активированной цементно-песчаной композиции выделены значения интегрального тепловыделения в возрасте 3 и 7 суток. Тепловыделение в возрасте 3 суток составило 247 Дж/г, значение в возрасте 7 суток получено экстраполированием и составило 281 Дж/г. По ГОСТ 23464-79⁴ к низкотермич-

³ СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»: введ. 01.01.2013. М.: Минрегион России; 2012. 72 с.

⁴ ГОСТ 23464-79 «Цементы. Классификация»: введ. 01.07.1979. М.: Издательство стандартов; 1985. 11 с.

ным относятся цементы с тепловыделением до 230 и 270 кДж/кг в 3 и 7 суток соответственно, к умереннотермичным — до 315 кДж/кг в 7 суток [7]. Таким образом, цемент в составе механоактивированной цементно-песчаной композиции относится к умереннотермичным.

В таблице 2 представлены значения интегрального тепловыделения неактивированного цемента и значения относительного тепловыделения.

Таблица 2

Показатели тепловыделения цемента ЦЕМ I 42,5Н

τ , ч	Q , Дж/г	Q/Q_{max}	τ , ч	Q , Дж/г	Q/Q_{max}
2	1,328	0,003	22	107,582	0,279
4	4,829	0,013	24	116,539	0,303
6	10,538	0,027	36	153,226	0,398
8	19,580	0,051	48	175,406	0,456
10	31,527	0,082	60	191,484	0,497
12	43,570	0,113	72	201,146	0,522
14	57,606	0,150	84	206,723	0,537
16	71,197	0,185	96	211,234	0,549
18	83,883	0,218	108	214,707	0,558
20	95,495	0,248	120	217,540	0,565

Значения интегрального тепловыделения неактивированного цемента представляют средние значения для 5 образцов. Была проведена статистическая обработка данных интегрального тепловыделения для каждого момента времени, средние значения статистических показателей для всего массива обработанных данных составляют: среднеквадратическая ошибка среднего арифметического $m = 1,55$; показатель точности $\varepsilon = 2,30$ %; коэффициент вариации $V_c = 4,29$ %.

На рис. 1 показаны графики кинетики тепловыделения механоактивированной цементно-песчаной композиции (акт. ЦПК) и неактивированного цемента (ЦЕМ I 42,5Н). Представлены кривые интегрального тепловыделения, полученные экспериментальным способом, и теоретические значения, полученные расчетным способом с использованием уравнений ф. (1), (2), (3).

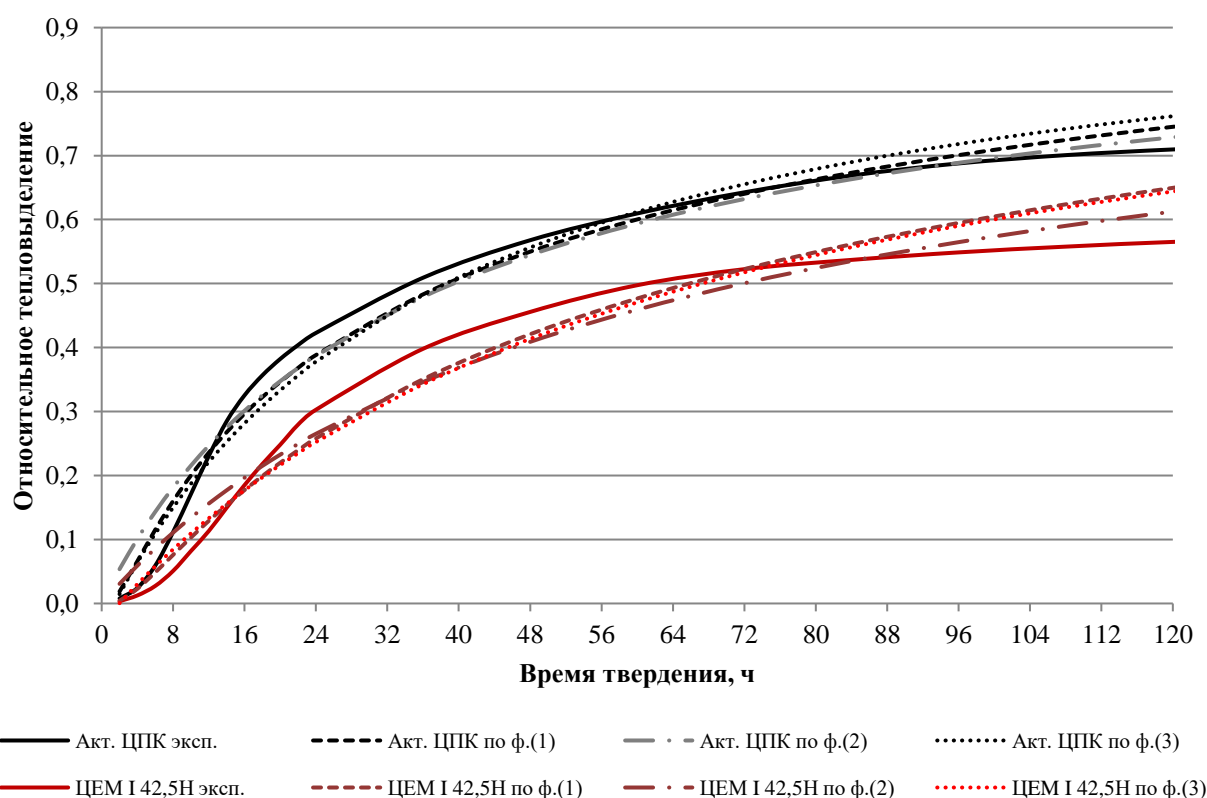


Рис. 1. Экспериментальные и расчетные относительные тепловыделения механоактивированной ЦПК и неактивированного цемента

Параметры уравнений ф. (1), (2), (3) для представленных на рис. 1 результатов приведены в таблице 3, где также приведено сравнение полученных значений параметров с данными других исследователей.

Таблица 3

Параметры уравнений кинетики тепловыделения

Уравнение	$\frac{Q_\tau}{Q_{max}} = \exp(k \cdot (1 - (\frac{28}{\tau})^d))$		$\frac{Q_\tau}{Q_{max}} = 1 - (1 + A \cdot \tau)^{-n}$		$\frac{1}{Q_\tau} = \frac{1}{Q_{max}} + \frac{\tau_{50}}{Q_{max} \cdot (\tau - \tau_s)}$	
Обозначение	ф. (1)		ф. (2)		ф. (3)	
Параметр	k	d	A	n	τ_{50}	τ_s
Расч. для акт. ЦПК	0,20	0,52	0,037	0,77	37,13	1,45
Расч. для ЦЕМ I 42,5Н	0,32	0,5*	0,018	0,83*	65,30	1,97
Г.В. Несветаев и др. для ЦЕМ I 42,5Н [6, 15]	0,16–0,21	0,46–0,51	0,022	1,55	44,5	6

*Параметр принят по данным [16]

В соответствии с полученными данными, значение индукционного периода для активированной цементно-песчаной композиции составляет $\tau_s = 1,45$ часа. Расчетное значение времени индукционного периода для неактивированного цемента составило 1,97 часа. Окончание индукционного периода активированной композиции относительно неактивированного цемента наступает быстрее в 1,34 раза.

Полученный параметр τ_{50} механоактивированной композиции для уравнения (3) составляет 37,13 часа, что коррелирует с экспериментальным значением времени достижения 50 % тепловыделения, который по данным эксперимента составляет 34,45 часа, расхождение результатов составляет 2,68 часа или 7,2 %. Параметр τ_{50} цемента для уравнения (3) составляет 65,30 часа, что также коррелирует с экспериментальным значением, который составляет 61,59 часа, расхождение результатов составляет 3,71 часа или 5,7 %. Время достижения 50 % значения тепловыделения для активированной композиции сокращается в 1,76 и 1,79 раз для расчетных и экспериментальных значений соответственно. Таким образом, подтверждается эффективность механической активации цемента относительно сокращения индукционного периода и более раннего начала структурообразования цементного композита, модифицированного механической активацией компонентов.

Обсуждение и заключение. В результате проведенных исследований получены значения интегрального тепловыделения для механоактивированной цементно-песчаной композиции. Определено, что цемент в составе механоактивированной композиции по показателям тепловыделения относится к умереннотермичным со значениями тепловыделения в возрасте 3 и 7 суток 247 Дж/г и 281 Дж/г соответственно. Получены параметры уравнений, описывающих кинетику тепловыделения. Определены значения продолжительности индукционного периода для механоактивированной композиции (1,45 часа) и неактивированного цемента (1,97 часа). Время достижения 50 % от максимального значения тепловыделения цемента для активированной композиции составляет 34–37 часов, тогда как для неактивированного цемента — 61–65 часов.

Полученные в ходе исследования данные подтверждают эффективность механической активации исходных сухих компонентов бетонов с точки зрения оценки кинетики тепловыделения и изменения характера термичности. При механической активации цементно-песчаной композиции сокращаются время индукционного периода и время достижения 50 % от максимального значения тепловыделения вяжущего в 1,34 раза и 1,76–1,79 раз соответственно, что свидетельствует об эффективности применения механоактивированной цементно-песчаной композиции как добавки в бетоны. Результаты могут иметь практическое применение на заводах по производству сухих строительных смесей и бетонов при внедрении технологии механической активации компонентов.

Список литературы/References

1. Кирсанов Д.А. Влияние минералогического состава клинкера и комплексных органо-минеральных добавок на долговечность бетона. *Технологии бетонов*. 2025;1(198):63–68. URL: <https://stroyamat.ru/2025/03/03/tb-1-2025/> (дата обращения 16.07.2025).
- Kirsanov DA Influence of the Mineralogical Composition of Clinker and Complex Organo-Mineral Additives on the Durability of Concrete. *Technologies of Concretes*. 2025;1(198):63–68. (In Russ.) URL: <https://stroyamat.ru/2025/03/03/tb-1-2025/> (accessed: 16.07.2025).
2. Очкина Н.А. Тепловыделение высокоглиноземистого цемента в процессе гидратации. *Региональная архитектура и строительство*. 2022;3(52):96–100. https://doi.org/10.54734/20722958_2022_3_96
- Ochkina NA Heat Release of High-Alumina Cement during Hydration. *Regional Architecture and Construction*. 2022;3(52):96–100. (In Russ.) https://doi.org/10.54734/20722958_2022_3_96

3. Эльмурзаев М.Б., Межидов В.Х., Муртазаев С.А.Ю. Механизм формирования на цементном зерне защитного слоя, определяющего продолжительность индукционного периода. *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2015;1:16–21.
Elmurzaev MB, Mezhdidov VKh, Murtazaev SAYu Mechanism of Formation of a Protective Layer on Cement Grain that Determines the Duration of the Induction Period. *Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*. 2015;1:16–21. (In Russ.)
4. Лотов В.А., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П., Зубкова О.А. Термокинетические исследования в системе «цемент–микрокремнезем–суперпластификатор–вода». *Техника и технология силикатов*. 2021;28(2):42–49.
Lotov VA, Sarkisov YuS, Gorlenko NP, Zubkova OA Thermokinetic Studies in the "Cement–Silica–Superplasticizer–Water" System. *Silicate Engineering and Technology*. 2021;28(2):42–49. (In Russ.)
5. Котов С.В., Сивков С.П. Высокоэффективные интенсификаторы помола для измельчения портландцемента с минеральными добавками. *Техника и технология силикатов*. 2013;20(4):16–20. URL: <https://tsilicates.ru/ru/nauka/article/80564/view> (дата обращения 16.07.2025).
Kotov SV, Sivkov SP Highly Effective Grinding Intensifiers for Grinding Portland Cement with Mineral Additives. *Silicate Engineering and Technology*. 2013;20(4):16–20. (In Russ.) URL: <https://tsilicates.ru/ru/nauka/article/80564/view> (accessed: 16.07.2025).
6. Nesvetaev GV, Koryanova YuI, Yazyev BM. Autogenous Shrinkage and Early Cracking of Massive Foundation Slabs. *Magazine of Civil Engineering*. 2024;17(6):13005. <https://doi.org/10.34910/MCE.130.5>
7. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Шуть В.В. Учет влияния добавок на тепловыделение бетона с целью предотвращения раннего трещинообразования массивных монолитных конструкций. *Вестник евразийской науки*. 2024;16(6):50SAVN624. URL: <https://esj.today/PDF/50SAVN624.pdf> (дата обращения 16.07.2025).
Nesvetaev GV, Koryanova YuI, Shut VV Taking into Account the Influence of Additives on the Heat Dissipation of Concrete in Order to Prevent Early Cracking of Massive Monolithic Structures. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024;16(6):50SAVN624. (In Russ.) URL: <https://esj.today/PDF/50SAVN624.pdf> (accessed: 16.07.2025).
8. Стародубцев А.А. Анализ тепловыделения бетонных конструкций в стадии набора прочности. *Тенденции развития науки и образования*. 2022;84(2):164–167. URL: <https://doicode.ru/doi/10.84/trnio-04-2022-91.pdf> (Дата обращения 31.07.2025).
Starodubtsev AA Analysis of Heat Generation of Concrete Structures at the Stage of Strength Gain. *Trends in the Development of Science and Education*. 2022;84(2):164–167. (In Russ.) URL: <https://doicode.ru/doi/10.84/trnio-04-2022-91.pdf> (accessed: 31.07.2025).
9. Семенов К.В., Титов Н.С. Учет тепловыделения бетона в расчетах термической трещиностойкости массивных железобетонных конструкций. *Инженерные исследования*. 2024;1(16):3–12. URL: <https://eng-res.ru/archive/2024/1/3-12.pdf> (дата обращения 16.07.2025).
Semenov KV, Titov NS Accounting the Heat Generation of Concrete When Calculating Thermal Crack Resistance of Massive Reinforced Concrete Structures. *Engineering Research*. 2024;1(16):3–12. (In Russ.) URL: <https://eng-res.ru/archive/2024/1/3-12.pdf> (accessed: 16.07.2025).
10. Knudsen T. On Particle Size Distribution in Cement Hydration. In: *Proceedings, 7th International Congress on the Chemistry of Cement*. Paris: Editions Septima; 1980. Pp. 170–175.
11. Sun Y, Wang ZH, Park DJ, Chen YK, Kim HS, Kim WS et al. Mathematical determination of the maximum heat release for fly ash cement paste: Effect of heat flow monitoring time, calculation approach and fly ash content. *Thermochimica Acta*. 2023;726:179553, <https://doi.org/10.1016/j.tca.2023.179553>
12. Kang Li, Zhengxian Yang, Shilin Dong, Pingping Ning, Dejun Ye, Yong Zhang. Hydration heat and kinetics of ternary cement containing ultrafine steel slag and blast-furnace slag at elevated temperatures. *Construction and Building Materials*. 2025;471:140712. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140712>
13. Лотов В.А., Сударев Е.А., Кутугин В.А. Предварительная активация цементно-песчаной смеси с целью повышения прочности бетона. *Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология*. 2022;65(8):94–101. <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20226508.6595>
Lotov VA, Sudarev EA, Kutugin VA Preliminary Activation of a Cement-Sand Mixture in Order to Increase the Strength of Concrete. *Bulletin of Higher Educational Institutions. Series: Chemistry and Chemical Technology*. 2022;65(8):94–101. (In Russ.) <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20226508.6595>
14. Пузатова А.В., Дмитриева М.А., Лейцин В.Н. Оценка эффективности механической активации исходных компонентов композиционного материала на основе цемента. *Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета*. 2024;4(61):3–17. <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-4/3-17>

Puzatova AV, Dmitrieva MA, Leutsin VN Evaluation of the Effectiveness of Mechanical Activation of the Initial Components of a Cement-Based Composite Material. *Bulletin of the Engineering School of the Far Eastern Federal University*. 2024;4(61):3–17. (In Russ.) <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-4/3-17>

15. Nesvetaev GV, Koryanova YuI, Shut VV Specific heat dissipation of concrete and the risk of early cracking of massive reinforced concrete foundation slabs. *Construction Materials and Products*. 2024;7(4):3. <https://doi.org/10.58224/2618-7183-2024-7-4-3>

16. Ковшар С.Н., Гушин С.В., Эралиев Б.А. Оценка термонапряженного состояния бетонного массива. *Наука и техника*. 2021;20(3):207–215. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-3-207-215>

Kovshar SN, Gushchin SV, Eraliev BA Assessment of thermal stress state of concrete massif. *Science & Technique*. 2021;20(3):207–215. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-3-207-215>

Об авторах:

Пузатова Анастасия Вячеславовна, старший преподаватель образовательно-научного кластера «Институт высоких технологий» Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта (236041, Российская Федерация, г. Калининград, ул. А. Невского, 14), зав. лабораторией строительных материалов, [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), asharanova@kantiana.ru

Когай Алина Дмитриевна, ассистент образовательно-научного кластера «Институт высоких технологий» Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта (236041, Российская Федерация, г. Калининград, ул. А. Невского, 14), аспирант, [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), ad.kogai@yandex.ru

Дмитриева Мария Александровна, доктор физико-математических наук, доцент, профессор образовательно-научного кластера «Институт высоких технологий» Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта (236041, Российская Федерация, г. Калининград, ул. А. Невского, 14), [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), admitrieva@kantiana.ru

Заявленный вклад авторов:

А.В. Пузатова: формирование основной концепции, цели и задачи исследования, проведение экспериментов и расчетов, подготовка текста, формирование выводов.

А.Д. Когай: проведение экспериментов, формирование теоретической части.

М.А. Дмитриева: научное руководство, анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

About the Authors:

Anastasiia V. Puzatova, Senior Lecturer of the Institute of High Technologies Educational and Scientific Cluster of the Immanuel Kant Baltic Federal University (14 A. Nevsky Str., Kaliningrad, 236041, Russian Federation), Head of the Laboratory of Building Materials, [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), asharanova@kantiana.ru

Alina D. Kogai, PhD student, Assistant of Institute of High Technologies Educational and Scientific Cluster of the Immanuel Kant Baltic Federal University (14 A. Nevsky St., Kaliningrad, 236041, Russian Federation), [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), ad.kogai@yandex.ru

Maria A. Dmitrieva, D.Sc. (Physics and Mathematics), Associate Professor, Professor of the Institute of High Technologies Educational and Scientific Cluster of the Immanuel Kant Baltic Federal University (14 A. Nevsky St., Kaliningrad, 236041, Russian Federation), [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), admitrieva@kantiana.ru

Claimed contributorship:

AV Puzatova: formation of the basic concept, aims and objectives of the research, conducting the experiments and calculations, preparing the manuscript, forming the conclusions.

AD Kogai: conducting the experiments, forming the theoretical part.

MA Dmitrieva: scientific supervision, analysis of the research results, correction of the manuscript, correction of the conclusions.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 12.05.2025

Поступила после рецензирования / Revised 05.06.2025

Принята к публикации / Accepted 02.07.2025

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS



УДК 691.4; 72.023; 67.02

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-33-43>

Декорирование лицевого керамического кирпича методом ангобирования

К.А. Лапунова , М.Е. Орлова , Ю.В. Терехина 

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ keramik_kira@mail.ru



EDN: EYPYUM

Аннотация

Введение. Лицевой керамический кирпич, имеющий варианты разных поверхностей, форм и цветовой палитры в настоящее время очень востребован на строительном рынке России. Ангобирование является эффективным методом цветного декорирования керамического кирпича, однако необходим индивидуальный подбор ангобного состава для каждого вида изделий на заводе с учетом используемой сырьевой базы, производственных режимов и необходимого эстетического решения. В условиях импортозамещения важным стал вопрос замены европейских производителей декоративных покрытий и организации производства ангобов на российских предприятиях. Целью работы является комплексное исследование метода ангобирования, направленное на получение лицевого кирпича с высокими эстетическими показателями, устойчивыми эксплуатационными качествами и внедрение его в производство с учетом отечественного строительного рынка сбыта.

Материалы и методы. Для проведения экспериментов в качестве базовой продукции для нанесения ангобного слоя выбраны два вида лицевого кирпича формата 1 НФ с гладкой поверхностью: красный и коричневый, производимые по технологии пластического формования. Составы ангобов для декорирования были разработаны на основе фритт «Дулевского красочного завода» в трех основных цветах: бело-бежевый, коричневый и графитовый. В ходе работы были проведены лабораторные исследования ангобных покрытий, полупромышленные испытания составов с различными вариантами нанесения на кирпич, а также исследования свойств готовой продукции.




Результаты исследования. В результате было разработано и утверждено 8 составов ангобов, которые после обжига обеспечивали бездефектное и прочное покрытие ложковой и тычковой поверхностей кирпича, предложены способы нанесения ангобов для достижения эстетической выразительности как самого изделия, так и кирпичной кладки.

Обсуждение и заключение. В рамках проведенной работы с одним из кирпичных заводов юга России была поставлена задача по разработке составов цветных ангобов с учетом изучения и анализа мировых тенденций в области брик-дизайна и потребительского спроса, и проведению работ по декорированию лицевого керамического кирпича в условиях производства. Данные экспериментов успешно внедрены в производство, что значительно увеличило объем продаваемой продукции на строительном рынке юга Российской Федерации, расширило архитектурно-дизайнерские возможности для новых планировочных решений. Полученные результаты в области цветного декорирования кирпича полностью соответствуют заводским параметрам, маркетинговым задачам, экономически выгодны и позволяют расширить ассортимент производимой и востребованной продукции на отечественном строительном рынке.

Ключевые слова: кирпич, ангоб, состав, ангобирование, технология производства, цвет, оттенок, поверхность, декоративная кладка

Для цитирования. Лапунова К.А., Орлова М.Е., Терехина Ю.В. Декорирование лицевого керамического кирпича методом ангобирования. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(3):33–43. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-33-43>

Decoration of the Front Ceramic Brick by the Method of Engobing

Kira A. Lapunova , Marina E. Orlova , Yuliya V. Terekhina 

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ keramik_kira@mail.ru

Abstract

Introduction. The ceramic face brick, which comes with a range of surfaces, shapes and color palettes, is highly sought in the Russian construction market. Engobing is an effective method of color decoration of ceramic bricks, however, an individual selection of an engobe composition for each type of product in a factory setting is critical considering a raw material base used, production modes and a necessary aesthetic solution. In the context of import substitution, the issue of replacing European manufacturers of decorative coatings and organizing the manufacturing of engobes at Russian enterprises has gained relevance. The aim of the study is a comprehensive investigation of the engobing method in order to obtain face bricks with high aesthetic characteristics, stable performance and its introduction into production in view of the domestic construction market.

Materials and Methods. For the experiments, two types of 1NF face bricks with a smooth surface were selected as the basic products for applying an angular layer: red and brown one produced by means of the plastic molding technology. The compositions of engobes for decoration were developed using frit from the Dulevsky Paint Factory in three main colors: white-beige, brown and graphite. Laboratory studies of engobe coatings, semi-industrial tests of compositions with various options for applying to bricks, as well as of the properties of finished products were performed as part of the research.

Research Results. As a result, 8 compositions of engobes were developed and approved that after burning provided a defect-free and durable coating of the spoon and poke surfaces of the bricks, and methods of applying engobes were set forth for aesthetic expressiveness of the product itself as well as the brickwork.

Discussion and Conclusion. One of the brick factories in the south of Russia was tasked with developing non-ferrous cast compositions considering studies and analysis of global trends in brick design and consumer demand as well as with decorating ceramic face bricks in production conditions. These experiments were successfully implemented in production, which boosted the volume of products sold in the construction market of the south of the Russian Federation, expanded architectural and design possibilities for new planning solutions. The results obtained in the field of brick color decoration are in alignment with the factory parameters, marketing goals as well as economically profitable allowing for expansion of the range of manufactured and sought products in the domestic construction market.

Keywords: brick, engobe, composition, angobirovanie, production technology, color, shade, surface, decorative masonry

For citation. Lapunova KA, Orlova ME, Terekhina YuV Decoration of the Front Ceramic Brick by the Method of Engobing. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(3):33–43. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-33-43>

Введение. Основным строительным материалом вот уже на протяжении многих веков является кирпич. Его технические и эстетические характеристики позволяют архитекторам воплощать разные архитектурные формы: от простых кубообразных до зданий с изменчивой линией фасадов. Лицевой кирпич используется как прочный конструкционный материал с высокими декоративными свойствами. Его разнообразие форм, типоразмеров, цветовых и фактурных поверхностей позволяет создавать уникальный фасадный декор. Даже гладкий фасад, выложенный кирпичом не краснокирпичного традиционного цвета, а, например, с оттенками бежевого или темно-серого, уже делает здание заметным и отличающимся от остальных. На выбор цвета влияют и модные тенденции мировой архитектуры, предлагая цвета, оттенки, фактурные «рисунки» и их сочетания. Не стоит забывать и об общей психологической составляющей архитектурно-пространственной среды. Современная урбанистическая культура все дальше отделяет человека от земли: и в плане этажности, и в освоении ландшафта [1]. Если раньше задачей архитектора было вписать здание в ландшафт и сделать его удобным для человека, то сейчас, наоборот, наблюдается стремление воссоздать «зеленые» зоны в городской среде, найти экологичные решения (даже появился стиль «зеленая архитектура») и восстановить природную гармонию с помощью цвета [2].

Издrevле цвету в архитектуре уделяли огромное значение. Древнеегипетские и греческие храмы, дошедшие до нас в цвете серого камня или песчаника, в аутентичном виде были яркие и цветные. Росписью покрывали фасады и архитектурный декор, умело использовали камень разных цветов и оттенков и керамическую облицовку в украшении зданий. Если цвет камня заложен природой, то керамическим изделиям стойкий цвет придавали разными способами декорирования: окрашиванием в массу, ангобированием, глазурированием, торкретированием и др.

Ангобирование является древнейшим способом цветового оформления поверхности керамического изделия. Ангобом называют глиняную суспензию, которую наносят тонким слоем на сырцовое, кожетвердое или на обожженное изделие с дальнейшим обжигом. Он является отличным покрывным слоем, сглаживающим неровности поверхности, придающим изделию цвет и фактурность.

Термин «ангоб» в переводе с французского «engobe», с итальянского «ingobbio» означает «обмазку» или «покрытие». Древние мастера Месопотамии, Египта, Китая, Греции и Рима широко использовали ангоб для росписи керамической посуды, скульптуры и керамического архитектурного декора (рис. 1). Ангобом как архаичной природной краской на основе глины украшают глинобитные дома в Западной Африке и в настоящее время (рис. 2). Добавляя в ангоб каолин, уголь или толченый разноцветный камень, женщины народа йоруба расписывают стены сакральными узорами белого, черного, коричневого или охристого цвета [3–5].



Рис. 1. Декоративные элементы крыши — антефиксы Менада и Силена, Черветери, IV в. до н. э.



Рис. 2. Расписные хижины деревни Тибеле, Буркина Фасо, XXI в.

Со времен античности цветным ангобом покрывали керамический кирпич, черепицу и другую архитектурную керамику. Белый ангоб часто использовали как подложку для дальнейшей росписи или глазурного покрытия. На белом фоне все цвета проявляют свою яркость в полной мере.

По составу ангобы делятся на глинисто-песчаные, флюсные и античные лаки. В изготовлении керамических изделий архитектурно-строительного назначения используют флюсной ангоб. Обычно в виде флюса используется стеклобой (5–20 % от общей массы ангоба) или бесцветная глазурь. Флюс дает стойкий, не выгорающий насыщенный цвет изделиям, улучшает прочность сцепления (адгезию) ангобного слоя с черепком и уменьшает водопроницаемость изделия. Для улучшения качества ангоба добавляют фритту, иногда до 50 % от общей массы ангоба. Фритта представляет собой гранулированные стекломассы, получаемые в результате сплавления шихты с последующим резким охлаждением горячей стекломассы.

Важно подобрать друг к другу сырьевые составы ангоба и кирпича так, чтобы не было брака в виде отслоений, цекса, обесцвечивания. На качество кирпича с ангобированным покрытием влияет также правильность нанесения ангоба, толщина слоя (не более 0,2 мм), угол наклона при напылении состава, соблюдение режима сушки и обжига¹ [6].

Цвет строительного материала является важной составляющей в архитектурно-строительном дизайне. Керамические материалы имеют долговечное цветовое покрытие благодаря технологии изготовления и декорирования с дальнейшим, закрепляющим цвет, обжигом. Выбор цвета для декорирования и схемы нанесения покрытий зависит от спроса потребителей, маркетинговых исследований и рекомендаций, модных трендов и, конечно же, технических возможностей предприятия, взаимодействующего с научными коллективами в области современной керамики [7, 8].

Основными поставщиками ангобов и глазурей для керамической промышленности России были предприятия из Италии и Испании, однако из-за санкционных мер они вынуждены были сократить объемы поставок, и производители керамики, в первую очередь кирпича, столкнулись с проблемой отсутствия на рынке качественных ангобных составов, что привело к сокращению ассортимента продукции и поставило задачу по разработке собственных составов на основе доступных сырьевых компонентов. Для решения этой задачи необходимо было разработать научно-обоснованные рекомендации по составам ангобов, режимам обжига, применению технологии ангобирования с целью модификации внешнего вида кирпича, улучшения его технико-эксплуатационных характеристик для дальнейшего расширения ассортимента и повышения конкурентоспособности продукции кирпичных заводов.

Сотрудники кафедры «Строительные материалы» ДГТУ, имея многолетний опыт работы в области научных исследований для керамической отрасли, разработки составов покрытий для керамической плитки, кирпича и

¹ Захаров А.И. *Основы технологии керамики: учебное пособие*. М.: Рос. хим.-технол. ун-т им. Д.И. Менделеева; 2001. 79 с.

черепицы, совместно с ведущим предприятием по производству лицевого керамического кирпича провели научно-производственные эксперименты для решения актуальной задачи по производству ангобов и способам их нанесения. Были систематизированы существующие рецептуры ангобных покрытий и их компонентный состав, определены оптимальные параметры технологического процесса (способ нанесения ангоба, режим сушки и обжига), изучены декоративные и защитные возможности ангобирования, проведен сравнительный анализ экономической эффективности метода ангобирования с учетом экологической безопасности в условиях современного производства.

Цветовым трендом в архитектурном дизайне 2024 года от Pantone были серый графитовый, белый и персиковый цвета. Темно-серый и белый являются в настоящий момент современными, востребованными и очень популярными цветами, широко используемыми в экстерьерном и интерьерном дизайне. В 2025 году по версии Института цвета Pantone в тренд выходит Mocha Mousse — светло-коричневый или шоколадно-коричневый цвет, олицетворяющий природную гармонию. Как раз оттенки данных цветов нами и было предложено разработать для ангобного декорирования лицевого кирпича.

Материалы и методы. В качестве лицевого кирпича для ангобирования были выбраны два вида изделий формата 1 НФ с гладкой поверхностью: красный и коричневый, производимые по технологии пластического формования, с последующей сушкой и обжигом (рис. 3). Кирпич по своему внешнему виду и физико-механическим характеристикам соответствует требованиям ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камни керамические. Общие технические условия», предъявляемым к лицевому кирпичу: марка по прочности М150; марка по морозостойкости F75; водопоглощение не менее 5 % и не более 10 %; скорость начальной абсорбции воды составляет 0,90–1,35 кг/(м²·мин). Кирпич пустотелый, пустотность 40 %, имеет 3 лицевые поверхности: 1 ложок и 2 тычка, с фаской.

Процесс ангобирования заключается в нанесении с помощью аэрографа на свежесформованный или высушенный кирпич тонкого цветного лицевого ангобного слоя, усиливающего или маскирующего после обжига структуру и цвет черепка.

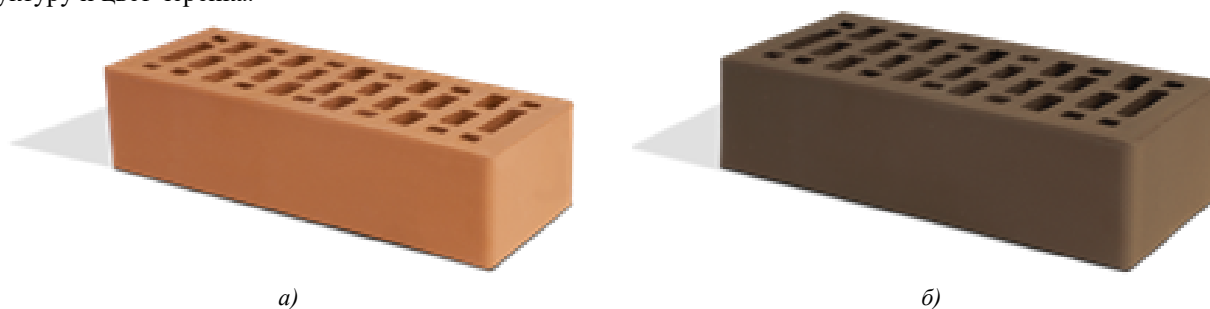


Рис. 3. Утвержденный для работы керамический лицевой кирпич: а — 1 НФ красный гладкий; б — 1 НФ коричневый гладкий

При разработке составов ангобов под конкретную керамическую массу учитывают следующие факторы:

- желаемый декоративный эффект (цвет, оттенок, объем и т.д.);
- коэффициент линейного термического расширения черепка (КЛТР);
- технологические режимы и возможности производственной линии;
- экономические факторы.

По согласованию с предприятием-изготовителем основной задачей было разработать ангобные покрытия заданной цветовой палитры: белого, бежевого, коричневого, темно-серого цветов и добиться эффекта деградации (перехода от светлого к темному оттенку) на лицевой поверхности кирпича, а также разработать схемы баварской декоративной кладки (мультикладка) с полученными цветовыми вариантами.

Составы ангобов для декорирования бело-бежевого, коричневого и темно-серого цветов были разработаны на основе фритт «Дулевского красочного завода» с применением микроклина, колеманита, оксида цинка, каолина, глины АО «Владимировский карьер тугоплавких глин» — марок ВКН и ВКС, песка кварцевого очень мелкого I класса, карбоната бария и керамических пигментов.

В качестве способа нанесения ангобов на поверхность кирпича был выбран метод аэрографии. Для создания декоративного эффекта деградации на кирпич наносятся светлые оттенки ангобного покрытия, которые впоследствии постепенно перекрываются темными. Необходимо, чтобы на лицевой поверхности кирпича получилась цветовая растяжка от светлого к темному оттенку. Такой плавный цветовой переход может быть выражен по горизонтали, вертикали или диагонали окрашенной лицевой поверхности.

План научной работы на первом этапе заключался в разработке ангобных составов в лабораторных условиях и проверке их на образцах-плиточках, изготовленных из формовочных масс завода. Режимы сушки и обжига в

лаборатории были максимально приближены к технологическим режимам. Вторым этапом был процесс ангобирования в лабораторных условиях с последующим обжигом в лабораторной печи кирпича, отобранного после сушки на линии, и его испытание. На третьем этапе кирпич ангобировался в производственных условиях, осуществлялась экспертная оценка и утверждение внешнего вида, далее проводился комплекс физико-механических испытаний по всем показателям, согласно требованиям ГОСТ 530-2012. Для утвержденных вариантов ангобированного лицевого кирпича были разработаны и предложены схемы кладок.

Результаты исследования. Флюсные ангобы по технико-экономическим показателям являются наиболее подходящими покрытиями для керамического кирпича с учетом однократного обжига. Основная цветовая палитра кирпича, согласно техническому заданию, должна быть от бело-бежевого до темно-коричневого и графитового, также должны присутствовать цветовые «растяжки» от светлого до темных оттенков. Лицевой кирпич должен иметь 2 лицевые ангобированные поверхности — 1 ложок и 1 тычок.

На основе изученных и выбранных сырьевых материалов были разработаны составы флюсных ангобов, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Лабораторные составы флюсных ангобов

Шифр ангоба	Цвет	Состав, % по массе на сухое вещество
Б-0	Белый	Фритта — 30, микроклин — 20, колеманит — 10, каолин — 20, ВКН — 10, TiO_2 — 10
Б-1	Бежевый «Беж»	Фритта — 30, микроклин — 20, колеманит — 10, $BaCO_3$ — 5, ZnO — 5, каолин — 20, ВКН — 10
Б-2	Бежевый «Беж 1»	Фритта — 30, микроклин — 20, колеманит — 10, каолин жженный — 25, ВКН — 15
К-1	Коричневый «Каштан»	Фритта — 30, микроклин — 20, колеманит — 10, $BaCO_3$ — 5, ZnO — 5, каолин — 10, ВКС — 10, пигмент красный железистый — 10
К-2	Коричневый «Шоколад»	Фритта — 30, микроклин — 20, колеманит — 10, $BaCO_3$ — 5, ZnO — 5, каолин — 10, ВКС — 10, пигмент коричневый железистый — 10
К-3	Коричневый «Терракота»	Фритта — 30, микроклин — 20, колеманит — 10, $BaCO_3$ — 5, ZnO — 5, каолин — 10, ВКС — 10, Mn_2O_4 — 10
К-4	Коричневый «Корица»	Фритта — 30, микроклин — 20, колеманит — 10, $BaCO_3$ — 5, ZnO — 5, каолин — 10, ВКС — 10, железная окалина — 10

Ангобные составы наносились методом аэрографии на высушенное изделие. Толщина ангобного слоя составляла 0,5–1 мм. Слишком толстый слой может привести к отслаиванию ангоба при обжиге. Важно следить за пневматическим краскопультом, чтоб не забивалась головка, сам пульверизатор необходимо держать на расстоянии 25–30 см от кирпича. В лабораторных условиях при нанесении на образцы-плиточки и при нанесении на кирпич разработанные составы удовлетворяли заявленным параметрам по цветовым решениям и качеству лицевой поверхности.

В условиях производства после декорирования кирпича перемещались на обжиг в туннельную заводскую печь при максимальной температуре 940 °С (рис. 4). После обжига исследуемые кирпичи направлялись на визуальный осмотр для анализа полученного результата. Ангобные составы Б-0, Б-2, К-3 и К-4 показали себя хорошо на кирпиче, распределились укывисто, равномерно, на поверхности отсутствовал технологический брак, цвет соответствовал установленному техническому заданию. Ангобные составы Б-1, К-1 и К-2 не соответствовали цветовому решению, данный декоративный слой был не укывистым и недостаточно спекшимся, из-за этого на лицевой поверхности кирпича присутствовал технологический брак и отпечатки пальцев.



Рис. 4. Процесс ангобирования методом аэрографии в заводских условиях

Производственный эксперимент показал, что из-за перепада по сечению печи для лучшей укрывистости ангобом поверхности кирпича нужно увеличить температуру обжига до 970 °С или произвести корректировку составов. Анализируя полученные данные и проведя технико-экономический расчет, было принято решение произвести корректировку составов Б-1, К-1 и К-2 и разработать дополнительный ангобный состав графитового цвета (таблица 2).

Для второго этапа заводских испытаний было принято решение наносить повторно ангобные составы Б-0, Б-2, К-3 и К-4 и новые разработанные составы Б-1, К-1, К-2 и Г-1. Декоративные составы наносились также методом аэрографии. Декорирование кирпича в зависимости от планируемого декоративного эффекта было полное или частичное, покрывались одна или две грани, также присутствовала цветовая заливка под углом или прямая.

Таблица 2








Корректирующие составы ангобов

Шифр ангоба	Цвет	Состав, % по массе на сухое вещество
Б-1	Бежевый «Беж»	Фритта — 40, микроклин — 15, колеманит — 10, ВКН-2 — 15, ZnO — 5, каолин — 20, TiO — 10, клей — 1
К-1	Коричневый «Каштан»	Фритта — 45, микроклин — 10, колеманит — 15, ВКС — 20, красящий пигмент — 10, клей — 1
К-2	Коричневый «Шоколад»	Фритта — 40, микроклин — 15, колеманит — 10, ВКС — 20, красящий пигмент — 10, клей — 1
Г-1	Темно-серый «Графит»	Фритта — 40, микроклин — 10, колеманит — 10, ВКС — 15, оксид меди — 15, железная окалина — 5, оксид железа — 5, клей — 1

Обжиг происходил в заводской печи при температуре 940–950 °С. После обжига ангобированные кирпичи отправлялись на визуальный осмотр. В таблице 3 представлены основные выводы полузаводских испытаний.

Таблица 3

Результаты второго этапа полужаводских испытаний

Шифр ангоба	Цвет	Фото ангобированного кирпича	Полученный результат по заводским испытаниям
Б-0	Белый		Неровный слой, присутствует заводской брак (сколы, потертости), цвет соответствует планируемому тону, не подходит для сплошного покрытия, может использоваться для цветовых переходов в качестве дополнительного цвета
Б-1	Бежевый «Беж»		Ровный укрывистый ангобный слой, цвет соответствует планируемому тону, на поверхности отсутствует заводской брак
Б-2	Бежевый с желтым оттенком «Беж 1»		Ровный укрывистый ангобный слой, цвет соответствует планируемому тону (присутствует желтый оттенок), на поверхности отсутствует заводской брак
К-1	Коричневый «Каштан»		Ровный укрывистый ангобный слой, цвет соответствует планируемому тону (коричневый), на поверхности отсутствует заводской брак
К-2	Коричневый «Шоколад»		Ровный укрывистый ангобный слой, цвет соответствует планируемому тону (коричневый, темно-коричневый), присутствуют участки не спекшегося ангобного слоя, но данные участки не видны на расстоянии 1 метра и не влияют на стойкость слоя
К-3	Коричневый «Терракота»		Ровный укрывистый ангобный слой, цвет соответствует планируемому тону (красно-коричневый), на поверхности отсутствует заводской брак
К-4	Коричневый «Корица»		Ровный укрывистый ангобный слой, цвет соответствует планируемому тону
Г-1	Темно-серый «Графит»		Ровный укрывистый ангобный слой, цвет соответствует планируемому тону (темно-серый)

Комбинируя между собой разработанные ангобные составы, можно получить множество цветовых решений. При декорировании кирпича важно заранее продумать схему нанесения ангоба на лицевую поверхность. На рис. 5 представлены варианты комбинирования ангобных составов для достижения эффекта деградации на лицевой поверхности кирпича.

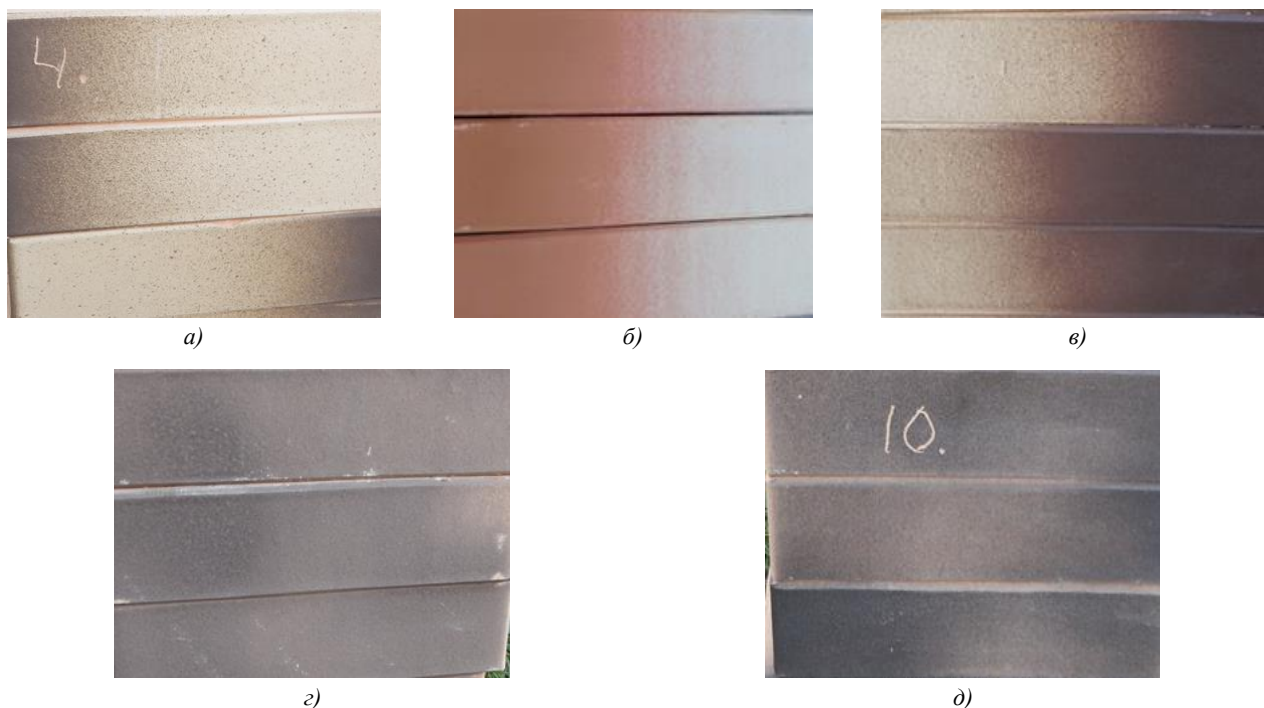


Рис. 5. Варианты декорирования кирпича с эффектом деградации на основе разработанных ангобных составов: а — Б-0 + К-1; б — Б-1 + цвет обожженного кирпича; в — Б-2 + К-3; г — К-1 + К-2; д — К-2+Г-1

Следующим этапом необходимо было разработать схемы декоративных кладок из ангобированного кирпича на основе баварской кладки, что представляется очень логичным в плане комбинаторики и дизайна. Достичь эффекта баварской кладки с применением кирпича с покрытием деградации возможно при совмещении изделий из одной цветовой партии либо из разных при помощи укладки несколькими способами: соединяя ложки между собой одного оттенка, чередуя светлый и темный оттенки. Применяя разнообразные декоративные кладки (цепная, старорусская, фламандская, крестовая и т.д.) можно увеличивать варианты комбинаторных решений. Мы рассмотрели только одну ложковую кладку со смещением в $\frac{1}{2}$ кирпича.

Баварская кирпичная кладка — это особый вид декоративной кладки, основанный на принципе хаотичного комбинирования нескольких оттенков одного цвета. При этом основной тон должен составлять примерно половину схемы, а для остальной части укладки используют вспомогательные цвета. В облицовке фасада не должны присутствовать отдельно темные и светлые пятна, они должны чередоваться, создавая плавные переходы цветовых оттенков по всему фасаду без скученности одного цвета — это подчеркнет общую гармоничность лицевой кладки и впишет ее в архитектурное пространство. Кирпичи одного и того же оттенка должны не повторяться в кладке, а чередоваться с другими оттенками, тем самым создавая ощущение хаотичной, «самопроизвольной» фасадной кладки или выглядеть как произвольные цветовые пятна [9, 10].

Учитывая принципы «баварской» кладки и полученную цветовую палитру в виде ангобных составов, на рис. 6 представлена разработанная кладка с использованием ангобированного керамического кирпича с эффектом деградации. Как видно из рис. 6, основным цветом в данной «баварской» кладке служит красно-коричневый (К-3), а вспомогательным — графитовый (Г-1). Основной задачей в разработке данной кладки стоит не перегрузить будущий фасад. Сочетание темно-коричневого и красно-коричневого интересно по своим декоративным характеристикам, но, возможно, для восприятия целостного фасада будет тяжелым. Поэтому было принято решение разработать более «легкую» цветовую версию «баварской» кладки (рис. 7).

Как мы можем заметить из рис. 7, комбинируемые кирпичи декорированы ангобным покрытием наполовину — к краю кирпича мы имеем насыщенный коричневый цвет, а основной оттенок остается «натуральным». Данный цветовой прием достигается за счет аэрографического приема нанесения ангоба. Как видно, тут присутствуют уже три оттенка, где основным идет цвет самой обожженной глины, а вспомогательные ангобные слои — К-2 и К-3.



Рис. 6. Баварская кладка с использованием ангобированного керамического кирпича (ангобный состав Г-1, К-3 + цвет обожженного кирпича)

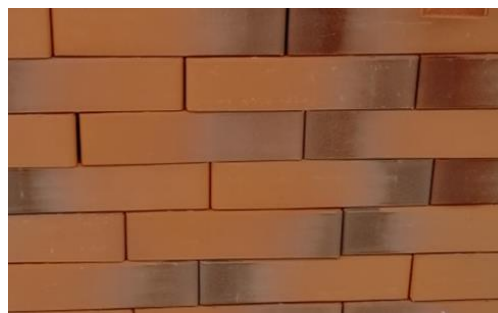


Рис. 7. Баварская кладка с использованием ангобированного керамического кирпича (ангобный состав К-2, К-3 + собственный цвет кирпича)

Добиться интересных цветовых переходов можно с помощью эффекта деграде в самой кладке, где кирпич с тем же эффектом покрытия чередуется между собой. На рис. 8 и 9 представлены цветовые переходы от темно-коричневого к бежевому и от коричневого к светло-бежевому. На представленной на рис. 8 кладке можно обратить внимание на цветовое декорирование самого кирпича, где присутствует разная интенсивность коричневого цвета по заполнению лицевой стороны кирпича, что придает кладке неповторимую индивидуальность.



Рис. 8. Декоративная кладка кирпича с применением эффекта деграде (ангобные составы Б-3, К-2, К-4)



Рис. 9. Декоративная кладка кирпича с применением эффекта деграде (ангобные составы Б-2, К-4)

Судя по рис. 9, основным цветом в разработанной кладке является бежевый (Б-2), дополнительным — коричневый (К-4). Как мы можем заметить, коричневый цвет не интенсивен по насыщенности тона, тем самым он не перегружает кладку.

На рис. 10 представлена декоративная кладка «Зебра» на контрастных решениях, где основным цветом служит бежевый, вспомогательные — темно-коричневый и графитовый. Но из-за насыщенности темно-коричневого цвета и выкладки рисунка он акцентирует на себе внимание, тем самым подчеркивая рисунок кладки.



Рис. 10. Декоративная кладка кирпича (ангобные составы Б-2, К-4 и Г-1)

Цветовых вариаций кирпичной художественной кладки может быть бесконечное множество, главное — прослеживать мировые тенденции и угадывать вкус потребителя или же создавать и продвигать новые тренды на кирпичном рынке юга России.

Обсуждение и заключение. Керамический кирпич был и остается качественным, долговечным, экологическим и эстетически привлекательным строительным материалом со стабильной востребованностью на строительном рынке. Именно керамический кирпич может быть настолько изменчив, насколько и традиционен. Это отражается на эстетичном виде кирпича и на его цене. Декорирование кирпича в настоящее время является актуальной задачей, так как кирпич уже не является только конструкционным материалом, а перешел в раздел элитных строительных материалов с широкими возможностями в области цветового и фактурного дизайна поверхности. Сформировано направление брик-дизайна по выявлению новых и расширению традиционных эстетических возможностей керамического кирпича [11, 12]. Для активного развития керамической отрасли в Российской Федерации необходима согласованная работа руководителей и технологов предприятий с научными организациями, маркетологами и дистрибьюторами. Такая профессиональная связка позволит успешно планировать выпуск коллекций кирпича, предвосхищать модные тенденции в брик-дизайне и своевременно подготавливать сырьевую и технологическую оснастку для производственной линии по выпуску лицевого кирпича с заданными эстетическими характеристиками. На примере работы нашего коллектива по внедрению ангобированного кирпича в технологический процесс работающего предприятия доказана состоятельность и эффективность выбранных нами схем, методов лабораторных и полужавовских испытаний с учетом финансовых возможностей данного предприятия. Полученные результаты внедрены, предприятие успешно наладило выпуск ангобированного кирпича и сформировало на рынке юга России новый стабильный кластер по выпуску декоративного лицевого кирпича с заданными эстетическими характеристиками.

Список литературы/References

1. Баймуратова С.Х., Баймуратов Р.Ф., Кудашева Д.Р., Плотникова М.Н., Кинягулов Н.Р., Овечкина Е.К. и др. Цифровые методы оценки качества городской среды. *Строительные материалы и изделия*. 2024;7(4):4–9. <https://doi.org/10.58224/2618-7183-2024-7-4-9>
2. Baimuratova SKh, Baimuratov RF, Kudashova DR, Plotnikova MN, Kinyagulov NR, Ovechkina EK, Khannanova EA. Digital Methods for Assessing the Quality of the Urban Environment. *Construction Materials and Products*. 2024;7(4): 4–9. (In Russ.) <https://doi.org/10.58224/2618-7183-2024-7-4-9>
3. Кидуэлл П. *Психология города. Как быть счастливым в мегаполисе*. М.: Манн, Иванов и Фербер; 2018. 218 с. Kidwell P *Psychology of the City. How to be Happy in a Metropolis*. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber; 2018. 218 pp. (In Russ.)
4. Салахов А.М. *Керамика для строителей и архитекторов*. Казань: Парадигма; 2009. 296 с. Salakhov AM *Ceramics for Builders and Architects*. Kazan: Paradigm; 2009. 296 pp. (In Russ.)
5. Захаров А.И. *История технологии керамики. Керамика Древнего мира*. Санкт-Петербург: Лань; 2024. 124 с. Zakharov AI *History of Ceramics Technology. Ancient World Pottery*. St. Petersburg: Lan; 2024. 124 p. (In Russ.)
6. Nardini I, Zendri E, Biscontin G, Brunetin A. Analytical methods for the characterization of surface finishing in bricks. *Analytica Chimica Acta*. 2006;577(2):276–280. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.06.051>
7. Jaramillo Nieves L.J., Natri S., Lot A.V., Melchades F.G., Marsola G.A., Flauzino I.S. et. al. Influence of engobe and glaze layers on the evolution of porosity and permeability of single-fired porcelain tiles. *Applied Clay Science*. 2022;228:106635. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2022.106635>
8. Котляр В.Д., Новикова А.С., Терехина Ю.В. Технология и дизайн керамического кирпича с декоративным полимерным покрытием с эффектом деградации. *Инженерный Вестник Дона*. 2013;4(27):208. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2091> (дата обращения: 24.07.2025).
9. Kotlyar VD, Novikova AS, Terekhina YuV Technology and Design of Ceramic Bricks with Decorative Polymer Coating with Degrade Effect. *Engineering Journal of Don*. 2013;4(27):208. (In Russ.) <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2091> (accessed: 24.07.2025)
10. Небежко Ю.И., Лапунова К.А. Взаимосвязь эстетических и технологических свойств лицевого керамического кирпича. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2024;3(4):41–54. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-4-41-54>
11. Nebezko YuI, Lapunova KA Relationship of Aesthetic and Technological Properties of Face Ceramic Bricks. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2024; 3(4): 41–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-4-41-54>
12. Lyons A. Bricks and brickwork. *Materials for Architects and Builders (Third Edition)*. 2006;1–31. <https://doi.org/10.1016/B978-075066940-5/50028-9>

10. Жмакин А.А. *Альбом кладок*. Ростов-на-Дону: Феникс; 2012. 118 с.

Zhmakin AA *Masonry Album*. Rostov-on-Don: Phoenix. 2012;118p. (In Russ.)

11. Божко Ю.А., Лапунова К.А. Проблемы регламентации терминологии brick-дизайна и области его применения. *Строительные материалы*. 2021;4:37–41. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-790-4-37-41>

Bozhko YuA, Lapunova KA Problems of Regulating the Terminology of Brick Design and its Scope. *Building Materials*. 2021;4: 37–41. (In Russ.) <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-790-4-37-41>

12. Месхи Б.Ч., Божко Ю.А., Лапунова К.А., Терехина Ю.В. Brick-дизайн и его основные элементы. *Строительные материалы*. 2020;8:47–51. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-47-51>

Meskh BCh, Bozhko YuA, Lapunova KA, Terekhina YuV Brick-Design and its Main Elements. *Building Materials*. 2020;8:47-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-783-8-47-51>

Об авторах:

Лапунова Кира Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ScopusID](#), [ORCID](#), keramik_kira@mail.ru

Орлова Марина Евгеньевна, ассистент кафедры строительных материалов Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ScopusID](#), [ORCID](#), marina.nekrasova.96@list.ru

Терехина Юлия Викторовна, старший преподаватель кафедры строительных материалов Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ScopusID](#), [ORCID](#), yuliya-2209@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

К.А. Лапунова: формирование основной концепции, цели и задач исследования, обоснование критериев, общее планирование эксперимента, анализ результатов исследований, редактирование текста, корректировка выводов.

М.Е. Орлова: детальное планирование, организация и реализация исследований, обработка и анализ результатов исследований, подготовка текста, формулировка выводов.

Ю.В. Терехина: анализ отечественного и зарубежного опыта производства лицевого кирпича с учетом особенностей декорирования и маркетинговых тенденций, формирование и оформление библиографического списка.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Kira A. Lapunova, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Building Materials at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ScopusID](#), [ORCID](#), keramik_kira@mail.ru

Marina E. Orlova, Assistant Professor of the Department of Building Materials at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ScopusID](#), [ORCID](#), marina.nekrasova.96@list.ru

Yuliya V. Terekhina, Senior Lecturer at the Department of Building Materials at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ScopusID](#), [ORCID](#), yuliya-2209@mail.ru

Claimed contributorship:

KA Lapunova: formation of the basic concept, aims of the study, justification of the criteria, general planning of the experiment, analysis of the research results, manuscript editing, correction of the conclusions.

ME Orlova: detailed planning, organization and implementation of the research, processing and analysis of the research results, manuscript preparation, formulation of the conclusions.

YuV Terekhina: analysis of domestic and foreign experience in the production of facing bricks considering the features of decoration and marketing trends, the formation and design of the references.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 17.08.2025

Поступила после рецензирования / Revised 10.08.2025

Принята к публикации / Accepted 05.09.2025

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

URBAN PLANNING, PLANNING OF RURAL SETTLEMENTS



Оригинальное эмпирическое исследование


УДК 69.059:349.444:332.8

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-44-55>

Правовые проблемы переустройства и перепланировки помещений

В.В. Былков  

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

 byval7895@rambler.ru



EDN: ZLTMUI

Аннотация

Введение. В статье рассматривается проблематика вступивших в силу с 01.04.2024 года изменений жилищного законодательства в части регулирования отношений по переустройству и перепланировке помещений в многоквартирных домах. Значимость темы обусловлена недостаточным уровнем осмысления внесенных изменений в научной и учебной литературе. В числе целей работы — анализ законодательных новелл и выработка предложений по совершенствованию норм Жилищного кодекса Российской Федерации.

Материалы и методы. Объект исследования — правовой институт переустройства и перепланировки, его соотношение с реконструкцией и связь с системой технического учета жилищного фонда. Используются: общенаучные (диалектико-материалистический), частно-научные (логические (анализ, синтез), конкретно-исторический, системный метод) и другие методы научного познания.

Результаты исследования. В работе сформулированы конкретные предложения по изменению норм ЖК РФ, направленные на устранение проблем правового регулирования переустройства и планировки.

Обсуждение и заключение. Результаты, полученные в ходе исследования, имеют перспективу имплементации в действующее жилищное законодательство и позволяют усовершенствовать механизм правового регулирования отношений по переустройству и перепланировке.

Ключевые слова: переустройство, перепланировка, реконструкция, технический учет, жилищный фонд

Благодарности. автор выражает благодарность заведующей кафедрой «Городское строительство и хозяйство» факультета «Промышленное и гражданское строительство» ДГТУ, доктору технических наук, профессору С.Г. Шеиной и заведующей кафедрой гражданского права юридического факультета ЮФУ, кандидату юридических наук, доценту Е.С. Селивановой за содействие в подготовке статьи.


Для цитирования. Былков В.В. Правовые проблемы переустройства и перепланировки помещений. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(3):44–55. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-44-55>

Original Empirical Research

Legal Problems of Reconstruction and Redevelopment of Premises

Valeriy V. Bylkov  

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

 byval7895@rambler.ru

Abstract

Introduction. The article examines the issues related to the amendments to the housing legislation that came into force on April 1, 2024 regarding regulating relations for reconstruction and redevelopment of premises in apartment buildings. The topic is relevant as the changes made in scientific and educational literature have not been properly comprehended. The aims of the work include the analysis of legislative innovations and development of proposals for improving the standards of the Housing Code of the Russian Federation.

Materials and Methods. The object of the research is the legal institute of reconstruction and redevelopment, its relationship with reconstruction and with the system of technological inventory of the housing stock. The following methods are used: general scientific (dialectical materialistic), specific scientific (logical (analysis, synthesis), concrete historical, systematic method) and other scientific discovery methods.

Research Results. The paper sets forth specific proposals for changing the standards of the housing and communal services of the Russian Federation in order to eliminate the problems of legal regulation of reconstruction and redevelopment.

Discussion and Conclusion. The results of the study hold a promise of being implemented into the current housing legislation and enable us to improve the mechanism of legal regulation of reconstruction and redevelopment.

Keywords: reconstruction, redevelopment, reconstruction, technological inventory, housing stock

Acknowledgments. The authors appreciate the Head of the Department of Urban Construction and Agriculture of the Faculty of Industrial and Civil Engineering of the Don State Technical University, Doctor of Technical Sciences, Professor S.G. Sheina and Head of the Department of Civil Law of the Law Faculty of the Southern Federal University, Cand.Sci. (Law), Associate Professor E.S. Selivanova for assistance in preparing the manuscript.

For citation. Bylkov VV Legal Problems of Reconstruction and Redevelopment of Premises. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(3):44–55. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-44-55>

Введение. Новеллы жилищного законодательства в области переустройства и перепланировки помещений, введенные в действие с 1 апреля 2024 года, не получили еще никакого осмысления со стороны научного сообщества: по крайней мере поиск в сети Интернет публикаций по данной тематике не дает тому, кто интересуется данной темой, сколь либо стоящих результатов. Одно разъяснение Росреестра, пара обзоров в справочных правовых системах и краткий пересказ принятых изменений на сайтах региональных прокуратур — вот, пожалуй, и все, что доступно для прочтения по истечении года после введения в действие интересующих нас норм.

Актуальность рассмотрения темы дополняется и практически полным отсутствием свежих публикаций по вопросам государственного технического учета жилищного фонда, хотя, надо сказать, это продиктовано вполне уважительной причиной: как можно писать о том, чего уже нет? В то же время понятие «технический паспорт помещения» по-прежнему не раз встречается в тексте главы 4 Жилищного кодекса РФ (далее — ЖК РФ)¹, а «учет жилищного фонда», «государственный учет жилищного фонда», включающий в себя техническую инвентаризацию и паспортизацию, входят в состав жилищных отношений как предмет жилищного законодательства (п. 5 ч. 1 ст. 4, ч. 5 ст. 9 ЖК РФ).

Анализ нововведений в правовом регулировании переустройства и перепланировки неотделим от исследования современного состояния государственного учета жилищного фонда. Такая связь позволит нам сделать выводы, которые, надеемся, будут полезными правоприменителю, но в большей степени — законодателю, если, конечно, он сочтет необходимым воспользоваться ими.

Материалы и методы. Методы, которыми мы будем пользоваться, традиционны для гуманитарных исследований. Наряду с базовым общенаучным диалектико-материалистическим методом, предполагающим изучение явления в его постоянном развитии, в работе будут широко использованы логические методы, а именно система приемов, позволяющих адекватно отражать объективную реальность и исследовать ее внутренние структурные связи: анализ и синтез, индукция и дедукция. Важную роль в системе применяемых логических методов занимают такие приемы, как классификация, обобщение, аналогия, сравнение (особенно при рассмотрении вопроса об отличиях перепланировки от реконструкции). Метод сравнения поможет нам установить отличительные черты правового регулирования отношений по переустройству и перепланировке до и после внесенных в ЖК РФ изменений. При помощи историко-правового метода будут рассмотрены вопросы государственного учета жилищного фонда и системы технической инвентаризации.

Метод моделирования в нашем случае будет использован для построения наиболее оптимальных путей урегулирования часто встречающихся на практике ситуаций, требующих упрощения и снятия излишних правовых ограничений. Структурно исследование построено следующим образом: сначала рассматриваются отдельные проблемные вопросы перепланировки, потом — переустройства. Сделанные в ходе исследования предложения по совершенствованию института переустройства и перепланировки группируются в завершающей части статьи в качестве выводов.

¹ Жилищный кодекс Российской Федерации. Кодекс Российской Федерации № 188-ФЗ от 29.12.2004. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102090645> (дата обращения: 10.03.2025).

Результаты исследования. Федеральным законом от 19.12.2023 г. № 608-ФЗ «О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации и Федеральный закон «О государственной регистрации недвижимости»², вступившим в силу с 1 апреля 2024 года, понятие перепланировки претерпело значительные изменения.

В предыдущей редакции ч. 2 ст. 25 ЖК РФ перепланировка помещения лаконично определялась как «изменение его конфигурации, требующее внесения изменения в технический паспорт помещения в многоквартирном доме».

Действующая редакция ч. 2 ст. 25 ЖК РФ многословна: «Перепланировка помещения в многоквартирном доме представляет собой изменение границ и (или) площади такого помещения и (или) образование новых помещений, в том числе в случаях, предусмотренных статьей 40 настоящего Кодекса, и (или) изменение его внутренней планировки (в том числе без изменения границ и (или) площади помещения). В результате перепланировки помещения также могут быть изменены границы и (или) площадь смежных помещений. Перепланировка влечет за собой необходимость внесения изменений в сведения Единого государственного реестра недвижимости о границах и (или) площади помещения (помещений) или осуществления государственного кадастрового учета образованных помещений и государственной регистрации права на образованные помещения». В свою очередь, упоминаемая в дефиниции статья 40 ЖК РФ говорит об объединении нескольких смежных помещений: теперь это частный случай перепланировки.

Оставляя в стороне вопрос о том, насколько удачно определять перепланировку помещения как «изменение его внутренней планировки» (через «масло масляное»), отметим следующее:

1. Законодатель по-прежнему не устранил серьезную оплошность, допущенную в далеком 2018 году, когда, сам того не подозревая, вывел такой объект жилищных прав, как жилой дом, из-под действия правил ЖК РФ о перепланировке и переустройстве.

Напомним, что Федеральный закон от 27.12.2018 г. № 558-ФЗ «О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации в части упорядочения норм, регулирующих переустройство и (или) перепланировку помещений в многоквартирном доме»³ заменил в нормах главы 4 ЖК РФ слова «жилых помещений» на слова «помещений в многоквартирном доме». Сделано это было с благой целью.

Согласно пояснительной записке к проекту данного федерального закона (номер законопроекта на сайте «Система обеспечения законодательной деятельности» 107661-7)⁴ законодатель хотел распространить правила о перепланировке и переустройстве на нежилые помещения в многоквартирном доме: «На данный момент существует законодательный пробел в правовом регулировании вопроса перепланировки нежилых помещений в многоквартирных домах, не отнесенных к общему имуществу в этих домах, что приводит к злоупотреблениям со стороны собственников нежилых помещений при проведении действий по их обустройству. Надзорные органы в ряде случаев не могут привлекать собственников нежилых помещений в многоквартирных домах, осуществляющих действия по незаконной перепланировке своих помещений, к ответственности и принимать иные меры, направленные на пресечение указанных действий».

Редакционная замена слов «жилые помещения» на слова «помещения в многоквартирном доме», с одной стороны, уравнила жилые и нежилые помещения в многоквартирном доме, но, с другой стороны, вывела из-под действия норм о перепланировке и переустройстве жилые дома, которые как вид объектов жилищных прав тоже являются жилыми помещениями!

Формально правила о перепланировке и переустройстве теперь к жилым домам не применяются. Распространение аналогии закона в данном случае неприемлемо, поскольку эти правила носят публично-правовой характер и тем самым не допускают ни расширительного толкования, ни применения их к объектам, прямо не указанным в законе. Возник серьезный правовой пробел: сегодня даже перевод жилого дома с печного отопления на газовое, что безусловно является переустройством и может быть сопряжено с перепланировкой, не подчиняется нормам главы 4 ЖК РФ. Можно привести массу примеров, когда собственники жилых домов заинтересованы в процедуре переустройства и перепланировки: изменение границ помещений в жилом доме; устройство или ликвидация оконных и дверных проемов; увеличение площади жилого дома; оснащение дома новыми видами благоустройства и многое другое. И если бы подобные действия всегда были безопасны, можно было бы согласиться с доб-

² О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации и Федеральный закон «О государственной регистрации недвижимости». Федеральный закон № 608-ФЗ от 19.12.2023. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_464790/ (дата обращения: 10.03.2025).

³ О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации в части упорядочения норм, регулирующих переустройство и (или) перепланировку помещений в многоквартирном доме. Федеральный закон от 27.12.2018 № 558-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314689/#dst100024 (дата обращения: 10.03.2025).

⁴ Проект федерального закона «О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации в части упорядочения норм, регулирующих переустройство и (или) перепланировку помещений в многоквартирном доме» №107661-7. URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/107661-7> (дата обращения: 10.03.2025).

ровольным обращением собственника жилого дома в Росреестр с заявлением об изменении характеристик объекта, но отсутствие минимального контроля со стороны согласовывающих переустройство и перепланировку органов местного самоуправления может обернуться как невинными злоупотреблениями со стороны собственников, так и серьезной бедой. Пока же органы исполнительной власти констатируют факт наличия правового пробела и дают не вполне внятные разъяснения. Так, в письме Минэкономразвития РФ от 22.04.2019 г. № ОГ-Д23-3767 говорится: «В отношении порядка проведения переустройства и (или) перепланировки иных помещений — нежилых или жилых, но расположенных не в многоквартирном доме, в Градостроительном, Жилищном кодексах отсутствует специальное регулирование»⁵.

Ввиду изложенного предлагаем распространить действие главы 4 ЖК РФ не только на помещения в многоквартирных домах, но и на жилые дома.

2. «Перепланировка влечет за собой необходимость внесения изменений в сведения Единого государственного реестра недвижимости (далее — ЕГРН) о границах и (или) площади помещения (помещений) или осуществления государственного кадастрового учета образованных помещений и государственной регистрации права на образованные помещения», — говорится в ч. 2 ст. 25 ЖК РФ.

Буквальное толкование приведенной нормы означает, что в ЕГРН подлежат внесению изменения только в следующих случаях:

- изменение границ и (или) площади помещений;
- образование новых помещений.

Так как перепланировка помещения возможна в том числе без изменения границ и (или) площади помещения, на что прямо указано в первом предложении ч. 2 ст. 25 ЖК РФ, обоснованно возникает вопрос о необходимости внесения изменений в ЕГРН в том случае, когда перепланировка не сопряжена с изменением такого значимого для ЕГРН параметра, как площадь или границы.

Например, перепланировка может состоять в устройстве дверного проема или арки в несущей перегородке, демонтаже дверей в кладовой с целью устройства ниши и т. п. действиях, не приводящих к изменению площади и границ помещения. Представляется логичным в данном случае моментом завершения перепланировки считать утверждение акта приемочной комиссии, как и при переустройстве, без дальнейшего направления документов в Росреестр.

Учитывая, что в ЕГРН не отражается даже количество комнат в помещениях, вполне возможно рассмотреть вариант полного изъятия из лоно норм о перепланировке любых действий, не затрагивающих несущие конструкции и не меняющих границы и площадь помещения. При этом целесообразно отразить в законе запрет на изменение проектной конфигурации вентиляционных каналов и дымоходов, вспомогательных помещений с газовым оборудованием, а также границ ванных комнат и туалетов (за исключением случая их совмещения или нахождения на этажах, под которыми отсутствуют жилые помещения).

Согласно одному из частных опросов, пусть и не очень репрезентативному, перепланировку хоть однажды делали не менее 40 % граждан⁶. Примерно такой порядок цифр указывают и риэлторы, анализируя свою практику оборота недвижимости⁷.

Думается, при предложенном нами подходе к перепланировке сфера применения законодательства о перепланировке сузится до случаев:

- изменение площади помещений при изменении их границ;
- образование новых помещений;
- использование несущих конструкций.

Это позволит снять финансовую и административную нагрузку на собственников помещений⁸ и судебную систему, упростит работу органов местного самоуправления и Росреестра.

3. Одной из проблем современного законодательства является недостаточно четкое разграничение понятий «перепланировка» и «реконструкция».

Определение реконструкции содержится в п. 14 ст. 1 Градостроительного кодекса РФ: «Реконструкция объектов капитального строительства — изменение параметров объекта капитального строительства, его частей (вы-

⁵ О документах, на основании которых подготавливается технический план помещения, объекта индивидуального жилищного строительства при перепланировке (реконструкции) в целях государственного кадастрового учета. Письмо Минэкономразвития РФ № ОГ-Д23-3767 от 22.04.2019 г. <https://base.garant.ru/400767521/> (дата обращения: 10.03.2025).

⁶ С 1 апреля вступят в силу новые правила перепланировки и регистрации недвижимости: что ждет жильцов. URL: https://vk.com/wall-24199209_20644244 (дата обращения: 11.03.2025).

⁷ Почти половина квартир в России — с перепланировками и переделками. URL: <https://sevastopol.su/news/pochti-polovina-kvartir-v-rossii-s-pereplanirovkami-i-peredelkami> (дата обращения: 11.03.2025).

⁸ Более 10 % покупателей квартир в новостройках сразу делают перепланировку. URL: <https://www.vedomosti.ru/realty/articles/2019/05/20/801931-novostroikah-pereplanirovku> (дата обращения: 11.03.2025).

соты, количества этажей, площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов»⁹.

Несложно заметить, что понятие реконструкции частично пересекается с понятием перепланировки, приведенным в ЖК РФ. Так, например, к реконструкции относится изменение параметров как в целом объекта капитального строительства, так и его частей, коими являются помещения в многоквартирном доме. К числу изменяемых в ходе реконструкции части здания параметров относятся, в том числе, площадь и объем. В литературе часто обращаются к проблематике разграничения указанных понятий [1–3].

Из формально-логического сравнения объема понятий «реконструкция» и «перепланировка» становится ясным, что перепланировка охватывает собой и реконструкцию, но не сводится к ней, имеет место частичное пересечение объема данных понятий.

В каком же случае действия собственника можно квалифицировать как перепланировку, а в каких — как реконструкцию?

Большой интерес в этой связи представляет Обзор судебной практики по спорам, связанным с реконструкцией, переустройством и перепланировкой помещений в многоквартирном доме, утвержденный Президиумом Верховного Суда РФ 13.12.2023 года¹⁰ (далее — Обзор).

К реконструкции в Обзоре отнесены, в частности, следующие случаи:

- возведение пристройки к квартире на первом этаже;
- оборудование отдельного входа путем разрушения части внешней стены дома;
- объединение нескольких квартир в одну;
- раздел квартиры на две отдельные;
- переустройство террасы технического этажа в помещение.

Известно, что Обзор был принят за год до изменения норм ЖК РФ. Это обстоятельство еще сильнее подчеркивает актуальность поиска нового подхода к разграничению понятий «реконструкция» и «перепланировка». Представляется правильным предложить следующее.

Поскольку понятие реконструкции, содержащееся в Градостроительном кодексе РФ, исключает из своего объема замену отдельных элементов несущих конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановление указанных элементов, то отдельные операции с несущими конструкциями, не затрагивающие их полный объем, в формальном смысле реконструкцией не являются.

Так, в свете нынешней редакции ст. 25 ЖК РФ, например, было бы неправильно квалифицировать устройство проема в несущей стене многоквартирного дома как реконструкцию, а не как перепланировку.

Верховный суд РФ в своем Обзоре однозначно высказывается за применение правового режима реконструкции к любым действиям с несущими конструкциями многоквартирного дома. Так, устройство дверного проема в несущей стене в целях оборудования отдельного входа в нежилое помещение, переведенное из жилого, влечет, по мнению суда, признание таких действий реконструкцией и необходимость получения разрешения на строительство в порядке ст. 51 Градостроительного кодекса РФ, так как п. 4 ст. 17 указанной статьи исключает необходимость получения разрешения на строительство только в том случае, если изменения объектов капитального строительства или их частей не затрагивают конструктивные и другие характеристики их надежности и безопасности. Вот как суд аргументирует свою позицию (пункт 4 Обзора): «Ввиду того, что устройство отдельного входа в помещение сопряжено с разрушением части стены многоквартирного дома и может затрагивать конструктивные и другие характеристики надежности и безопасности дома, такие работы возможны посредством проведения капитального ремонта или реконструкции многоквартирного дома, производство которых регулируется законодательством о градостроительной деятельности, в том числе применительно к вопросам архитектурно-строительного проектирования, государственной экспертизы проектной документации, выдачи разрешений на строительство и на ввод объекта в эксплуатацию».

В рассматриваемом случае собственником помещения от органов местного самоуправления было получено согласование перепланировки в порядке главы 4 ЖК РФ, но Верховный Суд РФ посчитал, что согласование проекта было недопустимым. Это при том, что как согласование перепланировки, так и выдачу разрешений на строительство выдают одни и те же органы местного самоуправления и, что вполне возможно, одни и те же должностные лица!

⁹ Градостроительный кодекс Российской Федерации. Кодекс Российской Федерации № 190-ФЗ от 29.12.2004 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 11.03.2025).

¹⁰ Обзор судебной практики по спорам, связанным с реконструкцией, переустройством и перепланировкой помещений в многоквартирном доме. Президиум Верховного Суда РФ 13.12.2023 года. URL: <https://www.vsrfr.ru/documents/all/33237/> (дата обращения: 11.03.2025).

По логике суда, любое затрагивание несущих конструкций в ходе перепланировки является недопустимым и подлежит регулированию нормами о реконструкции со всеми вытекающими последствиями, что во многом ограничивает сферу действия норм о перепланировке и практически парализует саму ее возможность (разработка проектной документации — экспертиза — разрешение на строительство — согласие всех собственников — выполнение реконструкции — разрешение на ввод в эксплуатацию).

В целях оптимизации процедур, устранения административных барьеров и излишних ограничений прав собственников помещений предлагаем относить к реконструкции только такое изменение внутренних параметров помещения в многоквартирном доме, которое сопровождается одновременным изменением внешних параметров этого дома (пристройка, надстройка и т.п.). В этом смысле мы солидарны с п. 3 указанного Обзора, где рассмотрен случай, когда лицо возвело пристройку к принадлежащей ему квартире, расположенной в многоквартирном доме, используя общую капитальную стену, а также выполнив устройство дверного проема за счет демонтажа части внешней стены данного дома под окном своей квартиры. По нашему мнению, суд справедливо указал, что «такими действиями изменены не только внутренние параметры (конфигурация) жилого помещения, но и произошло расширение всего объекта капитального строительства — многоквартирного дома (в частности, увеличилась его площадь)». Похожая ситуация описана и в пункте 8 Обзора, где речь идет о присоединении собственником части технического этажа и достройке еще одного этажа, что также меняет параметры всего многоквартирного дома в целом и безусловно должно квалифицироваться как реконструкция.

Полагаем, что в связи с изменением правового регулирования перепланировки очевидно произойдет и корректировка многих позиций Верховного Суда РФ, высказанных в Обзоре.

В целях упорядочения правового регулирования предлагаем полностью исключить из ЖК РФ упоминания о реконструкции помещений и общего имущества и применять понятие «реконструкция» только в отношении многоквартирного дома в целом.

Так, часть 3 статьи 36 ЖК РФ предлагаем изложить в следующей редакции:

«3. Уменьшение размера площади помещений, входящих в состав общего имущества в многоквартирном доме, возможно только с согласия всех собственников помещений в данном доме путем его реконструкции.»

Предлагаемая нами редакция нормы в практике назрела давно. Она, во-первых, исключит применение градостроительного законодательства к перепланировке, а во-вторых, сделает излишним получение 100 %-ного согласия собственников в случае любого, даже малозначительного, уменьшения размера общего имущества (который в правоприменительной практике понимается по-разному — объем, количество, площадь): замена полуметрового участка трубопровода, двух кирпичей на парапете и т.п.

Часть 2 статьи 40 ЖК РФ изложить в следующей редакции:

«2. Если реконструкция, переустройство и (или) перепланировка помещений невозможны без присоединения к ним части площади помещений, входящих в состав общего имущества в многоквартирном доме, на такие реконструкцию, переустройство и (или) перепланировку помещений должно быть получено согласие всех собственников помещений в многоквартирном доме».

Упоминание земельного участка в предлагаемой редакции нормы специально опущено, т. к. если перепланировка «вырвется» за границы существующего контура многоквартирного дома, она неизбежно будет квалифицирована как реконструкция. При необходимости вопросы пользования земельным участком могут быть решены заинтересованными лицами на общем собрании собственников, не требующем единогласного решения (п. 2 ч. 2 ст. 44 ЖК РФ — пределы использования земельного участка).

4. Из понятия перепланировки исчезло требование внесения изменения в технический паспорт помещения в многоквартирном доме. Это одна из новелл, требующая осмысления.

Как мы уже отмечали выше, понятие «технический паспорт помещения» неоднократно встречается в тексте главы 4 ЖК РФ, а «учет жилищного фонда», «государственный учет жилищного фонда», включающий в себя техническую инвентаризацию и паспортизацию, входят в состав жилищных отношений как предмет жилищного законодательства (п. 5 ч. 1 ст. 4, ч. 5 ст. 9 ЖК РФ).

В п. 4 ч. 2 ст. 26 ЖК РФ технический паспорт переустраиваемого и (или) перепланируемого помещения в многоквартирном доме указан в качестве одного из документов, представляемых заявителем в орган местного самоуправления для получения согласования на переустройство (перепланировку).

Согласно ч. 1 ст. 25 ЖК РФ переустройство помещения в многоквартирном доме представляет собой установку, замену или перенос инженерных сетей, санитарно-технического, электрического или другого оборудования, что требует внесения изменений в технический паспорт помещения в многоквартирном доме. Таким образом, из понятия переустройства упоминание о техническом паспорте никуда не исчезло.

Что же такое технический паспорт, каковы его правовой статус и значение для отношений по переустройству и перепланировке? Попробуем дать ответы на эти вопросы в настоящем разделе нашей публикации.

В соответствии с пунктами 3, 4 Положения о государственном учете жилищного фонда в Российской Федерации, утвержденном постановлением Правительства РФ от 13.10.1997 г. № 1301, государственный учет жилищного фонда в Российской Федерации включает в себя технический учет, официальный статистический учет и бухгалтерский учет¹¹.

Основу государственного учета жилищного фонда составляет технический учет, осуществляемый в порядке, установленном нормативными правовыми актами в сфере государственного технического учета и технической инвентаризации объектов капитального строительства.

Технический учет жилищного фонда возлагается на специализированные государственные и муниципальные организации технической инвентаризации — унитарные предприятия, службы, управления, центры, бюро (далее — БТИ).

Следующим по значимости документом в области технического учета является Инструкция о проведении учета жилищного фонда в Российской Федерации (утв. приказом Минземстроя РФ от 04.08.1998 г. № 37)¹². В ней содержится порядок проведения технической инвентаризации, составления технических паспортов, требования к их содержанию.

Легального определения технического паспорта законодательство не содержит, однако из анализа нормативного материала можно сделать вывод, что технический паспорт — это документ, фиксирующий результаты технической инвентаризации.

Указанная нами Инструкция в своих приложениях 11, 12, 13 приводит формы технических паспортов домовладения, здания (строения) и жилого помещения соответственно.

С первого взгляда, вроде бы не возникает проблем с правовой основой оформления технических паспортов, за исключением одного малозаметного, но существенного нюанса: в соответствии с ч. 8 ст. 47 Федерального закона «О кадастровой деятельности» (название в прежней редакции — «О государственном кадастре недвижимости») нормативно-правовые акты в сфере государственного технического учета и технической инвентаризации объектов капитального строительства применяются до 1 января 2013 года¹³.

О таком решении законодателя известно с 2009 года, когда данная норма впервые появилась в тексте закона. По всей видимости, заранее был запланирован временной люфт для реформирования государственного технического учета. Однако отведенные 3 года прошли непродуктивно. Более того, и на сегодняшний день можно смело заявлять о полном отсутствии системы государственного технического учета жилищного фонда, что периодически является предметом обсуждения в высоких кабинетах. Так, например, «круглый стол», проведенный 31 октября 2023 года в Совете Федерации Федерального Собрания РФ, с названием, говорящим само за себя, «О формировании системы технического учета жилищного фонда: проблемы и пути их решения», констатировал отсутствие системы технического учета жилищного фонда¹⁴. В рекомендациях «круглого стола» содержится ссылка на перечень мероприятий, направленных на формирование системы технического учета жилищного фонда, разработанный Минстроем РФ на период до 2029 года. Учитывая обычную чиновничью практику, раньше этого срока вряд ли стоит ожидать конкретных решений в сфере технического учета.

Имеется ли в настоящее время правовая основа для формирования технических паспортов, неоднократно упоминаемых Жилищным кодексом РФ?

Думается, что на этот вопрос надо ответить отрицательно. Норма ч. 8 ст. 47 Федерального закона «О кадастровой деятельности» о прекращении применения нормативно-правовых актов в сфере государственного технического учета и технической инвентаризации объектов капитального строительства с 1 января 2013 года является действующей.

Несмотря на отсутствие прямой отмены Положения о государственном учете жилищного фонда в Российской Федерации, утвержденного постановлением Правительства РФ от 13.10.1997 г. № 1301, и Инструкции о проведении учета жилищного фонда в Российской Федерации (утв. приказом Минземстроя РФ от 04.08.1998 г. № 37), указанные акты, без сомнения, должны считаться утратившими силу.

В свежем письме Минстроя РФ от 20.08.2024 № 47894-АФ/04 наше мнение находит поддержку: «...функцию по государственному техническому учету и (или) технической инвентаризации органы БТИ утратили... Учитыва-

¹¹ О государственном учете жилищного фонда в Российской Федерации. Постановление Правительства РФ № 1301 от 13.10.1997 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9049996?ysclid=m7eoybt1ia410823836> (дата обращения: 11.03.2025).

¹² Об утверждении Инструкции о проведении учета жилищного фонда в Российской Федерации. Приказ Минземстроя РФ № 37 от 04.08.1998 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901739482> (дата обращения: 11.03.2025).

¹³ О кадастровой деятельности. Федеральный закон № 221-ФЗ от 24.07.2007 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_70088/?ysclid=m8a3m2i7tm262917606 (дата обращения: 11.03.2025).

¹⁴ Рекомендации «круглого стола» на тему: «О формировании системы технического учета жилищного фонда: проблемы и пути их решения». Утверждены на заседании Комитета Совета Федерации по федеративному устройству, региональной политике, местному самоуправлению и делам Севера (протокол № 320 от 20.11.2023 г.). URL: <http://council.gov.ru/activity/activities/roundtables/150380/> (дата обращения: 12.03.2025).

вая изложенное, с 1 января 2013 г. постановление № 1301 не используется в целях осуществления государственного кадастрового учета объектов недвижимости, проведение технической инвентаризации и изготовление технических паспортов таких объектов недвижимости не предусмотрено действующим законодательством»¹⁵. В литературе неоднократно подчеркивается важность возобновления работы стройного механизма государственного технического учета и технической инвентаризации [4, 5].

Тем не менее, и по сей день уже бывшие государственные и муниципальные предприятия технической инвентаризации, реорганизованные с 2025 года в организации, основанные на частной собственности, продолжают пользоваться указанными нами выше нормативными актами. Вывод о том, что нормативные акты в сфере государственного технического учета продолжают действовать, содержится в учебной литературе и некоторых публикациях [6, 7].

Практиков из системы БТИ, переживших слом системы технического учета, понять можно: технические паспорта по-прежнему востребованы, а в нормативно-правовом смысле исполнителям просто не за что ухватиться. А теоретиков, «оживляющих» мертвые документы, понять сложно [8].

В данном случае приходит на ум аналогия с Гражданским кодексом РФ, в котором до сих пор содержатся нормы об обязательной государственной регистрации сделок с недвижимым имуществом, отмененные еще 1 марта 2013 года Федеральным законом от 30.12.2012 г. № 302-ФЗ «О внесении изменений в главы 1, 2, 3 и 4 части первой Гражданского кодекса Российской Федерации»¹⁶. Пункт 3 статьи 574 Гражданского кодекса РФ, более 10 лет содержавший недействующую норму о государственной регистрации договора дарения недвижимого имущества, был отредактирован только в конце 2024 года, и то в связи с необходимостью установления нотариального удостоверения таких сделок¹⁷.

Ни одного действующего нормативного акта в сфере государственного технического учета жилищного фонда и технической инвентаризации на сегодняшний день не имеется. Хотя, надо отметить, законодателем выбрано отнюдь не лучшее с точки зрения юридической техники решение об отмене таких нормативных актов.

В свете последних новелл жилищного законодательства по итогам перепланировки теперь исключена необходимость внесения изменений в технический паспорт помещения. Вместо этого составляется и передается в Росреестр новый технический план помещений [9].

Напомним, что в соответствии с ч. 1. ст. 24 Федерального закона от 13.07.2015 г. № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» технический план представляет собой документ, в котором воспроизведены определенные сведения, внесенные в Единый государственный реестр недвижимости, и указаны сведения о здании, сооружении, помещении, машино-месте, объекте незавершенного строительства или едином недвижимом комплексе, необходимые для государственного кадастрового учета такого объекта недвижимости.

Таким образом, технический план — это документ государственного кадастрового учета, по своей роли и составу не повторяющий технический паспорт.

Его составление при перепланировке имеет смысл только тогда, когда меняются характеристики помещения, существенные с точки зрения государственного кадастрового учета. Именно поэтому выше мы вносили предложение не считать перепланировкой любые действия, не затрагивающие несущие конструкции и не меняющих границы и площадь помещения.

Сформулируем вывод, сделанный нами по итогам анализа основных и дополнительных сведений об объекте недвижимости, приводимых в кадастре недвижимости (ст. 8 Федерального закона «О государственной регистрации недвижимости»), а также Требований к подготовке технического плана (приказ Росреестра от 15.03.2022 г. № П/0082¹⁸), Требований к определению площади здания, строения, сооружения, помещения, машино-места (приказ Росреестра от 23.10.2020 г. № П/0393¹⁹): применительно к перепланировке технический план интересуют

¹⁵ О разъяснении положений законодательства, регулирующего государственный учет жилищного фонда в Российской Федерации. Письмо Минстроя РФ № 47894-АФ/04 от 20.08.2024 г. URL: https://rulaws.ru/acts/Pismo-Minstroya-Rossii-ot-20.08.2024-N-47894-AF_04/ (дата обращения: 12.03.2025).

¹⁶ О внесении изменений в главы 1, 2, 3 и 4 части первой Гражданского кодекса Российской Федерации. Федеральный закон № 302-ФЗ от 30.12.2012 г. URL: <https://base.garant.ru/70291432/> (дата обращения: 12.03.2025).

¹⁷ О внесении изменения в статью 574 части второй Гражданского кодекса Российской Федерации. Федеральный закон № 459-ФЗ от 13.12.2024 г. URL: <https://ivo.garant.ru/#/document/411108286/paragraph/1/doclist/3634/2/0/0/гражданский%20кодекс%20рф%20часть%202:4> (дата обращения: 12.03.2025).

¹⁸ Об установлении формы технического плана, требований к его подготовке и состава содержащихся в нем сведений. Приказ Росреестра № П/0082 от 15.03.2022 г. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403720102/> (дата обращения: 13.03.2025).

¹⁹ Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места. Приказ Росреестра № П/0393 от 23.10.2020 г. URL: <https://base.garant.ru/74912016/f7ee959fd36b5699076b35abf4f52c5c/> (дата обращения: 13.03.2025).

только площадь помещения, расположение оконных и дверных проемов по наружному периметру стен, а также внутренних стен (перегородок), местоположение помещений.

Остальные характеристики помещения, измененные при перепланировке, кадастру недвижимости и техническому плану безразличны.

В целом, подобный упрощенный подход следует признать вполне полезным.

Роль технического паспорта в свете реформы законодательства о перепланировке сведена к документу, предоставляемому в органы местного самоуправления на этапе подачи заявления о согласовании перепланировки и носящему информационный характер. Ведь, не имея технического паспорта, органам местного самоуправления не с чем будет сравнить текущее и проектное состояние помещения.

Однако, учитывая отсутствие с 2013 года нормативно-правовой базы для составления технических паспортов, а также либеральные требования к содержанию технического плана, предлагаем п. 4 ч. 2 и п. 2 ч. 2 ст. 26 ЖК РФ (перечень документов, предоставляемых заявителем для переустройства (перепланировки)) изложить в следующей редакции: «технический паспорт (технический план) переустраиваемого и (или) перепланируемого помещения в многоквартирном доме». Реализация предложения позволит при подаче заявления использовать и технические паспорта, составленные до 01.01.2013, и современные технические планы.

До сих пор в поле нашего зрения были положения законодательства о перепланировке. Перейдем к заметкам о переустройстве.

Правовое регулирование переустройства изменений не претерпело. По-прежнему под переустройством понимается установка, замена или перенос инженерных сетей, санитарно-технического, электрического или другого оборудования, требующие внесения изменений в технический паспорт помещения в многоквартирном доме (ч. 1 ст. 25 ЖК РФ).

То, что сказано нами выше, вполне применимо и в отношении переустройства, но с учетом специфики этого института. Здесь технический паспорт фигурирует и в перечне документов, направляемых заявителем для получения согласования, и как документ, в который по итогам переустройства должны быть внесены изменения.

Отметим, что нормы главы 4 ЖК РФ сформулированы таким образом, что факт внесения изменений в технический паспорт в результате проведенного переустройства никак не отслеживается. В соответствии с ч. 3 ст. 28 ЖК РФ переустройство помещения в многоквартирном доме считается завершенным со дня утверждения акта приемочной комиссии. При этом закон не содержит обязанности заявителя представить приемочной комиссии обновленный технический паспорт, отражающий результаты проведенного переустройства, что, по нашему мнению, должно быть исправлено.

Рассуждая о переустройстве, мы снова вынуждены обращаться к техническому паспорту как «живому» документу.

Из определения понятия переустройства следует, что оно требует внесения изменений в технический паспорт. Для уяснения сущности переустройства нам необходимо исследовать вопрос о том, какие же изменения подлежат отражению в техническом паспорте. Это, в свою очередь, предполагает ответ на вопрос о том, что вообще содержится в техническом паспорте. Ведь только узнав о его содержании, мы поймем, что конкретно может затронуть переустройство.

Для этого обратимся к Инструкции о проведении учета жилищного фонда в РФ (приказ Минземстроя от 04.08.1998 г. № 37) — другого выхода у нас нет.

Так, например, согласно п. 3.16 указанной Инструкции на поэтажном плане вычерчиваются:

- печи, кухонные очаги;
- приямки, загрузочные люки, лазы подвалов и цокольных этажей;
- котлы отопления и т.п.;
- санитарно-техническое и пожарное оборудование (водопроводные краны, раковины, ванны, унитазы, газовые и электрические плиты и пр.).

Трубопроводы холодной и горячей воды, канализации, отопления, газа и т.п., а также радиаторы центрального отопления на поэтажных планах не показываются.

Согласно п. 3.19 указанной Инструкции «на поэтажных планах отражаются отопительные приборы, вентиляционные приборы, вентиляционные каналы (если они сделаны не в стене), ванны, унитазы, раковины, умывальники и т.д.»

В связи с указанием в п. 3.19 Инструкции отопительных приборов, не вполне понятно, о каких приборах идет речь, так как в п. 3.16 указано, что радиаторы не показываются. По всей видимости, имеются в виду котлы, колонки и т. п. приборы, так как практика составления технических паспортов всегда шла по пути невнесения в них

мест расположения радиаторов и т. п. отопительных приборов, понимаемых в классическом значении ГОСТ 31311-2022 «Приборы отопительные»²⁰.

Следующую группу сведений, которая подлежит отражению в техническом паспорте, находим в Параметрах технического описания основных конструктивных элементов здания (приложение 2 к указанной Инструкции), а также в формах технического паспорта (приложения 11, 12, 13 к указанной Инструкции). Используя легальное понятие переустройства, мы выбрали из них сведения о тех объектах, с которыми можно провести такие операции, как «установка, замена или перенос инженерных сетей, санитарно-технического, электрического или другого оборудования»:

- отопительные печи и кухонные очаги — наличие и площадь облицовки изразцами, штукатурка, разновидность очага (газовый, электрический, на твердом топливе);
- отопление — источник поступления тепла: ТЭЦ; промышленная котельная; квартальная, групповая или местная котельная; АГВ; индивидуальный котел заводского изготовления или котел, вмонтированный в отопительную печь;
- электроосвещение — проводка открытая или скрытая;
- газоснабжение — сетевой (природный) или баллонный газ;
- водопровод — от городской центральной сети или местного источника;
- канализация — сброс в городскую сеть или местный отстойник;
- ванны — чугунные, стальные, пластиковые и т. п.;
- горячее водоснабжение — централизованное или от местных водонагревателей.

Вот, пожалуй, почти полный список того, что может затрагиваться при переустройстве и, соответственно, влечет необходимость внесения изменений в технический паспорт.

Как видим, даже перенос радиаторов отопления и других видов отопительных приборов, а также перенос трубопроводов инженерных систем в строгом смысле не относится к переустройству, если буквально толковать его легальное определение.

В литературе справедливо отмечается, что «в ЖК РФ отсутствует достаточная информация о видах работ, которые относятся к переустройству и перепланировке, что, в свою очередь, делает данные категории оценочными и создает дополнительные трудности для правоприменительной практики» [10].

Изложенное свидетельствует о наличии проблем с формальной квалификацией отдельных действий в качестве переустройства, а в условиях паралича нормативной базы технической инвентаризации — о прямой невозможности отнесения тех или иных работ к переустройству.

В качестве выхода из сложившейся ситуации предлагаем следующее:

1. Определить в главе 4 ЖК РФ понятие переустройства помещения в многоквартирном доме и жилого дома как «установку, замену или перенос инженерных сетей, санитарно-технического, электрического или другого оборудования, определенные нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере жилищно-коммунального хозяйства», исключив необходимость внесения изменений в технический паспорт.

2. Перечень случаев переустройства считаем необходимым установить на федеральном уровне в целях формирования единообразного подхода к решению вопросов переустройства на всей территории РФ. За основу можно взять опыт нормативного регулирования отношений переустройства в городе Москва, который при спорности отдельных его моментов в целом может быть оценен положительно. Так, в постановлении Правительства Москвы от 25.10.2011 г. № 508-ПП «Об организации переустройства и (или) перепланировки помещений в многоквартирных домах»²¹ сделана попытка обобщить опыт переустройства и привести перечень случаев, подпадающих под данное понятие.

3. Считать моментом завершения переустройства утверждение акта приемочной комиссии, однако обязать органы местного самоуправления направлять акт и проект переустройства в Росреестр для проставления отметки в ЕГРН о проведенном переустройстве, для чего необходимо внести соответствующие изменения в Федеральный закон «О государственной регистрации недвижимости» и ведомственные акты Росреестра.

Обсуждение и заключение. Подводя краткие итоги нашего исследования, отметим, что применение категорий «переустройство» и «перепланировка» осложняется отсутствием системы государственного технического

²⁰ ГОСТ 31311-2022 «Приборы отопительные». URL: <https://gostassistant.ru/doc/8515d4f8-cbd3-412a-96f9-bbc8ebb180fe> (дата обращения: 14.03.2025).

²¹ Об организации переустройства и (или) перепланировки помещений в многоквартирных домах. Постановление Правительства Москвы № 508-ПП от 25.10.2011 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/537907820?marker=7D20K3> (дата обращения: 13.03.2025).

учета и технической инвентаризации жилищного фонда, в связи с чем нами предложен ряд практических решений, необходимых к принятию до восстановления данной системы. Кроме того, предлагаем:

1. Распространить действие главы 4 ЖК РФ не только на помещения в многоквартирных домах, но и на жилые дома.
2. Рассмотреть вариант полного изъятия из-под правового регулирования отношений по перепланировке любых действий, не затрагивающих несущие конструкции и не меняющих границы и площадь помещения.
3. Относить к реконструкции только такое изменение внутренних параметров помещения в многоквартирном доме, которое сопровождается одновременным изменением внешних параметров этого дома (пристройка, надстройка и т.п.). Применять понятие реконструкции только в отношении многоквартирного дома в целом.
4. При правовом регулировании переустройства предлагаем отказаться от использования технического паспорта и установить перечень случаев, подпадающих под понятие «переустройство», на федеральном уровне.

Список литературы/References

1. Смирнова И.А. К вопросу о соотношении понятий «перепланировка», «переустройство», «переоборудование», «реконструкция», «модернизация» жилых помещений и трудности правоприменительной практики. В: *Сборник материалов Международной научно-практической студенческой конференции памяти доцента С.В. Николюкина «Актуальные проблемы частного права»*. Москва: Издательство РГУП; 2022. С. 971–976.
Smirnova IA On the Question of the Relationship between the Concepts "Redevelopment", "Reconstruction", "Re-equipment", "Modernization" of Residential Premises and the Difficulties of Law Enforcement. *Proceedings of the International Scientific and Practical Student Conference in Memory of Associate Professor S.V. Nikolyukin "Relevant Problems of Private Law"*. Moscow: Publishing House of the Russian State University of Justice; 2022. P. 971–976. (In Russ.)
2. Ющенко Н.А., Гуляев А.Д. Самовольное изменение недвижимого имущества в Российской Федерации (переустройство, перепланировка, ре-конструкция, смена функционального назначения). *Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация*. 2020;2(85):135–144. URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F_2083739504/ SETS. 2 85 .2020.gotov.pdf (дата обращения: 22.03.2025).
Yushchenko NA, Gulyaev AD Unauthorized Modification of Real Estate in the Russian Federation (Reconstruction, Redevelopment, Change of a Functional Purpose). *Socio-Economic and Technological Systems: Research, Design, Optimization*. 2020;2(85):135–144. (In Russ.) URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F_2083739504/ SETS. 2 85 .2020.gotov.pdf (accessed: 22.07.2025)
3. Овчинников Д.Г. Правовое регулирование перепланировки и переустройства жилых помещений в многоквартирных домах: проблемы и перспективы. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 2024;6–1(93):104–107. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-6-1-104-107>
Ovchinnikov DG Legal Regulation of Redevelopment and Reconstruction of Residential Premises in Apartment Buildings: Problems and Prospects. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2024;6–1(93):104–107. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-6-1-104-107>
4. Дурандина О.А. Совершенствование системы государственного учета и технической инвентаризации объектов недвижимости: региональный аспект. *Заметки ученого*. 2023;7:334–340.
Durandina OA Improving the System of State Accounting and Technological Inventory of Real Estate Objects: a Regional Aspect. *Scientist's Notes*. 2023;7:334–340 (In Russ.).
5. Булатова З.А., Заманова Н.А. Необходимость усовершенствования процедуры государственного технического учета и технической инвентаризации объектов недвижимости. *Современные исследования*. 2018;6(10):16–18.
Bulatova ZA, Zamanova NA Need to Improve the Procedure of State Technological Accounting and Technological Inventory of Real Estate. *Modern Research*. 2018;6(10):16–18 (In Russ.).
6. Богданова Е.В. *Жилищное право*. Москва: Проспект; 2022. 176 с.
Bogdanova EV *Housing Law*. Moscow: Prospekt; 2022. 176 p. (In Russ.).
7. Масленникова Л.В., Саросек А.П. Государственный технический учет жилых помещений: история и современное законодательство. *Научный журнал КубГАУ*. 2014;100. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvennyy-tehnicheskyy-uchet-zhilyh-pomescheniy-istoriya-i-sovremennoe-zakonodatelstvo> (дата обращения: 22.03.2025).
Maslennikova LV, Sarosek AP The State Technological Accounting of Accommodations: History and Contemporary Legislation. *Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2014;100. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvennyy-tehnicheskyy-uchet-zhilyh-pomescheniy-istoriya-i-sovremennoe-zakonodatelstvo> (accessed: 22.03.2025)
8. Саманишвили Т.М. Необходимость усовершенствования процедуры государственного технического учета и технической инвентаризации объектов недвижимости. *Молодой ученый*. 2017;51(185):85–88. URL: <https://moluch.ru/archive/185/47419/> (дата обращения: 22.03.2025).

Samanishvili TM Need to Improve the Procedure of State Technical Accounting and Technical Inventory of Real Estate. *Young Scientist*. 2017;51(185):85-88. (In Russ.) URL: <https://moluch.ru/archive/185/47419/> (accessed: 22.03.2025)

9. Затолокина Н.М., Калугин А.С. Техническая инвентаризация объектов недвижимости. *Вектор ГеоНаук*, 2021;4(2):13–18. <https://doi.org/10.24412/2619-0761-2021-2-13-18>

Zatolokina NM, Kalugin AS Technical Inventory of Real Estate Objects. *Vector of Geosciences*, 2021;4(2):13–18. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2619-0761-2021-2-13-18>

10. Кудник Е.А. Проблемы правоприменительной практики при самовольном переустройстве и перепланировке жилых помещений. *Вопросы российской юстиции*. 2024;31. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-pravoprimenitelnoy-praktiki-pri-samovolnom-pereustroytve-i-pereplanirovke-zhilyh-pomescheniy> (дата обращения: 22.03.2025).

Kudnik EA Problems of Law Enforcement Practice in Unauthorized Reconstruction and Redevelopment of Residential Premises. *Problems of Russian Justice*. 2024;31. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-pravoprimenitelnoy-praktiki-pri-samovolnom-pereustroytve-i-pereplanirovke-zhilyh-pomescheniy> (accessed: 22.03.2025)

Об авторе:

Былков Валерий Владимирович, кандидат юридических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доцент кафедры гражданского права юридического факультета Южного федерального университета (344006, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105), [ORCID](#), byval7895@rambler.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Valeriy V. Bylkov, Cand.Sci. (Law), Associate Professor, Department of Urban Construction and Economics, Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), Associate Professor, Department of Civil Law, Faculty of Law, Southern Federal University (105 B. Sadovaya Str., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation), [ORCID](#), byval7895@rambler.ru

Conflict of interest statement: the author does not have any conflict of interest.

The author has read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 09.04.2025

Поступила после рецензирования / Revised 27.04.2025

Принята к публикации / Accepted 20.05.2025

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

LIFE CYCLE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION FACILITIES



УДК 004.9




Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-56-64>

Создание инструмента для преобразования цифровых требований при выгрузке цифровых информационных моделей в формате IFC



EDN: SCOKJT

Н.С. Сысолов¹  , Ю.Э. Чмир¹ , А.В. Шило² 

¹ Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск, Российская Федерация

² Центр государственной экспертизы, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

 nikita.sisolov@gmail.com

Аннотация

Введение. Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) используют цифровые информационные модели (ЦИМ) в зависимости от задач проекта. Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации № 614 ч. 7 п. Д. применение технологий информационного моделирования (ТИМ) не всегда подразумевает формирование ЦИМ. Однако процесс соответствия атрибутивных данных ЦИМ требованиям заказчика или экспертизы остается трудоемким и подверженным техническим ошибкам. Актуальность исследования обусловлена необходимостью автоматизации сопоставления параметров в ЦИМ с требованиями технического задания, что позволит сократить временные затраты и повысить качество выгрузки модели. Исследование затрагивает проблему отсутствия инструментов для автоматизированного сопоставления параметров на основе машиночитаемых требований. Цель работы — разработка приложения, обеспечивающего программное сопоставление атрибутивных данных ЦИМ согласно требованиям технического задания.

Материалы и методы. Программное решение разрабатывается для разнообразных САПР систем, таких как Renga Professional, CADLib «Модель и Архив», Autodesk Revit. В статье будут рассмотрены методы формирования файлов сопоставления параметров именно для Renga Professional. В процессе выполнения работы было использовано следующее программное обеспечение (ПО): Renga Professional, Visual Studio Code, BimVision. Для разработки приложения и алгоритмов применялся язык программирования Python со следующими библиотеками: PyQt6, openpyxl, et_xmlfile.

Результаты исследования. Разработано программное решение, позволяющее автоматически сопоставлять атрибутивные данные ЦИМ с заданными на основе машиночитаемых требований. Приложение обеспечивает преобразование машиночитаемых требований в машиночитаемый файл сопоставления атрибутивных данных ЦИМ. Тестирование показало сокращение времени создания файлов сопоставления параметров по сравнению с ручным формированием файлов. Разработанный инструмент обладает гибкостью внедрения и позволяет как загрузить существующие требования, так и создать собственные и использовать их при выгрузке модели.




Обсуждение и заключение. Реализованное приложение обладает высокой практической значимостью для инвестиционно-строительного проекта, где при формировании ЦИМ в соответствии с действующими нормативными актами необходимо использовать открытый стандарт для формата представления данных — Industry Foundation Classes (IFC). Приложение позволяет минимизировать рутинные операции при формировании ЦИМ из проприетарного формата в формат IFC. Перспективы исследования включают расширение функционала для работы с дополнительными форматами данных и интеграцию с другими BIM-платформами. Результаты работы вносят вклад в развитие методов автоматизированной обработки требований к ЦИМ.

Ключевые слова: автоматизированное сопоставление, мапирование, сопоставление параметров, Python, машиночитаемые требования, IFC, IDS

Для цитирования. Сысолов Н.С., Чмир Ю.Э., Шило А.В. Создание инструмента для преобразования цифровых требований при выгрузке цифровых информационных моделей в формате IFC. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(3):56–64. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-56-64>

Original Empirical Research

Creating a Tool for Transforming Digital Requirements when Uploading Digital Information Models in IFC Format

Nikita S. Sysolov¹ , Yulia E. Chmir¹ , Alexander V. Shilo² 

¹ Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russian Federation

² Center for State Expert Evaluation, Saint Petersburg, Russian Federation

✉ nikita.sisolov@gmail.com

Abstract

Introduction. Modern computer-aided design (CAD) systems make use of digital information models (DIM) depending on the aims of a project. According to the Decree of the Government of the Russian Federation No. 614, Section 7, Subsection D, the use of information modeling technologies (IMT) does not always imply designing a DIM. However, making sure DIM attribute data are in compliance with a customer's requirements or those of expert evaluation remains time-consuming and prone to technical errors. The relevance of the study is due to the need automated DIM parameter matching based on the technical specification requirements, which would reduce time costs and improve the quality of uploading the model. The study looks into the problem of the lack of tools for automated parameter matching based on machine-readable requirements. The aim of the study is to develop an application providing programmatic comparison of CIM attribute data in compliance with the technical specification requirements.

Materials and Methods. The software solution is being developed for a range of CAD systems, such as Renga Professional, CADLib "Model and Archive", Autodesk Revit. The article examines methods for generating parameter matching files specifically for Renga Professional. Throughout the study the following software was used: Renga Professional, Visual Studio Code, BimVision. In order to develop the application and algorithms, the Python programming language was used with the following libraries: PyQt6, openpyxl, et_xmlfile.

Research Results. A software solution has been developed that enables one to automatically match the DIM attribute data with the specified ones based on machine-readable requirements. The application provides the conversion of machine-readable requirements into a machine-readable DIM attribute data mapping file. Testing has shown a reduction in the time required to create parameter matching files in comparison with manual file generation. The resulting tool has the flexibility of implementation allowing one to upload existing requirements, as well as create one's own and use them while uploading a model.

Discussion and Conclusion. From a practical standpoint the resulting application is highly significant for an investment and construction project, where, while designing a DIM in compliance with the current regulations, it is necessary to make use of an open standard for the data presentation format - Industry Foundation Classes (IFC). The application allows one to minimize routine operations while designing a DIM from a proprietary format into the IFC format. The research is promising as its future directions include expanding the functionality to be able to work with additional data formats and integration with other BIM platforms. The research results contribute to the development of methods for automated processing of DIM requirements.

Keywords: automated mapping, mapping, parameter matching, Python, machine-readable requirements, IFC, IDS

For citation. Sysolov NS, Chmir YuE, Shilo AV Creating A Tool for Transforming Digital Requirements when Uploading Digital Information Models in IFC Format. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(3):56–64. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-56-64>

Введение. Современные системы автоматического проектирования (САПР) [1] играют ключевую роль в создании и ведении цифровой информационной модели (ЦИМ) [2] на стадиях жизненного цикла объекта строительства [3]. Разработка различных методов автоматизации и оптимизации помогает сократить временные затраты на рутинные операции, повысить качество выполняемого проекта и минимизировать фактор человеческой ошибки. Актуальность исследования обусловлена растущей сложностью проектов, требующих высокого качества их выполнения, а также необходимостью соответствия всех компонентов ЦИМ нормативным стандартам, техническому заданию (ТЗ) и требованиям экспертизы.

Научная проблема заключается в отсутствии автоматизированных решений сопоставления параметров в ЦИМ при выгрузке. Различные САПР-системы, такие как Autodesk Revit, Renga Professional, Model Studio «Строительные решения» и т.п. предоставляют только методы ручной настройки правил сопоставления параметров, что сказывается на временных, а в последствии и финансовых затратах. В САПР-системах от компании CSoft существуют упрощенные методы сопоставления параметров на основе таблицы всех существующих атрибутивных параметров модели, но выборка необходимых остается частью ручной работы. Готовые решения по автоматизации преобразования машиночитаемых требований в машиночитаемые файлы для сопоставления атрибутивных данных в ЦИМ отсутствуют.

Целью исследования является создание готового продукта для автоматизации параметров на основе машиночитаемых требований, предоставленных заказчиком или экспертизой в техническом задании. Для достижения цели решаются следующие задачи:

1. Анализ структуры машиночитаемых требований к ЦИМ.
2. Разработка алгоритмов сбора данных из машиночитаемых требований.
3. Разработка алгоритмов формирования файлов сопоставления параметров под различные САПР-системы.
4. Тестирование алгоритмов на корректность сбора данных и формирование файлов.

Новизна исследования заключается в создании алгоритмов обработки машиночитаемых требований к ЦИМ и дальнейшем формировании на основе собранных сведений файлов сопоставления атрибутивных данных как для отечественного программного обеспечения, так и для иностранного ПО в едином программном решении.

Материалы и методы. Объектом исследования выступали цифровые информационные модели, формирующиеся на этапе жизненного цикла здания «Проектирование» (таблица 1) согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 17.05.2024 № 614 ч. 7 п. Д. [4]. Для этого использовались следующие программные решения:

1. BimVision — программный комплекс для просмотра выгруженных ЦИМ в формате IFC.
2. Renga Professional — отечественная BIM-система для комплексного проектирования зданий и выгрузки ЦИМ в IFC.
3. Visual Studio Code — среда разработки, в которой осуществлялось написание программного кода и отладка алгоритмов.

Таблица 1

Практическая значимость разрабатываемого инструмента в жизненном цикле объекта

ЭТАПЫ		СТАДИИ	ФАЗЫ
Формирование целевых тэп		ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТА	ПРЕДИНВЕСТИЦИОННАЯ
Определение бюджета проекта			
Юридические документы		ОФОРМЛЕНИЕ ПРАВООУСТАНАВЛИВАЮЩИХ ДОКУМЕНТОВ	
Технические условия		ИНВЕСТИЦИОННАЯ	
Разработка концептуального проекта			
Формирование бюджета			
Финансирование части работ по проекту		ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ	ИНВЕСТИЦИОННАЯ
Проведение инженерных изысканий		ПРОЕКТИРОВАНИЕ	
Разработка проектной документации			
Экспертиза проектной документации		ТЕНДЕРНАЯ	
Детализация проектных решений			
Детализация сметной стоимости проекта			
Формирование целевых тепловых энергетических		СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ	
Начало СМР			
Выполнение СМР			
Финансирование СМР		СДАЧА ОБЪЕКТА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ	
Ввод объекта в эксплуатацию			
Финансирование СМР			
Заккрытие документов		ЭКСПЛУАТАЦИЯ	ПОСТИНВЕСТИЦИОННАЯ
Эксплуатация			
Эксплуатация		СНОС	

Языком программирования был выбран Python за счет своей гибкости к различным задачам и поддержки большого количества библиотек. Основные библиотеки, используемые в проекте, это:

1. PyQt6 — библиотека для создания графического интерфейса пользователя (GUI).
2. Openpyxl — инструмент, позволяющий работать с Excel-файлами.
3. Et_xmlfile — инструмент для работы с XML-данными.

Разработка приложения велась с опорой на современные парадигмы программирования [5]. В основу всего программного кода лег подход объектно-ориентированного программирования (ООП) [6] (рис. 2), позволяющего структурировать код в виде классов на основе их методов и логики обработки данных. За реализацию графического интерфейса применена событийно-ориентированная модель [7], характерная для библиотеки PyQt6 (рис. 3). Это позволило связать действия пользователя с соответствующими методами классов через механизм сигналов и слотов.

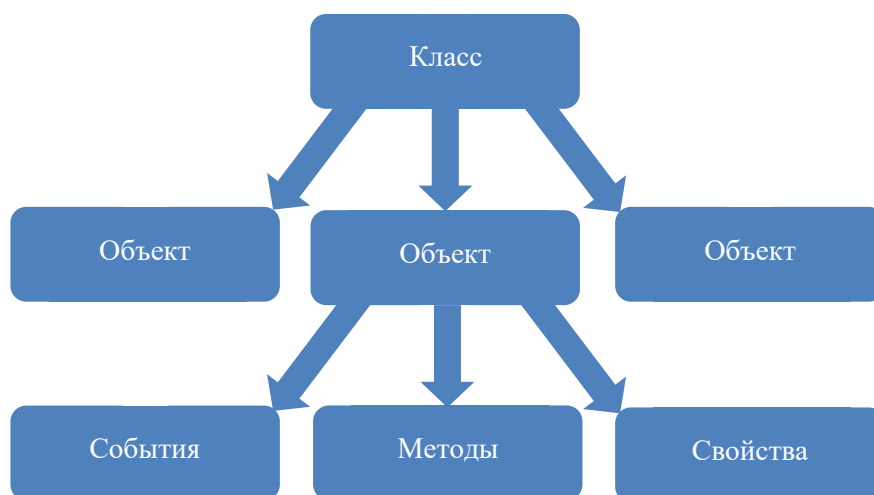


Рис. 2. Схема представления ООП



Рис. 3. Схема представления событийно-ориентированной модели

Основным материалом исследования является машиночитаемый формат требований заполнения атрибутивными данными ЦИМ — IDS-файл. Используя алгоритмы обработки и выборки данных, именно из IDS-файла и извлекается вся необходимая информация о требованиях к цифровой информационной модели. В дальнейшем с помощью алгоритмов и формируется файл сопоставления параметров на основе выборок из IDS-файла.

Результаты исследования. Данное исследование позволило разработать программное решение, решающее проблему автоматизации сопоставления параметров цифровых информационных моделей в соответствии с машиночитаемыми требованиями технического задания. В процессе анализа жизненного цикла здания и рассмотрения этапа, на котором формируется цифровая информационная модель, были рассмотрены различные ошибки, выявляющиеся при сверке ЦИМ с требованиями экспертизы. Одна из наиболее частых ошибок — неправильное сопоставления параметров ЦИМ в проприетарном формате при выгрузке модели в международный формат Industry Foundation Classes (IFC) [8]. IFC — это стандарт, разработанный buildingSMART International, созданный для обмена информацией между участниками строительного процесса. IFC-модель представляет собой совокупность геометрической модели в проприетарном формате и атрибутивных данных этой модели (рис. 4).

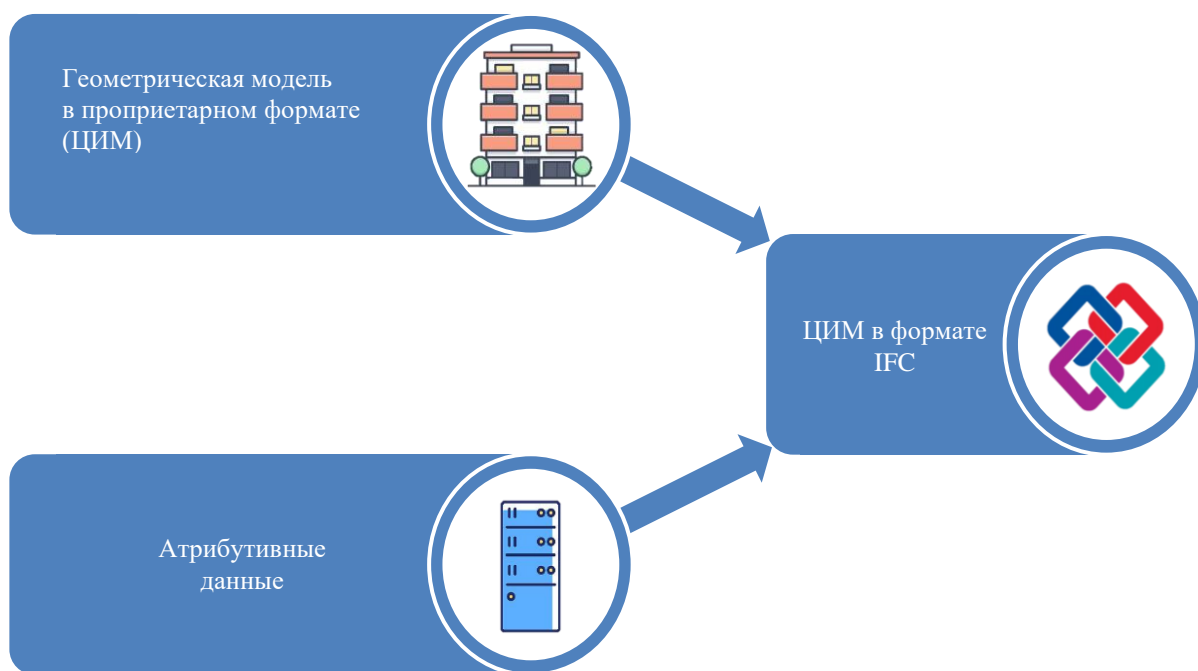


Рис. 4. Схема представления формирования IFC-модели

При изучении моделей, не прошедших экспертизу, с помощью VimVision было выявлено, что основная ошибка, допущенная при экспорте модели в формат IFC — это неверные имена атрибутивных данных в файле сопоставления параметров, причиной которых является человеческий фактор. Решением данной задачи является создание программного продукта, позволяющего автоматизировать и исключить человеческий фактор допущения ошибки в написании файла сопоставления параметров.

Перед написанием основного алгоритма формирования файла сопоставления параметров необходимо решить, откуда будут извлечены все необходимые данные. На данный момент в мире уже существует международный формат передачи данных в машиночитаемом представлении в виде XML-разметки, где хранятся все необходимые требования. Это Information Delivery Specification (IDS) [9] — стандарт от buildingSMART International, автоматизирующий формирование требований к обмену моделями. Изучая структуру IDS-файла, можно четко выделить, где в файле находятся все необходимые нам данные (рис. 5). Каждый аспект атрибутивной группы параметров (IFC-класс, имя группы атрибутивных данных и имя атрибутивных данных) располагается под своим тегом в IDS-файле. Написав алгоритмы и используя существующую библиотеку для работы с XML-разметкой (et_xmlfile), автоматизированно по тегам ищем в файле всю нужную информацию и формируем «словарь». «Словарь» выступает в роли хранилища всех параметров машиночитаемых требований.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ids xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:sch
<info>
  <title>Требования к элементам ЦИМ (Архитектурные решения)</title>
  <copyright>Отдел ТИМ, СПб ГАУ "ЦГЭ"</copyright>
  <version>3.1</version>
  <description>ЦГЭ.ЦИМ.3.0 Часть 3. АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ</description>
  <author>bim@spbexp.ru</author>
  <date>2024-12-09</date>
  <purpose>Проверка атрибутивного состава, по требованиям СПб ГАУ "ЦГЭ"</purpose>
  <milestone>Проектирование</milestone>
</info>
<specifications>
  <specification name="Таблица 3.А.3 Имена атрибутов для элемента «Стена» (IfcWall)" ifcVersion="IFC4" ide
    <applicability minOccurs="1" maxOccurs="unbounded">
      <entity>
        <name>
          <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:enumeration value="IFCWALL" />
            <xs:enumeration value="IFCWALLTYPE" />
            <xs:enumeration value="IFCWALLSTANDARDCASE" />
            <xs:enumeration value="IFCWALLELEMENTEDCASE" />
          </xs:restriction>
        </name>
        <predefinedType>...
      </predefinedType>
    </entity>
  </applicability>
  <requirements>
    <property cardinality="required" instructions="Указывается номер корпуса, в котором находится элемент.
      <propertySet>
        <simpleValue>Местоположение</simpleValue>
      </propertySet>
      <baseName>
        <simpleValue>Номер корпуса</simpleValue>
      </baseName>
    </property>
    <property cardinality="required" instructions="Указывается номер секции, в которой находится элемент.
      <propertySet>
        <simpleValue>Местоположение</simpleValue>
      </propertySet>
      <baseName>
        <simpleValue>Номер секции</simpleValue>
      </baseName>
    </property>
  </requirements>
</specifications>

```

Рис. 5. Машиночитаемый формат требований экспертизы

Дальнейшая разработка включает в себя формирование файла сопоставления параметров. Для его создания необходимо изучить структуру стандартного файла параметров, предоставленного документацией к САПР. В нашем случае будет рассмотрен стандартный файл сопоставления атрибутов для Renga Professional [10]. Он представляет собой файл с XML-разметкой, хранящий основную информацию о самом файле (имя файла, создатель, версия, тип файла) и всю необходимую информацию для сопоставления параметров и экспорта ЦИМ в IFC (рис. 6 а).

Существуют 3 способа формирования файлов сопоставления параметров:

1. Формирование файла на основе имен свойств.
2. Формирование файла на основе GUID-номеров свойств.
3. Формирование файла с помощью Renga API.

Далее будет рассмотрен алгоритм формирования файла на основе имен свойств. Данный способ является наиболее эффективным, так как отсутствует необходимость взаимодействия с файлами проектов Renga Professional, а также дает пользователю понимание, что его данные не будут использованы без его ведома.

Сам файл сопоставления атрибутивных данных имеет формат JSON, что является плюсом, ведь стандартные библиотеки Python уже умеют работать с этим форматом файлов. Алгоритмы программы структурируют все данные на основе созданного ранее «словаря», и программа выдает готовый файл сопоставления атрибутивных данных уже в необходимом нам расширении (рис. 6 б).



Рис. 6. Файл сопоставления параметров экспорта в IFC для Renga Professional:

а — стандартный файл сопоставления; б — файл сопоставления на основе требований экспертизы

Финальная стадия разработки готового решения — создание понятного и простого графического интерфейса пользователя (GUI). Были добавлены все необходимые кнопки для загрузки IDS-файла и создания файла сопоставления параметров для Renga Professional.

Обсуждение и заключение. Цель работы достигнута за счет создания алгоритмов обработки и анализа IDS-файлов и генерации структурированных файлов сопоставления параметров для экспорта ЦИМ в IFC-формат.

Разработанное приложение исключает ручное формирование файлов сопоставления атрибутивных данных, что минимизирует риск ошибок, связанных с человеческим фактором, а также сокращает временные затраты на выполнение операции экспорта ЦИМ в IFC.

Тестирование на множестве различных машиночитаемых требованиях в формате IDS и также шаблонах, предоставленных разработчиками формата IDS, показало корректную работу алгоритмов извлечения данных и генерации файлов сопоставления параметров.

Программное решение предполагает дальнейшее развитие с другими САПР-системами. В данный момент ведется активное тестирование сгенерированных файлов сопоставления параметров для Autodesk Revit и CADLib «Модель и Архив».

Сбор данных из человекочитаемых форматов (PDF, xlsx) с использованием искусственного интеллекта (ИИ) является одним из заделов развития программного решения.

Исследование вносит вклад в развитие методов автоматизации BIM-процессов, демонстрируя эффективность разработки решений по автоматизации рутинных задач. Программное решение уже может быть использовано как готовое решение для ограниченного числа САПР-систем.

В заключение разработанный инструмент позволяет улучшить качество формирования ЦИМ. Дальнейшая работа будет направлена на гибкость программного решения для различных САПР-систем и интеграцию ИИ для работы с различными форматами человекочитаемых требований.

Список литературы/References

1. Тарасенко Ю.А., Гулякин Д.В. Современные особенности систем автоматизированного проектирования. *Тенденция развития науки и образования*. 2024;110(19):159–162.

Tarasenko YuA, Gulyakin DV Modern Features of Computer-Aided Design Systems. *Science and Education Development Trend*. 2024;110(19):159–162. (In Russ.)

2. Гусарова А.А. Актуальные проблемы и перспективы применения цифровых информационных моделей объектов капитального строительства. В: *Сборник докладов IV Национальной научной конференции «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2023»*. Москва: Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет); 2024. С. 741–746. URL: https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2023/Sbornik_Aktual-problemy-stroy-otrasli_2023.pdf (дата обращения: 08.05.2025).

Gusarova AA Relevant Problems and Prospects of Application of Digital Information Models of Capital Construction Objects. *Proceedings of the 4th National Scientific Conference "Relevant Problems of the Construction Industry and Education - 2023"*. Moscow: Moscow State University of Civil Engineering (National Research University); 2024. pp. 741–746. (In Russ.) URL: https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2023/Sbornik_Aktual-problemy-stroy-otrasli_2023.pdf (accessed: 08.05.2025).

3. Черепанова А.В., Нуждин А.Д. Эффективность применения информационных технологий в строительной сфере. В: *Сборник докладов международной конференции студентов и молодых ученых «Весенние дни науки»*.

Екатеринбург: ООО Издательский Дом «Ажур»; 2023. С. 923–925. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54963469_80732400.pdf (дата обращения: 08.05.2025).

Cherepanova AV, Nuzhdin AD Effectiveness of Information Technology in the Construction Sector. *Proceedings of the International Conference of Students and Young Scientists "Spring Days of Science"*. Yekaterinburg: Azhur Publishing House, LLC; 2023. pp. 923–925. (In Russ.) URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54963469_80732400.pdf (accessed: 08.05.2025).

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.05.2024 № 614 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов» URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405170050> (дата обращения: 08.05.2025).

Decree of the Government of the Russian Federation of 05/17/2024 No. 614 "On Approval of the Rules for the Formation and Maintenance of an Information Model of a Capital Construction Facility, the Composition of Information, Documents and Materials included in the Information Model of a Capital Construction Objected and Submitted in the Form of Electronic Documents, and the Requirements for the Formats of these Electronic Documents". (In Russ.) URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405170050> (accessed: 08.05.2025).

5. Tayyrov G, Shohradova J. Programming languages: foundations, paradigms, and future trends. *Матрица научного познания*. 2024;10(2):90–93.

6. Пирматов А.З., Камалов С.С., Абдукадыр К.А., Сүйөркул К.Н. Объектно-ориентированное программирование на языке Python. *Вестник Жалал-Абадского государственного университета*. 2022;4(53):22–28.

Pirmatov AZ, Kamalov SS, Abdukadyr KA, Suyorkul KN Object-Oriented Programming in Python. *Bulletin of Jalal-Abad State University*. 2022;4(53):22–28. (In Russ.)

7. Иванов С.В., Иванова Е.В. Событийно-ориентированные модели архитектуры приложений. В: *Сборник научных трудов XVII Международной школы-симпозиума «Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем (Амур–2023)»*. Симферополь: ИП Корниенко Андрей Анатольевич; 2023. С. 161–162. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54684543_51777932.pdf (дата обращения: 08.05.2025).

Ivanov SV, Ivanova EV Event-Driven Models of Application Architecture. *Proceedings of the XVII International School-Symposium "Analysis, Modeling, Management, Development of Socio-Economic Systems (Amur–2023)"*. Simferopol: Individual Entrepreneur Kornienko Andrey Anatolyevich; 2023. pp. 161–162. (In Russ.) URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54684543_51777932.pdf (accessed: 08.05.2025).

8. Farghaly K, Soman RK, Collinge W, Mosleh MH, Manu P, Cheung CM. Construction Safety Ontology Development and Alignment with Industry Foundation Classes (IFC). *Journal of information technology in construction*. 2022;27:94–108. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.005>

9. Аришин С.В., Гринченко А.И., Шило А.В. Web-редактор машиночитаемых требований на основе открытых стандартов IFC и IDS. В: *Материалы VII Международной научно-практической конференции «Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры»*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; 2024. С. 49–57. <https://doi.org/10.23968/BIMAC.2024>

Arishin SV, Grinchenko AI, Shilo AV Web Editor of Machine-Readable Requirements Based on Open Standards IFC and IDS. *Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference "Information Modeling in Construction and Architecture Problems"*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; 2024. pp. 49–57. (In Russ.) <https://doi.org/10.23968/BIMAC.2024>

10. Осташев Р.В., Евтушенко С.И. Разработка IFC маппинга для выгрузки информационных моделей архитектурных решений. *Строительство и архитектура*. 2022;10:91–110. <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2022-10-2-91-110>

Ostashev RV, Yevtushenko SI Development of IFC Mapping for Export of Information Models of Architectural Solutions. *Construction and Architecture*. 2022;10:91–110. (In Russ.) <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2022-10-2-91-110>

Об авторах:

Сысолов Никита Сергеевич, студент 4 курса направления прикладной информатики в архитектуре Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (630008, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1110), nikita.sisolov@gmail.com

Чмир Юлия Эдуардовна, старший преподаватель кафедры градостроительства и городского хозяйства Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (630008, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1110), yu.chmir@sibstrin.ru

Шило Александр Владимирович, главный специалист по технологиям информационного моделирования автономного учреждения «Центр государственной экспертизы» (191023, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Зодчего Росси, дом 1/3, 5 под.), [ORCID](#), shilo_av@exp.gne.gov.spb.ru

Заявленный вклад авторов:

Н.С. Сысолов: проведение анализа данных, поиск методов решения, разработка алгоритмов, тестирование программного решения, формирование основной концепции, цели и задачи исследования, анализ результатов исследований, подготовка текста, формирование выводов.

Ю.Э. Чмир: научное руководство, доработка текста, корректировка выводов.

А.В. Шило: идея разработки, курирование проекта, доработка текста.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

About the Authors:

Nikita S. Sysolov, 4th year student of Applied Computer Science in Architecture at Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (113 Leningradskaya Str., Novosibirsk, 630008, Russian Federation), [ORCID](#), nikita.sisolov@gmail.com

Yulia E. Chmir, Senior Lecturer, Department of Urban Planning and Urban Economy of Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (113 Leningradskaya Str., Novosibirsk, 630008, Russian Federation), [ORCID](#), yu.chmir@sibstrin.ru

Alexander V. Shilo, Chief Specialist in Information Modeling Technologies, Autonomous Institution "Center for State Expert Evaluation" (1/3 Architect Rossi, Entrance 5, St. Petersburg, 191023, Russian Federation), [ORCID](#), shilo_av@exp.gne.gov.spb.ru

Claimed contributorship:

NS Sysolov: conducting data analysis, searching for solution methods, development of the algorithms, testing software solutions, development of the basic concept, aims and objectives of the study, analyzing research results, preparing manuscript, forming the conclusions.

YE Chmir: scientific supervision, revision of the manuscript, correction of the conclusions.

AV Shilo: development of the idea, project supervision, revision of the manuscript.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 12.06.2025

Поступила после рецензирования / Reviewed 02.07.2025

Принята к публикации / Accepted 13.07.2025

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

LIFE CYCLE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION FACILITIES



УДК 69.003.13:005.334 + 001.891





Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-65-76>



EDN: PWHIKY

Проблемы и перспективы риск-ориентированного управления объектом строительства: обзор современных исследований

И.Х. Аль-Згуль¹  , С.Г. Шеина¹ , Н.Е. Морозова² 

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

 ilaszgul@gmail.com

Аннотация

Введение. Строительная отрасль играет ключевую роль в мировой экономике благодаря мультипликативному эффекту, высокой волатильности и сложности производственных взаимосвязей, однако существующие методики управления рисками, особенно на этапе инвестиционного обоснования, остаются недостаточно разработанными. Цель исследования — систематизировать современные подходы к риск-ориентированному управлению жизненным циклом строительных объектов, выявив пробелы и перспективные направления развития, включая применение цифровых технологий. Основные задачи включают анализ нормативной базы, обзор методик оценки рисков и разработку стратегий их минимизации для различных типов недвижимости.

Материалы и методы. Проведено комплексное библиометрическое исследование современных подходов к управлению строительными рисками с использованием программного обеспечения VOSviewer. Для анализа отобраны наиболее авторитетные публикации из международных баз Scopus и Web of Science, а также значимые российские научные работы. Исследование охватило рецензируемые статьи, монографии и диссертации последнего десятилетия, что обеспечило репрезентативность выборки. Особое внимание уделено критическому анализу методологических подходов к оценке рисков на предпроектной стадии, где традиционные методы показывают наибольшие ограничения. В работе применен системный подход, сочетающий количественный анализ публикационной активности с качественной оценкой содержания исследований. Дополнительно рассмотрены успешные кейсы внедрения современных риск-ориентированных практик в реальных строительных проектах.

Результаты исследования. Проведенный анализ позволил выявить ключевые тенденции в области управления строительными рисками за последнее десятилетие. Результаты анализа демонстрируют устойчивую взаимосвязь между качеством системы управления рисками и успешностью реализации строительных проектов, что особенно заметно при рассмотрении современных цифровых технологий, включая методы искусственного интеллекта и машинного обучения, которые находят все более широкое применение при обработке больших массивов данных в строительной отрасли. Наибольшие методологические сложности сохраняются на этапе инвестиционного обоснования, где традиционные экспертные подходы требуют обязательного дополнения цифровыми инструментами анализа, что подтверждается рассмотренными в исследовании практическими кейсами внедрения риск-ориентированных подходов. Особую актуальность приобретает разработка адаптивных методик, способных учитывать как традиционные виды строительных рисков, так и новые вызовы, связанные с цифровой трансформацией отрасли и учетом ESG-факторов, при этом ключевым условием успешной модернизации риск-менеджмента становится преодоление существующего разрыва между научными разработками и их практическим внедрением, что требует согласованных действий всех участников строительной отрасли и совершенствования нормативной базы в соответствии с современными технологическими возможностями.

Обсуждение и заключение. Библиометрический анализ показал переход от традиционных методов управления рисками к цифровым решениям, выявив при этом сохраняющийся разрыв между теорией и практикой, особенно на этапе инвестиционного обоснования. Современные подходы активно интегрируют BIM, системы поддержки

решений и ИИ, но сталкиваются с проблемой нехватки квалифицированных кадров. Особую актуальность приобретают гибридные методы, сочетающие экспертные оценки с машинным обучением, и учет новых факторов риска, таких как санкции и экологические требования, для чего требуется модернизация нормативной базы и профессиональных стандартов.

Ключевые слова: риск-ориентированное управление строительством, объекты капитального строительства, стандарты ISO 31000, библиометрический анализ, VOSviewer, инвестиционное обоснование, жизненный цикл объекта

Благодарности. Авторы благодарят анонимных рецензентов, а также выражают признательность руководству за помощь, оказанную в процессе подготовки проекта.

Для цитирования: Аль-Згуль И.Х., Шеина С.Г., Морозова Н.Е. Проблемы и перспективы риск-ориентированного управления объектом строительства: обзор современных исследований. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(3):65–76. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-65-76>

Original Empirical Research

Problems and Prospects of Risk-Oriented Management in Construction: a Review of Current Research

Ilyas Kh. Al-Zgul¹  , Svetlana G. Sheina¹ , Natalia E. Morozova² 

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

²Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

 ilaszgul@gmail.com

Abstract

Introduction. The construction industry has a major role to play in the global economy due to its multiplier effect, high volatility and complexity of production relations, however, existing risk management techniques, particularly those at the stage of investment justification, are still insufficiently developed. The aim of the study is to systematize modern approaches to risk-based lifecycle management of construction facilities, identifying gaps and promising areas of development, including the use of digital technologies. The main tasks include an analysis of the regulatory framework, a review of risk assessment methods and development of strategies for minimizing them for different types of real estate.

Materials and Methods. A comprehensive bibliometric study of modern approaches to construction risk management using VOSviewer software has been performed. The most authoritative publications from the international Scopus and Web of Science databases, as well as prominent Russian scientific papers, have been selected to be analyzed. The study covered peer-reviewed articles, monographs, and dissertations from the last decade for a representative sample. Special attention is paid to a critical analysis of methodological approaches to risk assessment at the pre-project stage, where traditional methods show the greatest limitations. The study makes use of a systematic approach combining a quantitative analysis of publication activity with a qualitative assessment of the research content. On top of that, successful cases of the introduction of modern risk-oriented practices in real construction projects are explored.

Research Results. The analysis has enabled the key trends in the field of construction risk management over the past decade to be identified. The results of the analysis are indicative of a stable relationship between the quality of the risk management system and success of construction projects, which comes to the fore while investigating modern digital technologies, including artificial intelligence and machine learning methods that are increasingly used for processing large amounts of data in the construction industry. The greatest methodological difficulties are faced with at the stage of investment justification, where traditional expert approaches require mandatory addition of digital analysis tools as confirmed by the practical cases of implementation of risk-oriented approaches explored in the study. The development of adaptive techniques is particularly relevant that takes into account both traditional types of construction risks and new challenges associated with the digital transformation of the industry and taking into account ESG factors, while bridging the existing gap between scientific developments and their practical implementation is becoming a major condition for successful modernization of risk management, which calls for taking coordinated actions by all involved in the construction industry and improving the regulatory framework in compliance with modern technological capacities.

Discussion and Conclusion. The bibliometric analysis has displayed the transition from traditional risk management methods to digital solutions, while indicating the continuing gap between theory and practice, particularly at the stage of investment justification. Modern approaches are actively integrating BIM, decision support systems and AI, but there is a problem of the lack of qualified employees. Hybrid methods combining expert assessments with machine learning and

considering new risk factors such as sanctions and environmental requirements are becoming particularly relevant, which calls for modernization of the regulatory framework and professional standards.

Keywords: risk-oriented construction management, capital construction objects, ISO 31000 standards, bibliometric analysis, VOSviewer, investment justification, life cycle of an object

Acknowledgements. The authors appreciate the reviewers, whose critical assessment of the submitted materials and suggestions helped to significantly improve the quality of the project.

For citation. Ilyas Kh. Al-Zgul, Sheina SG, Morozova NE. Problems and Prospects of Risk-Oriented Management in Construction: a Review of Current Research. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(3):65–76. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-65-76>

Введение. Строительная отрасль занимает стратегически важное положение в мировой экономике, что обусловлено тремя ключевыми характеристиками. Во-первых, она обладает выраженным мультипликативным эффектом, стимулируя развитие смежных секторов — от производства строительных материалов до финансовых услуг. Во-вторых, для отрасли характерна высокая волатильность рыночных условий, обусловленная цикличностью спроса, зависимостью от инвестиционного климата и регуляторных изменений. В-третьих, строительный комплекс представляет собой сложную систему производственных взаимосвязей, объединяющую многочисленных участников на всех этапах жизненного цикла объектов — от проектирования до эксплуатации. Эти особенности строительной индустрии находят подтверждение в современных экономических исследованиях [1], подчеркивающих ее системообразующую роль в глобальном хозяйстве.

Целью исследований в рамках научной специальности 2.1.14 «Управление жизненным циклом объектов строительства» является разработка и совершенствование методик риск-ориентированного управления объектами недвижимости на всех этапах их жизненного цикла — от проектирования и строительства до эксплуатации, реконструкции и вывода из эксплуатации [2].

Могут рассматриваться следующие исследовательские задачи:

1. Анализ и систематизация рисков, характерных для различных этапов жизненного цикла объектов строительства, с акцентом на пробелы в методиках оценки на стадии инвестиционного обоснования.
2. Разработка методик оценки и ранжирования рисков с учетом их влияния на экономическую эффективность и устойчивость строительных проектов.
3. Создание алгоритмов управления рисками, включая методы их минимизации, передачи и мониторинга.
4. Исследование возможностей применения цифровых технологий (BIM, Big data, AI) для прогнозирования и управления рисками, включая разработку инструментов анализа инвестиционных рисков.
5. Разработка дифференцированных стратегий управления рисками для различных типов объектов недвижимости (жилая, коммерческая, промышленная) с учетом их специфических уязвимостей и особенностей жизненного цикла.

Цель настоящего исследования — обзор современных методов риск-ориентированного управления жизненным циклом объектов капитального строительства (ОКС) с акцентом на анализ пробелов в методиках оценки рисков на этапе инвестиционного обоснования.

Ключевой вопрос исследования — каким образом должны развиваться методы управления рисками для эффективного охвата всех этапов жизненного цикла, особенно на стадии предпроектных решений?

Материалы и методы. В условиях растущей сложности бизнес-среды управление рисками становится ключевым элементом стратегического управления. Примечательно, что различные международные стандарты предлагают свои трактовки базового понятия риска. В этой связи настоящее исследование, основанное на методологии библиометрического анализа, направлено на системное выявление ключевых тенденций развития риск-ориентированного подхода в управлении строительными объектами на всех этапах их жизненного цикла.

Анализ международных стандартов выявляет существенные расхождения в концептуальных подходах к определению базового понятия риска. Так, ISO 31000:2018 Risk Management — Guidelines (ISO 31000) определяет риск как «воздействие неопределенности на достижение целей, где под воздействием понимается любое отклонение от ожидаемых результатов — как в положительную, так и в отрицательную сторону». Это определение подчеркивает двойственную природу рисков, которые могут не только угрожать, но и создавать новые возможности для организации.

В отличие от этого, Enterprise Risk Management — Integrated Framework (COSO ERM) делает акцент на негативных аспектах, трактуя риски как «события, способные препятствовать созданию стоимости или приводить к ее снижению». Такой подход отражает традиционную ориентацию американской модели на защиту акционерной стоимости и устойчивость бизнеса.

Европейский стандарт Federation of European Risk Management Association (FERMA), в свою очередь, предлагает более нейтральное определение: «комбинация вероятности наступления события и масштаб его последствий». Эта формулировка, в отличие от COSO ERM, не разделяет риски на «хорошие» и «плохие», а фокусируется на механизмах их количественной оценки.

Практическое значение этих различий становится очевидным при анализе конкретных кейсов. Например, при внедрении ESG-стратегий (экологических, социальных и управленческих факторов) ISO 31000 позволяет компаниям рассматривать экологические инициативы не только как затраты, но и как возможность создания новой стоимости. В то же время COSO ERM остается предпочтительным выбором для финансовых институтов, где ключевая задача — минимизация потерь.

Важно отметить, что современные организации все чаще комбинируют эти подходы. Так, 67 % компаний из Fortune 500 используют COSO ERM для оценки традиционных рисков, одновременно применяя ISO 31000 для управления инновационными проектами, где «положительные» риски могут стать источником конкурентных преимуществ.

Таким образом, выбор определения риска зависит не только от нормативных требований, но и от стратегических приоритетов организации, что подтверждает необходимость гибкого подхода к построению систем риск-менеджмента.

Современная российская нормативно-методическая база управления рисками в строительной отрасли представляет собой многоуровневую систему, основанную на принципах последовательной детализации и специализации.

Система опирается на три ключевых нормативных документа, формирующих методологическую основу для эффективного риск-менеджмента. Первым и основополагающим является ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство», который устанавливает концептуальные рамки и принципы организации процессов управления рисками. Этот стандарт определяет базовые подходы к идентификации, анализу и оценке потенциальных угроз, предлагает методологию разработки и реализации превентивных мер, а также формулирует требования к интеграции риск-менеджмента в общую систему управления организацией. Особое внимание уделяется формированию риск-ориентированной корпоративной культуры, что особенно важно для строительных предприятий, работающих в условиях повышенной опасности.

Вторым критически важным элементом системы выступает ГОСТ Р 51897-2021 «Менеджмент риска. Термины и определения» — адаптированный международный стандарт ISO Guide 73:2009. Его основная функция заключается в обеспечении терминологического единства и четкости понятийного аппарата. Документ содержит строгие определения ключевых терминов, что позволяет избежать разночтений и обеспечить согласованность в интерпретации основных концепций риск-менеджмента на всех уровнях управления строительной организацией. Кроме того, стандарт способствует гармонизации российской практики с международными подходами, что особенно важно для компаний, участвующих в международных проектах.

Третьим компонентом методологической триады является ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска», который представляет собой практический инструментарий для оценки рисков. В отличие от первых двух документов, носящих концептуальный характер, этот стандарт содержит конкретные технологии и методики анализа рисков, алгоритмы выбора оптимальных методов оценки в зависимости от типа и характера риска, а также критерии эффективности применяемых подходов. Особую ценность представляют практические механизмы как количественной, так и качественной оценки, позволяющие строительным компаниям получать достоверные данные для принятия управленческих решений.

Взаимодействие этих трех стандартов создает комплексную нормативную платформу, где каждый документ выполняет свою уникальную функцию: ГОСТ Р ИСО 31000 задает стратегические ориентиры и общие принципы, ГОСТ Р 51897 обеспечивает терминологическую четкость и единство понятий, а ГОСТ Р 58771 предоставляет конкретный инструментарий для практической работы. Такая система позволяет строительным организациям выстраивать эффективные процессы управления рисками, начиная от формирования общей стратегии и заканчивая реализацией конкретных оценочных процедур, обеспечивая при этом терминологическую согласованность на всех этапах жизненного цикла строительных объектов и соответствие международным стандартам.

Для практической реализации и внедрения риск-ориентированного подхода разработан комплекс методических документов, включающий ГОСТ Р 51901.7-2017 «Менеджмент риска. Руководства по внедрению ИСО 31000» (адаптация ISO/TR 31004:2013), а также серию рекомендаций Р 50.1.068-2009, Р 50.1.069-2009 и Р 50.1.070-2019. Данные нормативы содержат детализированные указания по внедрению системы управления рисками с учетом специфики строительной деятельности, обеспечивая методологическую поддержку на этапе практического применения.

В системе нормативного регулирования процессов управления рисками особую значимость приобретает группа стандартов, регламентирующих формирование и ведение реестров рисков, в которую входят:

ГОСТ Р 51901.21-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения», устанавливающий базовые требования к структуре и содержанию реестра; ГОСТ Р 51901.22-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения», определяющий процедуры актуализации данных; ГОСТ Р 51901.23-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска», закрепляющий методики ранжирования и приоритизации; ГОСТ Р 50.1.084-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по созданию реестра риска организации», учитывающий отраслевые особенности построения реестров. Параллельно с этим важное методологическое значение имеют частные методики оценки рисков, такие как ГОСТ Р МЭК 62502-2014 «Менеджмент риска. Анализ дерева событий», описывающий методологию анализа дерева событий, ГОСТ Р 51901.12-2007 «Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказа», содержащий принципы оценки надежности технических систем, и ГОСТ Р 54141-2010 «Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков», предлагающий комплексные методики риск-анализа.

Неотъемлемым компонентом системы выступают стандарты серии ГОСТ Р ИСО 9000 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», обеспечивающие гармонизацию риск-ориентированного подхода с требованиями менеджмента качества. В их числе: ГОСТ Р ИСО 9000-2015, закладывающий терминологические основы; ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования», формулирующий обязательные требования; ГОСТ Р 57189-2016/ISO/TS 9002-2016 «Системы менеджмента качества. Руководство по применению ИСО 9001:2015», содержащий практические рекомендации по внедрению; ГОСТ Р ИСО 9004-2019 «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации», описывающий методы достижения устойчивых результатов.

Представленные нормативные документы образуют целостную систему, в которой реестры рисков выполняют функцию информационной базы, методики оценки обеспечивают аналитическую составляющую, а стандарты ИСО 9000 создают организационно-методический контекст для эффективной реализации принципов риск-ориентированного подхода. Такая комплексная нормативная база позволяет последовательно внедрять современные методы управления рисками на всех уровнях организационной структуры строительного предприятия, обеспечивая при этом необходимую согласованность с международными стандартами и отраслевыми требованиями.

В промышленном и строительном риск-менеджменте особое значение имеют отраслевые стандарты, учитывающие специфику производственной деятельности. ГОСТ Р 14.09-2005 «Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента» детально регламентирует процессы управления рисками в строительстве, охватывая все этапы — от проектирования до сдачи объектов. Этот документ содержит методические рекомендации по идентификации и минимизации характерных строительных рисков, включая технологические, организационные и экологические аспекты. Параллельно с ним действует ГОСТ Р 12.0.010-2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков», устанавливающий требования к системам управления охраной труда, что особенно актуально для строительной отрасли с ее повышенным уровнем профессиональных рисков.

В условиях активной цифровизации строительной индустрии возрастает роль ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности», который обеспечивает методологическую основу для управления рисками информационной безопасности. Этот стандарт приобретает особую значимость при внедрении BIM-технологий и цифровых платформ управления строительными проектами. Дополняет нормативную базу ГОСТ Р МЭК 62198-2015 «Проектный менеджмент. Руководство по применению менеджмента риска при проектировании», предлагающий комплексный подход к управлению проектными рисками на протяжении всего жизненного цикла строительного объекта.

Завершающим и интегрирующим элементом всей системы выступает ГОСТ Р ИСО 19011-2021 «Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента», который выполняет критически важную функцию контроля и совершенствования процессов риск-менеджмента. Стандарт не только устанавливает единые требования к проведению аудитов, но и создает действенный механизм для:

- объективной оценки эффективности применяемых методов управления рисками;
- выявления слабых мест и потенциальных возможностей для улучшения;
- разработки и реализации корректирующих мероприятий;
- обеспечения прозрачности и подотчетности всех процессов.

Такой комплексный подход позволяет строительным организациям не только соответствовать современным требованиям безопасности и качества, но и постоянно совершенствовать свои системы управления рисками, адаптируясь к изменяющимся условиям и новым вызовам отрасли. Представленная систематизация демонстрирует целостную методологическую платформу, сочетающую универсальные принципы управления рисками с

отраслевой спецификой строительной деятельности. Многоуровневая структура нормативной базы позволяет последовательно реализовывать риск-ориентированный подход — от стратегического планирования до оперативного управления на уровне конкретных строительных проектов.

Таким образом, российские стандарты управления рисками, сохраняя связь с мировыми практиками, предлагают инструменты для работы в условиях турбулентности. Их рациональное сочетание позволяет организациям не только минимизировать угрозы, но и трансформировать риски в возможности для роста, обеспечивая долгосрочную устойчивость в поликризисной среде.

Управление рисками в строительстве охватывает широкий спектр факторов, включая экономические, технические, технологические, организационные, экологические, социальные и правовые аспекты, что требует комплексного междисциплинарного подхода, сочетающего экономический анализ, техническую экспертизу, правовое регулирование и экологический мониторинг с применением современных цифровых технологий и методов машинного обучения. Анализ работ ведущих зарубежных и отечественных ученых, включая П. Грабового [2], Э. Альтмана [3, 4], Л. Бернштейна [5], Ф. Найта [6], Бригхема [7], А. Липидуса [8] и других, демонстрирует три основных вектора научного поиска: исследование генезиса рисков факторов, разработку систем их классификации и поиск эффективных методов управления. При этом в области строительных проектов особое внимание уделяется проблемам перманентно уточняющейся классификации рисков [9], прогнозирования потенциального ущерба, оптимизации систем контроля и разработки механизмов нейтрализации рисков на различных этапах жизненного цикла объекта. Однако существующие концепции существенно различаются как в терминологическом аппарате, где наблюдаются разночтения в определении базовых понятий «риск» и «неопределенность», так и в методическом инструментарии, варьирующемся от традиционных количественных методов до современных нейросетевых технологий.

В современных исследованиях по оценке рисков строительных объектов особое внимание уделяется проблеме недостатка достоверных статистических данных, необходимых для количественного анализа. Экспертные оценки широко применяются при анализе сложных технических проблем, однако требуют формализации и строгой методологии для обеспечения достоверности результатов.

Как отмечается в работе [10], в условиях отсутствия представительных выборок или при оценке новых, уникальных строительных технологий экспертные оценки становятся незаменимым инструментом риск-менеджмента. Особую ценность экспертные методы представляют при анализе редких событий, комплексных рисков с множеством взаимосвязанных факторов, а также на ранних этапах жизненного цикла объекта, когда статистические данные еще не накоплены.

Ключевым аспектом при использовании экспертных оценок является тщательный отбор специалистов. Согласно исследованиям, оптимальными критериями выступают: профессиональное признание в отрасли (что может подтверждаться членством в профильных ассоциациях, научными публикациями или участием в значимых проектах), практический опыт работы не менее 5–10 лет в конкретной области строительства, а также репутация среди коллег. Как показывает практика, наиболее надежными источниками для поиска экспертов являются базы данных профессиональных объединений, ведущие консалтинговые компании строительного профиля и академические учреждения, специализирующиеся на исследованиях в области строительных технологий.

Для минимизации субъективности экспертных оценок в современных исследованиях применяются специальные методики, включая анонимные Delphi-опросы, которые позволяют достичь консенсуса без давления авторитетов, систему весовых коэффициентов, учитывающих уровень компетентности каждого эксперта, а также процедуры валидации через сопоставление с известными кейсами и историческими данными. Интересный пример из исследования [21] демонстрирует, что при анализе рисков высотного строительства экспертные оценки позволили выявить 37 % потенциальных угроз, которые не были отражены в имеющейся статистике, но впоследствии подтвердились в реальных инцидентах. Этот случай наглядно показывает, как грамотно организованный экспертный анализ может компенсировать недостаток статистических данных, особенно при работе с новыми или уникальными строительными технологиями и объектами.

Как отмечают R. Keeney с соавторами [11] в своем исследовании, несмотря на широкое применение экспертных оценок в технических анализах, существующие методы их получения часто оказываются методологически несовершенными. Проведя сравнительный анализ двух этапов масштабного исследования по ядерной безопасности — с использованием внутренних экспертов и с привлечением 40 внешних специалистов из университетов, консалтинговых фирм и национальных лабораторий — авторы разработали комплексный структурированный подход, включающий специальное обучение экспертов, декомпозицию оценок и формализованные процедуры сбора данных, что позволило получить более 1000 достоверных вероятностных распределений и было положительно оценено в ходе экспертного рецензирования.

В работе [12] авторы отмечают, что в отличие от традиционных задач оценки рисков экспертные суждения в процессе проектирования сложных систем играют особую роль — от выявления потенциальных отказов до разработки превентивных мер — и обосновывают необходимость целостного подхода, интегрирующего экспертные оценки на всех этапах жизненного цикла системы и минимизирующего субъективные искажения.

Проблемами риск-ориентированного подхода занимается известный российский ученый А.А. Лapidус с соавторами в работах [13–16], где исследуются вопросы эффективного выбора экспертов и методологии риск-ориентированного подхода в организационно-технологических решениях и этапах строительства.

В условиях высокой динамики строительства технический заказчик не может осуществлять сплошной контроль, что требует внедрения риск-ориентированного подхода для приоритезации проверок. Цель исследования — разработка методики идентификации, анализа и ранжирования рисков строительного контроля для оптимизации надзорной деятельности [17].

Авторы [18] разработали практический инструмент для подбора методов риск-анализа в строительстве на основе характеристик проекта, подтвердив его эффективность в ходе тестирования на реальных объектах с применением визуализации данных.

А. Chan с соавторами [19] представили систематический обзор применения нечетких методов в управлении строительством, проанализировав литературу, опубликованную в ведущих научных журналах за последнее десятилетие, с целью выявления ключевых направлений и перспектив дальнейших исследований. В ходе обзора были выделены две основные области — нечеткие множества / нечеткая логика и гибридные нечеткие методы, которые, в свою очередь, классифицируются по четырем основным категориям: принятие решений, производительность, оценка / анализ и моделирование. Анализируя современные тенденции, авторы отмечают возрастающий интерес к интеграции нечетких методов с другими вычислительными подходами, такими как нейронечеткие системы, позволяющие преодолеть ограничения традиционных методов. Кроме того, выявлена тенденция к расширению сферы применения нечетких методов за пределы управления строительством, включая экологические дисциплины, что подчеркивает их актуальность и значимость для решения сложных задач в условиях неопределенности.

Р.К. Dey в 2001 г. [20] разработал систему поддержки принятия решений (Decision Support System — DSS), интегрирующую метод анализа иерархий (Analytic Hierarchy Process — АНР) и деревья решений для управления рисками на начальных стадиях строительных проектов, что позволило систематизировать оценку качественных и количественных факторов риска. Данный подход обеспечивает структурированное представление взаимосвязей между различными рисками и возможными сценариями их развития, что особенно ценно при принятии стратегических решений на ранних этапах реализации проекта.

В своем систематическом обзоре А. Tagoun в 2013 г. [21] провел всесторонний анализ эволюции подходов к управлению рисками в строительной отрасли за пятидесятилетний период. Исследование выявило, что, несмотря на устойчивое доминирование традиционной Р–I (вероятность–воздействие) модели оценки рисков, в последние десятилетия наметилась четкая тенденция перехода к более комплексным и совершенным методологиям. Современные подходы все чаще учитывают сложные взаимозависимости между различными категориями рисков, а также их взаимодействие с параметрами проектной среды. Особое распространение получили аналитические методы, такие как теория нечетких множеств (FST) и метод анализа иерархий (АНР), а также различные системы поддержки принятия решений (DSS). Однако автор подчеркивает сохраняющийся значительный разрыв между теоретическими разработками в области риск-менеджмента и их практическим применением в реальных строительных проектах. В качестве ключевых направлений развития А. Tagoun предлагает модернизацию традиционной Р–I модели за счет включения дополнительных параметров, активное внедрение унифицированных метрик оценки (в частности, концепции «риск–стоимости»), более полное использование профессионального опыта практиков, а также разработку новых комплексных решений, способных интегрировать передовые теоретические наработки с актуальными потребностями строительной практики. Центральным выводом исследования заключается в необходимости фундаментального переосмысления существующих подходов к управлению рисками с целью преодоления накопившегося разрыва между теорией и практикой. Работа А. Tagoun продолжает оставаться важным методологическим ориентиром для современных исследований в области строительного риск-менеджмента, задавая вектор для дальнейшего развития этой актуальной научно-практической дисциплины.

Современные исследования выявляют растущую значимость возникающих рисков в строительстве, характеризующихся нелинейными взаимосвязями и отклонениями от классических вероятностных моделей, что требует разработки новых методов анализа, интегрируемых в цифровые платформы для поддержки принятия решений в условиях неопределенности. Особую актуальность приобретает изучение взаимосвязи таких рисков с событиями типа «черный лебедь» — редкими и катастрофическими событиями, предсказание которых классическими вероятностными методами практически невозможно [22].

В исследовании [23] разработана цифровая платформа, интегрирующая BIM и технологию автоматического мониторинга объектов (RFID) с помощью радиоволн. Решение демонстрирует эффективность в управлении строительными процессами, однако требует дополнительной адаптации для преодоления барьеров, связанных с цифровыми навыками персонала.

Внедрению BIM-методологий сопутствуют существенные риски, минимизирующие их потенциальные преимущества. В работе [24] систематизированы основные барьеры, затрудняющие цифровую трансформацию строительных процессов.

В условиях усиленного санкционного давления учет политических рисков становится критически важным фактором устойчивого развития строительной отрасли России. Как показывают исследования X. Deng с соавторами [25], грамотное управление такими рисками может стать конкурентным преимуществом. Анализ международного опыта [26] выявил основные источники политических рисков и эффективные стратегии их минимизации.

Анализ научных публикаций по управлению рисками в строительстве выявил следующие специализированные направления исследований: управление сроками и бюджетом [27], интеграция знаний в области безопасности труда и информационно-коммуникационных технологий [28], экологические аспекты строительства [29] и защита от стихийных бедствий [30], что отражает multidisciplinarную природу современных подходов к управлению строительными рисками.

Результаты исследования. Проведенный систематический ручной библиометрический анализ, дополненный анализом с использованием программного обеспечения VOSviewer [31] (рис. 1), выявил сложную структуру взаимосвязей между ключевыми концепциями управления рисками в строительной отрасли.

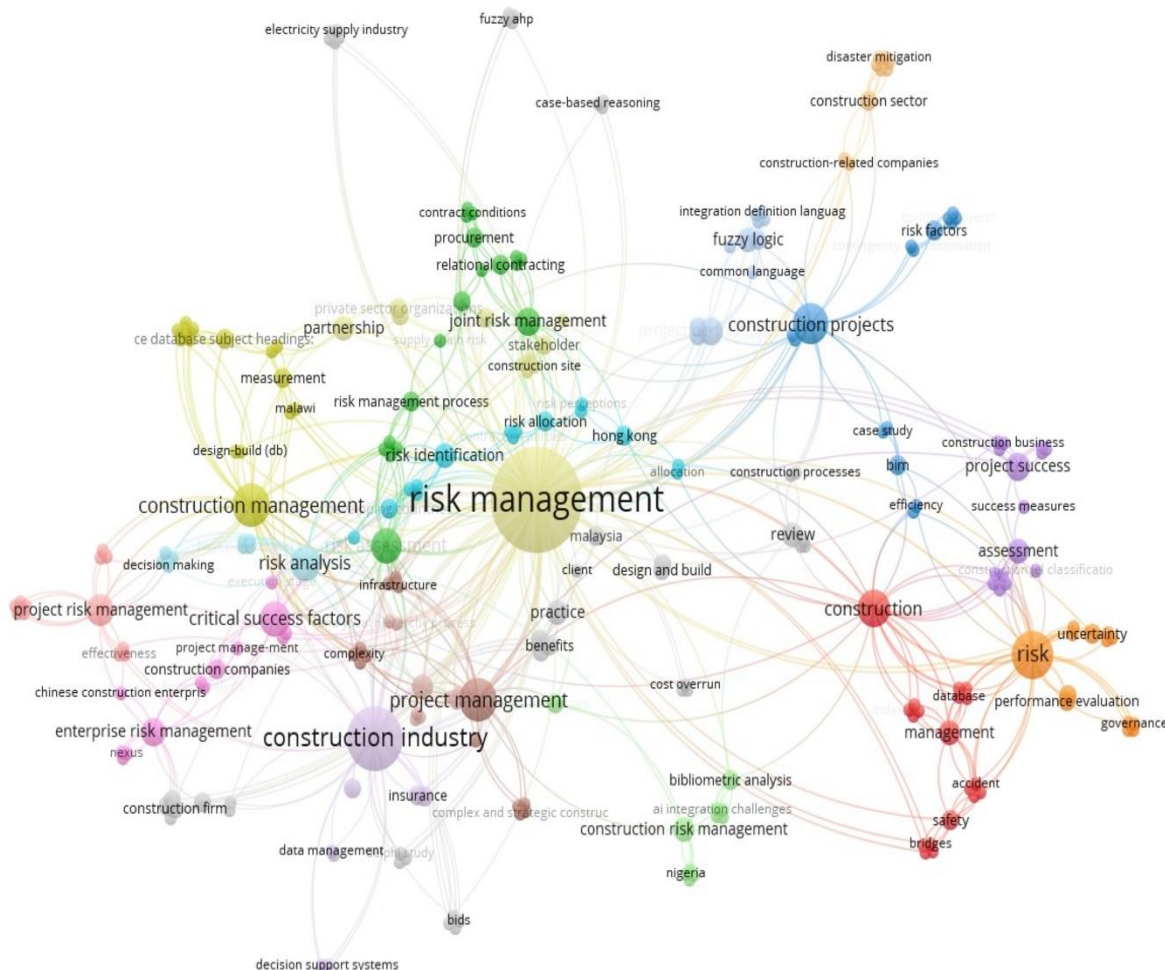


Рис. 1. Анализ тематической структуры исследований в области управления рисками строительных проектов на основе кластерной визуализации

С помощью функции интеллектуального анализа текста в VOSviewer ключевые слова были извлечены из заголовков, аннотаций и контекстов цитирования [32]. Центральным элементом сети выступает понятие «risk management» (управление рисками), демонстрирующее наибольшую частотность встречаемости в научных пуб-

ликациях и образующее смысловое ядро исследований. От данного термина расходятся устойчивые связи к четырем основным тематическим кластерам: «construction industry» (строительная индустрия — коричневый кластер), «construction projects» (строительные проекты — синий кластер), «critical success factors» (критические факторы успеха — красный кластер) и «risk» (риск — оранжевый кластер).

Наибольшую методологическую значимость представляет синий кластер, объединяющий термины «fuzzy logic» (нечеткая логика), «case-based reasoning» (рассуждение на основе прецедентов) и «BIM-based risk management» (управление рисками на основе информационного моделирования зданий), что свидетельствует о растущем применении математических методов и цифровых технологий для анализа неопределенностей в строительных проектах. Особого внимания заслуживает выявленная взаимосвязь между понятиями «project success» (успешность проекта) и «risk factors» (факторы риска) с толщиной соединяющей линии 0,78, подтверждающей существенное влияние качества риск-менеджмента на конечные результаты строительной деятельности.

Красный кластер, включающий термины «governance» (корпоративное управление), «safety» (безопасность) и «cost» (стоимость), отражает важность организационных аспектов управления рисками. Примечательно, что понятие «decision support systems» (системы поддержки принятия решений) образует мост между техническими (синий) и управленческими (красный) кластерами, подчеркивая междисциплинарный характер современных исследований.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

Современные исследования управления рисками в строительстве характеризуются выраженной мультидисциплинарностью, сочетающей технические, управленческие и математические подходы.

Наблюдается устойчивая тенденция цифровизации риск-менеджмента, выражающаяся в активном внедрении BIM-технологий и систем поддержки принятия решений.

Методы обработки нечетких данных (fuzzy logic) и анализа прецедентов (case-based reasoning) становятся стандартным инструментарием для оценки строительных рисков.

Эффективность управления рисками напрямую коррелирует с успешностью реализации строительных проектов, что подтверждается силой выявленных семантических связей.

Полученные результаты имеют важное значение для дальнейшего развития методологии управления рисками в строительстве, указывая на необходимость комплексного учета технологических, организационных и информационных аспектов при разработке новых управленческих решений.

Обсуждение и заключение. Библиометрический анализ выявил эволюцию управления рисками в строительстве от традиционных методов к цифровым решениям, установив взаимосвязи между нормативами, методиками и направлениями современных исследований.

Анализ показал, что, несмотря на значительный прогресс в методологическом обеспечении, включающем международные и национальные стандарты, сохраняется существенный разрыв между теоретическими разработками и их практическим внедрением, особенно заметный на этапе инвестиционного обоснования проектов. Современные подходы к управлению рисками все активнее интегрируют цифровые технологии, включая BIM, системы поддержки принятия решений и методы искусственного интеллекта, что позволяет существенно повысить точность прогнозирования. Однако процесс цифровой трансформации сталкивается с серьезными организационно-кадровыми барьерами, связанными с недостатком соответствующих компетенций у специалистов [24, 25].

Сложившаяся ситуация имеет глубокие методологические корни. Широко применяемые в отрасли экспертные методы оценки, безусловно обладающие значительной практической ценностью, демонстрируют системные ограничения, связанные с неизбежной субъективностью экспертных суждений. Это особенно критично в условиях уникальности строительных проектов и недостатка релевантных статистических данных на предпроектной стадии.

В данном контексте особую актуальность приобретает разработка гибридных подходов, сочетающих преимущества экспертных оценок с возможностями машинного обучения. Такие интегрированные подходы особенно востребованы при оценке сложноформализуемых рисков, характерных для начальных этапов строительных проектов, где традиционные методы часто оказываются недостаточно эффективными.

Современные геополитические реалии, включая санкционные ограничения [26], а также ужесточающиеся экологические нормативы [30], формируют дополнительные факторы неопределенности, которые практически не учитываются в традиционных моделях риск-менеджмента. Эти изменения требуют принципиального пересмотра существующих подходов к оценке и управлению рисками в строительстве.

В то же время управление рисками в строительстве требует баланса между инновациями (цифровизация, искусственный интеллект) и надежностью (стандарты, экспертиза). Преодоление разрыва между теорией и практикой станет ключевым условием устойчивого развития отрасли в условиях турбулентности.

Список литературы/References

1. Yu Y, Yazan DM, Junjan V, Iacob ME. Circular economy in the construction industry: A review of decision support tools based on Information & Communication Technologies. *Journal of Cleaner Production*. 2022;349:131335. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131335>
2. Грабовый П.Г., Болотин С.А., Грабовый К.П. *Управление рисками в недвижимости*. Москва: Проспект; 2012. 424 с.
Graboviy PG, Bolotin SA, Graboviy PG *Risk Management in Real Estate*. Moscow: Prospekt; 2012. 424 p. (In Russ.)
3. Altman EI, Iwanicz-Drozowska M, Laitinen EK, Suvas A Financial Distress Prediction in an International Context: A Review and Empirical Analysis of Altman's Z-Score Model. *Journal of International Financial Management & Accounting*. 2017;28:131–171. <https://doi.org/10.1111/JIFM.12053>
4. Altman EI, Hotchkiss E *Predict and Avoid Bankruptcy, Analyze and Invest in Distressed Debt Third Edition Corporate Financial Distress and Bankruptcy*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Edition; 2006. 368 p.
5. Бернштейн П.Л. *Против богов: Укрощение риска*. Москва: Олимп-бизнес; 2008. 400 с.
Bernstein PL *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk*. Moscow: Olimp-Bizness; 2008. 400 p.
6. Найт Ф.Х. *Риск, неопределенность и прибыль*. Москва: Дело; 2003. 355 с.
Knight FH *Risk, Uncertainty and Profit*. Moscow: Delo; 2003. 355 p. (In Russ.)
7. Бриггем Ю., Гапенски Л. *Финансовый менеджмент: полный курс в 2-х т.* Санкт-Петербург: Экономическая школа; 1997.
Brickham E, Gapenski L. *Financial Management: Theory and Practice*. Saint Petersburg: School of Economics; 1997. (In Russ.)
8. Lapidus A, Topchiy D, Kuzmina T, Chapidze O. Influence of the Construction Risks on the Cost and Duration of a Project. *Buildings*. 2022;12:484. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12040484/S1>
9. Siraj NB, Fayek AR. Risk Identification and Common Risks in Construction: Literature Review and Content Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2019;145:03119004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001685](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001685)
10. Klinka A, Renn O. A New Approach to Risk Evaluation and Management: Risk-Based, Precaution-Based, and Discourse-Based Strategies 1. *Risk Analysis*. 2002;22. <https://doi.org/doi:10.1111/1539-6924.00274>
11. Keeney RL, Von Winterfeldt D. Eliciting Probabilities from Experts in Complex Technical Problems. *IEEE Transaction on Engineering Management*. 1991;38:191–201. <https://doi.org/10.1109/17.83752>
12. Bedford T, Quigley J, Walls L. Expert elicitation for reliable system design. *Statistical Science*. 2006;21:428–50. <https://doi.org/10.1214/088342306000000510>
13. Лapidus A., Чапидзе О. Анализ факторов риска в строительной отрасли. *Русский Инженер*. 2020;2(67):45–48. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2021.12.1608-1619>
14. Lapidus A, Chapidze O Analysis of Risk Factors in the Construction Industry. *Russian Engineer*. 2020;2(67):45–48. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2021.12.1608-1619> (In Russ.)
15. Ulitko EV, Lapidus AA. Stochastic Model of Technical and Economic Efficiency of the Organization of Construction of Housing Facilities. *Строительное Производство*. 2021;2–6. https://doi.org/10.54950/26585340_2021_4_1_2
16. Lapidus AA, Chapidze OD. Factors and Risks in Residential Construction. *Строительное Производство*. 2020;2–9. https://doi.org/10.54950/26585340_2020_3_2
17. Lapidus AA, Vorobyov AS. Identification and Analysis of Technical Risks in the Construction of Low-Rise Residential Buildings. *Строительное Производство*. 2021;2–7. https://doi.org/10.54950/26585340_2021_2_2
18. Lapidus AA, Makarov AN. A risk-based approach to construction control applied by a developer. *Vestnik MGSU*. 2022;232–41. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2022.2.232-241>
19. De Marco A, Thaheem JM. Risk analysis in construction projects: a practical selection methodology. *American Journal of Applied Sciences*. 2013;11(1):74–84. <https://doi.org/10.3844/AJASSP.2014.74.84>
20. Chan APC, Chan DWM, Yeung JFY. Overview of the Application of «Fuzzy Techniques» in Construction Management Research. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2009;135:1241–52. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000099](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000099)
21. Dey PK. Decision support system for risk management: A case study. *Management Decision*. 2001;39:634–49. <https://doi.org/10.1108/00251740110399558/FULL/XML>
22. Taroun A Towards a Better Modelling and Assessment of Construction Risk: Insights from a Literature Review. *International Journal of Project Management*. 2014;32:101–15. <https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2013.03.004>
23. Aven T Risk Assessment and Risk Management: Review of Recent Advances on their Foundation. *European Journal of Operation Research*. 2016;253:1–13. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2015.12.023>

23. Li CZ, Zhong RY, Xue F, Xu G, Chen K, Huang GG et al. Integrating RFID and BIM Technologies for Mitigating Risks and Improving Schedule Performance of Prefabricated House Construction. *Journal of Cleaner Production*. 2017;165:1048–62. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.07.156>
24. Zhao X, Feng Y, Pienaar J, O'Brien D Modelling Paths of Risks Associated with BIM Implementation in Architectural, Engineering and Construction Projects. *Architectural Science Review*. 2017;60:472–82. <https://doi.org/10.1080/00038628.2017.1373628>
25. Deng X, Low SP Exploring Critical Variables That Affect Political Risk Level in International Construction Projects: Case Study from Chinese Contractors. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*. 2013;140:04013002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EL.1943-5541.0000174](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EL.1943-5541.0000174)
26. Chang T, Hwang BG, Deng X, Zhao X Identifying Political Risk Management Strategies in International Construction Projects. *Advances in Civil Engineering*. 2018;2018:1016384. <https://doi.org/10.1155/2018/1016384>
27. Doloi H, Sawhney A, Iyer KC, Rentala S Analysing Factors Affecting Delays in Indian Construction Projects. *International Journal of Project Management*. 2012;30:479–89. <https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2011.10.004>
28. Ding LY, Zhou C, Deng QX, Luo HB, Ye XW, Ni YQ et al. Real-Time Safety Early Warning System for Cross Passage Construction in Yangtze Riverbed Metro Tunnel Based on the Internet of Things. *Automation in Construction*. 2013;36:25–37. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2013.08.017>
29. Fang Q, Zhang D, Wong LNY Environmental Risk Management for a Cross Interchange Subway Station Construction in China. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2011;26:750–63. <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2011.05.003>
30. Chen W, Zhang G, Jiao Y, Wang H Unascertained Measure-Set Pair Analysis Model of Collapse Risk Evaluation in Mountain Tunnels and Its Engineering Application. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2021;25:451–67. <https://doi.org/10.1007/S12205-020-0627-8>
31. Van Eck NJ, Waltman L Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping. *Scientometrics*. 2010;84:523–38. <https://doi.org/10.1007/S11192-009-0146-3/FIGURES/7>
32. Al Qudah SMA, Fuentes-Bargues JL, Ferrer-Gisbert PS Bibliometric Analysis of the Literature on Risk Management in the Construction Sector: Exploring Current and Future Trends. *Ain Shams Engineering Journal*. 2024;15:102843. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2024.102843>

Об авторах:

Аль-Згуль Ильяс Хусейнович, аспирант кафедры городского строительства и хозяйства Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0009-0001-9000-0000), ilaszgul@gmail.com

Шенна Светлана Георгиевна, доктор технических наук, профессор, советник РААСН, заведующая кафедрой городского строительства и хозяйства Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [Scopus](https://scopus.com/authors/details/shenna-svetlana), [ORCID](https://orcid.org/0009-0001-9000-0000), rgsu-gsh@mail.ru

Морозова Наталья Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и конструкций Южного федерального университета (344006, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42), [ORCID](https://orcid.org/0009-0001-9000-0000), nemorozova@sfedu.ru

Заявленный вклад авторов:

И.Х. Аль-Згуль: формирование основной концепции, цели и задачи исследования, проведение ручного и программного библиометрического исследования, подготовка текста, формирование выводов.

С.Г. Шенна: научное руководство, анализ результатов исследований.

Н.Е. Морозова: проверка результатов библиометрического исследования, правка текста.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Ilyas Kh. Al-Zgul, Postgraduate student of the Department of Urban Construction and Economy at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ORCID](https://orcid.org/0009-0001-9000-0000), ilaszgul@gmail.com

Svetlana G. Sheina, D.Sc. (Eng.), Professor, Advisor to the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the Department of Urban Construction and Management at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [Scopus](https://scopus.com/authors/details/sheina-svetlana), [ORCID](https://orcid.org/0009-0001-9000-0000), rgsu-gsh@mail.ru

Natalia E. Morozova, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Structural Mechanics and Structures at the Southern Federal University (105/42 Bolshaya Sadovaya Str., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation), [ORCID](#), nemorozova@sfedu.ru

Claimed contributorship:

IKh Al-Zgul: formation of the basic concept, aims of the study, conducting manual and programmatic bibliometric research, manuscript preparation, drawing the conclusions.

SG Sheina: scientific supervision, analysis of the research results.

NE Morozova: checking the results of bibliometric research, editing the manuscript.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 12.05.2025

Поступила после рецензирования / Reviewed 29.05.2025

Принята к публикации / Accepted 14.06.2025

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION



УДК 69.003

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-77-84>

Исследование проблем бюджетного контроля и стратегий в проектах ЕРС, реализуемых в Китайской народной республике

Ли Цун¹ , Л.Б. Зеленцов² , Д.В. Пирко² , К.В. Тузлуков² 

¹Шаньдунский транспортный университет, г. Цзинань, провинция Шаньдун, Китайская народная республика

²Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ 1730335216@qq.com



EDN: WPVFAQ

Аннотация

Введение. Мировая практика реализации инвестиционных проектов выделяет ЕРС- и ЕРСМ-контракты как наиболее перспективные стратегии реализации сложных инфраструктурных и промышленных проектов. В России в настоящее время схема ЕРС-контрактования наиболее распространена в сфере нефтегазовой промышленности, в основном при реализации зарубежных проектов на территории РФ. В остальных отраслях развитие рынка по схемам ЕРС в РФ находится в зачаточном состоянии.

В статье рассматриваются проблемы, которые возникают при реализации инвестиционно-строительных проектов в КНР и которые следует учитывать в РФ.

Цель исследования — выявить существующие проблемы ЕРС-контракта и предложить пути их решения.

Материалы и методы. Проведен сравнительный анализ методологии управления строительным проектом на основе заключения ЕРС-контракта.

Результаты исследования. По итогам анализа проблем контроля бюджета ЕРС-контракта в КНР разработано методическое руководство по работе с бюджетом ЕРС-контракта.

Обсуждение и заключение. Предприятиям, заключившим ЕРС-контракт, необходимо прежде всего осуществить стандартизацию системы управления бюджетированием проекта, улучшить управление изменениями в проекте, оптимизировать управление цепями поставок материальных ресурсов, разработать алгоритм решения проблемы превышения лимита бюджета и улучшения механизма оценки бюджета с учетом сложившейся фактической ситуации. Предполагается, что благодаря этим мерам эффективность бюджетного контроля генподрядных предприятий ЕРС-контрактов будет повышена.

Ключевые слова: ЕРС-контракт, управление инвестиционно-строительным проектом, бюджетный контроль, ошибки проектирования, стоимость строительства, сроки строительства

Для цитирования. Ли Цун, Зеленцов Л.Б., Пирко Д.В., Тузлуков К.В. Исследование проблем бюджетного контроля и стратегий в проектах ЕРС, реализуемых в Китайской народной республике. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(3):77–84. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-77-84>

Research on Budget Control Issues and Strategies in EPC Projects Implemented in People's Republic of China

Li Cong¹  , Leonid B. Zelentsov² , Dmitriy V. Pirko² , Kirill V. Tuzlukov² 

¹ Shandong Jiaotong University, Jinan, Shandong Province, China

² Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

 1730335216@qq.com

Abstract

Introduction. The global practice of implementing investment projects distinguishes EPC and EPCM contracts as the most promising strategies for implementing complex infrastructure and industrial projects. In Russia, the EPC contracting scheme is the most common one in the oil and gas industry, largely in implementing foreign projects in the Russian Federation. In other industries, the development of the EPC market in the Russian Federation is in its infancy.

The article looks into the problems during implementing investment and construction projects in People's Republic of China and which should be considered in the Russian Federation. The aim of the study is to identify the existing problems of the EPC contract and set forth some ways of addressing them.

Materials and Methods. A comparative analysis of the construction project management methodology based on signing an EPC contract has been performed.

Research Results. Based on the analysis of the problems of controlling the budget of the EPC contract in China, a methodological guide for working with the budget of the EPC contract has been developed.

Discussion and Conclusion. Enterprises that have signed an EPC contract need, most importantly, to standardize the project's budgeting management system, to improve project change management, to optimize supply chain management of material resources, to develop an algorithm of addressing the problem of exceeding the budget limit and to improve the budget assessment mechanism accounting for the current actual situation. It is assumed that owing to the above measures, the effectiveness of budget control of general contracting enterprises of EPC contracts will be enhanced.

Keywords: EPC contract, investment and construction project management, budget control, design errors, construction cost, construction deadlines

For citation. Li Cong, Zelentsov LB, Pirko DV, Tuzlukov KV. Research on Budget Control Issues and Strategies in EPC Projects Implemented in People's Republic of China. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(3):77–84. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-3-77-84>

Введение. С 1980-х годов Госсовет КНР, различные министерства и комиссии в сфере строительства подготовили и выпустили документы, связанные с генподрядом, и на рынке инженерных подрядов появилась новая тенденция: во все большем количестве инвестиционных проектов заказчики стали использовать режим генподрядного строительства.

В это время государством были выпущены нормативные документы, регламентирующие внедрение методологии ЕРС. Внедрение методологии и реализация пилотных проектов ЕРС-подряда в Китае началось с 1984 года. В сентябре 1984 года на объектах химической промышленности началось тестирование режима генерального подряда. В ноябре 1997 года был принят «Закон о строительстве» в Китае, который прямо поддержал внедрение режима генерального подряда, а в августе 1999 года Министерство строительства выпустило документ «О руководящих решениях по продвижению крупных проектных подразделений для создания международных инжиниринговых компаний». В этом документе предполагалось, что потребуется около пяти лет для интеграции ряда изыскательских и проектных подразделений в международные инжиниринговые компании с возможностью заключения генерального контракта на проектирование, закупку и строительство. В начале 2014 года соответствующие министерства и комиссии Китая выпустили генеральную директиву, направленную на дальнейшее расширение применения концепции ЕРС-подряда. Директива была направлена на корректировку и улучшение существующей системы управления инвестиционно-строительными проектами (ИСП), на повышение ответственности ЕРС-подрядчика и управленческого персонала, подготовку кадрового резерва из талантливой молодежи и т.д. В результате проведенных мероприятий режим ЕРС-подрядчика стал быстро развиваться в Китае.

Проектирование (Design), закупку (Procurement) и строительство (Construction) включает генеральный договор подряда, в соответствии с которым предприятие — генеральный подрядчик — берет на себя полную ответственность за реализацию модели генерального подряда: проектирование, закупки, строительство и ввод объекта в эксплуатацию в заданные сроки с фиксированной стоимостью и обеспечением требуемого качества и безопас-

ности выполняемых работ. Важнейшая особенность режима ЕРС заключается в том, чтобы в полной мере использовать роль рыночных механизмов. Мало того, что владелец проекта в первую очередь будет рассматривать его как инвестиционный проект, так еще требуется учесть интересы всех участников проекта, при этом приоритетными являются проектировщики и подрядчики.

Целью настоящего исследования является определение и подробное рассмотрение проблем, связанных с контролем бюджета ЕРС-контрактов.

Материалы и методы. При проведении исследования использовались методы сравнительного анализа традиционного генподрядного договора с ЕРС контрактом. Учитывая то обстоятельство, что при заключении ЕРС контракта используется твердая договорная цена, то у ЕРС подрядчика практически отсутствует возможность изменения цены, за исключением возникновения форс мажорных обстоятельств. Это приводит к необходимости ЕРС подрядчику на стадии тендерного отбора осуществлять тщательный расчет своей цены с учетом глубоко анализа цен на строительные материалы, технологическое оборудование, вступать в предварительные переговоры с потенциальными субподрядчиками о ценовой политике при производстве тех или иных строительно-монтажных работ.

Проблемы контроля бюджета ЕРС-контракта.

1. Недостаточно обоснованная разработка бюджета строительного проекта с точки зрения существующей методологии его управления.

Прежде всего, механизм внутреннего контроля предприятий ЕРС-контрактов не совершенен. Некоторые ЕРС-подрядчики игнорируют важность управления внутренним контролем, а их система управления имеет серьезные недостатки, из-за чего предприятие не может эффективно осуществлять управление бюджетированием, что в конечном итоге влияет на финансовую устойчивость и эффективность проекта [1]. В ряде случаев метод бюджетирования проекта не всегда является научно обоснованным. При подготовке бюджета проекта сотрудники некоторых ЕРС-подрядчиков опираются только на исторические данные, то есть составляют бюджет на основе данных о затратах по ранее выполненным проектам, игнорируя влияние внешних факторов, таких как изменение рыночной конъюнктуры и внедрение новых технологий, что в конечном итоге приводит к отклонению бюджета от фактических затрат. Наконец, информация о бюджетировании не является прозрачной, а данные не обновляются своевременно, в результате чего информация, на основе которой составляется бюджет, не является достаточно полной и точной, что повышает риск провала проекта.

2. Несовершенное управление изменениями в проекте.

В ЕРС-контрактах участвует множество участников, на которых влияют корректировки технических параметров, изменения потребностей заказчика и рыночной среды и другие факторы. ЕРС-подрядчик с целью обеспечения безусловной сдачи проекта, в ходе строительства может при необходимости и по согласованию с заказчиком внести изменения в объемы работ.

Изменения в проекте неизбежно повлияют на систему контроля бюджета ЕРС-контракта, и в каждом аспекте управления изменениями в ЕРС-контракте есть точки риска контроля бюджета. Некоторые изменения в проекте своевременно могут быть не обнаружены, что приводит к неконтролируемому управлению изменениями; даже если изменения были выявлены, из-за недостаточной эффективности методов их оценки и профессионального уровня управленческого персонала оценка изменений в проекте была недостаточно точной, и это может негативно сказаться на принятии управленческих решений. С другой стороны, каналы связи и проведение переговоров между ЕРС-подрядчиком и заинтересованными сторонами не всегда являются гладкими, а реакция на изменения проекта не является совершенной, что еще больше влияет на точность и надежность контроля бюджета проекта [2].

3. Нарушения в управлении цепочками поставок материальных ресурсов.

Некоторые ЕРС-подрядчики не управляют цепочками поставок материальными ресурсами должным образом, что часто приводит к следующим ситуациям. Во-первых, задержки в цепи поставок могут привести к тому, что оборудование, материалы, необходимые для строительства объекта, не будут вовремя доставлены на строительную площадку, что может серьезно повлиять на ход реализации проекта. Во-вторых, качество материалов или оборудования, поставленных поставщиками, может не соответствовать нормативным требованиям и проектным решениям, в результате чего ЕРС-подрядчику приходится тратить время и/или финансовые ресурсы на ремонт и замену проблемного оборудования, что увеличивает фактическую стоимость проекта. В-третьих, у самого поставщика могут возникнуть финансовые трудности, что может привести к нарушению контрактных обязательств. Кроме того, при реализации ИСП могут возникнуть и другие непредвиденные обстоятельства, а план действий ЕРС-подрядчика на случай непредвиденных обстоятельств может быть не совершенен, что увеличивает неопределенность реализации ЕРС-контракта.

4. Нестандартный подход к урегулированию перерасхода бюджетных средств.

В процессе управления проектом необходимо постоянно осуществлять контроль бюджета ЕРС-контракта. На бюджет проекта могут серьезно влиять изменение рыночных цен на оборудование, используемое в проекте, которое может иметь достаточно большой диапазон колебания, поэтому ЕРС-подрядчику необходимо постоянно осуществлять мониторинг цен и своевременно вносить изменения в стратегию реализации проекта [3]. Во-вторых, недостаточно обоснованные некоторые положения в тендерной документации могут также привести к превышению бюджета, например, предмет договора не ясен и подрядчику придется принять, на себя необоснованные решения по дополнительной ответственности и т.п.

Результаты исследования. Стратегия реагирования на проблемы контроля бюджета ЕРС-контракта.

1. Стандартизация процедур управления бюджетированием проекта.

Прежде всего, предприятие при заключении ЕРС-контракта должно обратить внимание на механизм внутреннего контроля, уточнить ответственность и полномочия каждого отдела и сотрудника, всесторонне усилить контроль и управление всеми аспектами процесса бюджетирования [4]. Опора только на данные ранее реализованных аналогичных проектов при составлении бюджета может легко привести к предвзятости, поэтому управленческий персонал ЕРС-подрядчика должен использовать диверсифицированные методы составления бюджета в своей работе. Помимо данных по проектам-аналогам, они также должны учитывать влияние изменений в текущих рыночных условиях, внедрение новых технологий и другие факторы, применять методы поиска и анализа данных, сочетать характеристики проекта с анализом тенденций и оценкой рисков, чтобы научно оценить структуру затрат бюджета. Наконец, ЕРС-подрядчик при реализации ЕРС-контрактов должен определить каналы сбора и передачи информации, чтобы соответствующая информация могла быть своевременно и точно передана персоналу для принятия решений.

2. Улучшение управления изменениями в проекте.

Для повышения качества и эффективности контроля бюджета проекта ЕРС-подрядчик должен улучшить следующие аспекты в своей работе. Во-первых, ЕРС-подрядчик должен сформулировать всеобъемлющую политику и процедуры управления изменениями, уточнить процесс выявления, регистрации, оценки, утверждения и исполнения изменений, обеспечить последовательность и прозрачность управления изменениями, а также снизить количество несанкционированных изменений. Во-вторых, ЕРС-подрядчик должен создать проектный офис — межведомственную группу по оценке изменений, возникающих в процессе реализации проекта, в которую должны входить финансовый директор, руководитель проекта, руководители сметно-договорного и производственно-технического отделов, руководитель строительства и другие эксперты.

Проектный офис несет особую ответственность за оценку обоснованности, необходимости и степени влияния изменений и принимает решения об утверждении тех или иных директив, чтобы гарантировать, что изменения соответствуют общим интересам проекта. Кроме того, подрядчикам ЕРС-контрактов необходимо использовать современные информационные технологии для создания интеллектуальной системы управления изменениями и системы прогнозирования их влияния на бюджет проекта на основе накопленных данных [5].

3. Оптимизация управления цепочками поставок материальных ресурсов.

При управлении логистикой — цепочками поставок материальных ресурсов ЕРС-подрядчики должны проводить комплексную оценку потенциальных поставщиков, оценивая их технические возможности, надежность, прошлый опыт, систему управления качеством и другие показатели. Использовать технологию анализа больших данных для повышения эффективности и точности оценки поставщиков и в итоге сформировать базу данных об оценке поставщиков. Такая база данных могла бы использоваться для выбора партнеров по сотрудничеству. Следует выбирать партнеров с хорошей репутацией и надежностью, чтобы обеспечить стабильность цепочек поставок материальных ресурсов. В то же время подрядчики ЕРС-контрактов должны своевременно разрабатывать и передавать заявки на поставку материальных ресурсов в базы данных поставщиков, чтобы создать долгосрочный механизм управления поставками. В случае возникновения проблем в существующей цепочке поставок ЕРС-подрядчик должен иметь возможность своевременно переключиться на альтернативных поставщиков, чтобы избежать серьезных последствий для проекта [6].

4. Разумное решение проблемы превышения бюджета проекта.

ЕРС-подрядчик должен принимать во внимание ситуацию на рынке и фактическое финансовое состояние предприятия, контролировать бюджет каждого проекта, повышать способность интегрированного управления проектной, закупочной и строительной деятельностью и на этой основе сформулировать и разработать общую модель управления затратами и бюджетированием проекта. Создать систему управления рентабельностью проекта, определять точку баланса прибыли и убытков и позиционирование предприятия на рынке, а также формировать целевую систему бюджетного лимита [7].

В частности, руководство предприятия должно принимать следующие меры для научного решения проблемы превышения бюджета. Во-первых, ЕРС-подрядчику необходимо создать гибкий и динамичный механизм закупок, установить долгосрочные отношения сотрудничества с поставщиками для получения больших ценовых уступок и своевременно корректировать план закупок, чтобы адаптироваться к изменениям рыночных цен. Во-вторых, ЕРС-подрядчику следует усилить взаимодействие структурных подразделений при составлении тендерной документации, чтобы обеспечить ясность объема предложения, разумность и выполнимость требований заказчика, а также избежать появления необоснованных положений о неограниченной ответственности. В то же время ЕРС-подрядчики должны создать профессиональную юридическую команду для проверки соответствия тендерной документации, чтобы избежать судебных споров и увеличения расходов предприятия. Наконец, ЕРС-подрядчики могут заранее планировать и координировать работу по контролю бюджета, укреплять связи между исполнителем и заказчиком, определять директивную дату завершения проекта, как можно раньше делать прогнозы и корректировки при подготовке бюджета, чтобы способствовать прогрессу проекта и осуществлять мониторинг затрат.

5. Улучшение механизмов оценки бюджета.

В целях дальнейшего повышения качества и эффективности работы по контролю бюджета ЕРС-контракта подрядчики должны совершенствовать механизм оценки бюджета проекта и придерживаться принципов целевого управления, а также создавать систему управления персоналом [8].

С другой стороны, ЕРС-подрядчики должны сформулировать соответствующие стандарты и показатели оценки бюджета для сотрудников в соответствии с содержанием их работы, за которую они отвечают. Для руководителей проектов и сотрудников, которые непосредственно отвечают за рабочий процесс по проекту, для оценки эффективности бюджета можно использовать более конкретные и количественно измеримые показатели, такие как уровни управления затратами и уровень выполнения работ [9].

К настоящему времени в КНР уже накоплен положительный опыт реализации инвестиционно-строительных проектов на основе заключения ЕРС-контрактов.

Рассмотрим в качестве примера реализованного проекта на основе ЕРС-контракта «Строительство фотоэлектрической электростанции мощностью 50 МВт».

Общая стоимость контракта: 250 млн. юаней (включая проектирование, закупку оборудования и строительство).

Срок реализации ИСП: 12 месяцев.

Цель бюджетного контроля: удержание отклонения затрат в пределах $\pm 3\%$.

1. Этап подготовки бюджета.

1.1. Подробная разбивка бюджета по статьям затрат (таблица 1).

Таблица 1

Бюджет по контракту

Статья расходов	Сумма бюджета, юани	%	Рекомендации
Проектирование	12 000 000	4,8	Сокращение количества изменений
Закупка фотоэлектрических модулей	120 000 000	48	Учет колебания валютного курса
Покупка инвертора	30 000 000	12	Получение скидок за объем закупки
Плата за строительство и монтаж	60 000 000	24	Контроль использования времени рабочих и строительных машин
Плата за управление проектом	15 000 000	6	Сокращение необязательных расходов (например, транспортных)
Резерв рисков	13 000 000	5,2	Резервирование финансовых средств из-за погодных условий, повышения цен на материалы и т.п.

1.2. Ключевые показатели контроля.

Оптимизация проекта: использовать BIM-модель для более точного расчета объемов земляных работ, что позволит снизить бюджет на 2 млн. юаней.

Договор с поставщиком комплектующих подписывается по схеме «открытый контракт», в котором оговаривается, что колебание цен не должно превышать $\pm 2\%$ [10].

2. Динамический контроль проекта во время его выполнения.

2.1. Ежемесячный анализ затрат (6-й месяц).

В таблице 2 приведены фактические показатели за 6 месяцев реализации проекта.

Таблица 2

Бюджет: планируемый, фактический, отклонение

Показатели	Бюджет, тыс. юаней	Фактические расходы, тыс. юаней	Отклонение, %	Анализ причин	Корректирующие действия
Фотоэлектрические панели. Солнечные батареи	6 000	6 300	+ 5	Рост цен на кремниевые материалы приводит к введению положения о корректировке цен	Бюджет резерва риска в размере 3 млн. юаней
Строительство и монтаж	3 000	2 700	– 10	Использование готовых кронштейнов экономит время	Остаток бюджетных средств переводится в резерв риска
Изменения в дизайне	200	500	+ 150	Новые требования владельцев к системе хранения энергии	Инициировать процесс подачи заявления об изменениях

2.2. Инструменты управления.

Механизм раннего оповещения: если отдельные расходы превышают бюджет на 5 %, это автоматически запускает управленческую проверку.

Журнал учета закупок: обновление в режиме реального времени информации о ходе поставки оборудования и оплаты, что позволяет избежать перерасхода средств на авансовые платежи.

Таблица 3

Окончательные показатели проекта

Результат	Данные
Общая стоимость	253 млн. юаней (+ 1,2 %)
Экономия	Оптимизация строительства позволила сэкономить 4 млн. юаней
Перерасход средств	Изменения в дизайне увеличили расходы на 3 млн. юаней
Вывод	Отклонение затрат контролируется в пределах целевого диапазона

Обсуждение и заключение. Проведенный анализ работы EPC-предприятий в КНР по бюджетному контролю показал, что в этой сфере все еще существуют определенные проблемы, которые необходимо устранить.

По результатам анализа (таблица 3) можно сделать следующие выводы:

1. Закупка оборудования требует предварительной фиксации цены (расчет цены на основании анализа предложений на рынке).
2. Полученная экономия от строительства может быть использована для компенсации перерасхода, возникшего по другим статьям затрат бюджета.

Список литературы/References

1. Сон Хунцзе, У Юньхай, Инь Минминг. Анализ феномена превышения бюджета и контрмеры для EPC-контрактов. *Чжэцзянское строительство*. 2023;40(05):79–82.
Song Hongjie, Wu Yunhai, Yin Mingming Analysis of the Phenomenon of Budget Overrun and Countermeasures for EPC contracts. *Zhejiang Construction*, 2023, 40(05):79–82.
2. Чжан Нин. Исследование контроля затрат на EPC-контракт по очистке сточных вод в поселке Н. КНР: Университет Циндао; 2023.
Zhang Ning Study on Cost Control of EPC Contract of Wastewater Treatment in N Township. Qingdao University, 2023.
3. У Гуандун. Проблемы и предложения по комплексному управлению бюджетом EPC-контракта. *Operator*. 2022;36(05):237–239.
Wu Guangdong Problems and Suggestions for Comprehensive Budget Management of EPC Contract. *Operator*, 2022, 36(05):237–239.
4. Ван Хайцзяо. Анализ проблем и стратегии реагирования в бюджетном контроле EPC-контрактов. *Управление экономикой*. 2023(11):172–175.
Wang Haijiao Analysis of Problems and Response Strategies in Budget Control of EPC Contracts. *Economic Management*, 2023(11):172–175.
5. Зеленцов Л.Б., Маилян Л.Д., Акопян Н.Г., Шогенов М.С. Моделирование организационно-технологических процессов в строительстве с использованием современных цифровых технологий. *Строительное производство*.

2020;1:41–44. URL: <https://build-pro.press/upload/iblock/d77/d77945540233ffe77315c2d6db833330.pdf> (дата обращения: 05.08.2025).

Zelentsov LB, Mailyan LD, Akopyan NG, Shogenov MS Modeling of Organizational and Technological Processes in Construction Using Modern Digital Technologies. *Construction Production*. 2020;1:41–44. (In Russ.) <https://build-pro.press/upload/iblock/d77/d77945540233ffe77315c2d6db833330.pdf> (accessed: 05.08.2025).

6. Зеленцов Л.Б., Майлян Л.Д., Шогенов М.С., Трипута И.Г. *Интеллектуальные системы управления в строительстве: монография*. Ростов-на-Дону: ДГТУ; 2017. 88 с.

Zelentsov LB, Mailyan LD, Shogenov MS, Triputa IG *Intelligent Control Systems in Construction: A Monograph*. Don State Technical University, Rostov-on-Don: DSTU; 2017. 88 p.

7. Лапидус А.А., Шевченко И.С. Определение комплекса мероприятий для организации и проведения научно-технического сопровождения уникальных объектов на основе формирования организационно-технологической платформы. *Строительное производство*. 2024;1:112–118. https://doi.org/10.54950/26585340_2024_1_112

Lapidus AA, Shevchenko IS Definition of a Set of Measures for Organizing and Conducting Scientific and Technical Support of Unique Objects Based on the Formation of an Organizational and Technological Platform. *Construction Production*. 2024;1:112–118. (In Russ.) https://doi.org/10.54950/26585340_2024_1_112

8. Майлян Л.Д., Зеленцов Л.Б., Пирко Д.В., Тузлуков К.В., Илюшин С.А. Повышение эффективности реализации типовых проектов на основе применения систем информационного моделирования. *Строительное производство*. 2024;3:58–64. https://doi.org/10.54950/26585340_2024_3_58

Mailyan LD, Zelentsov LB, Pirko DV Improving the Efficiency of Standard Project Implementation Based on the Use of Information Modeling Systems. *Construction Production*. 2024;3:58–64. (In Russ.) https://doi.org/10.54950/26585340_2024_3_58

9. Зеленцов Л.Б., Шогенов М.С., Пирко Д.В. Прогнозирование временных и стоимостных параметров при управлении инвестиционно-строительными проектами. *Строительное производство*. 2020;3:41–45. https://doi.org/10.54950/26585340_2020_3_41

Zelentsov LB, Shogenov MS, Pirko DV Forecasting Time and Cost Parameters in the Management of Investment and Construction Projects. *Construction Production*. 2020;3:41–45. (In Russ.) https://doi.org/10.54950/26585340_2020_3_41

10. Amin KF, Abanda FH Building Information Modelling Plan of Work for Managing Construction Projects in Egypt. *Journal of Construction in Developing Countries*. 2019;24(2):23–61. <https://doi.org/10.21315/jcdc2019.24.2.2>

Об авторах:

Ли Цун, инженер Шаньдунского транспортного университета (Китайская народная республика, провинция Шаньдун г. Цзинань), [ORCID, 1730335216@qq.com](https://orcid.org/1730335216@qq.com)

Зеленцов Леонид Борисович, доктор технических наук, профессор кафедры организации строительства Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ResearcherID](https://orcid.org/ResearcherID), [ScopusID](https://orcid.org/ScopusID), [ORCID, zelencovairina02@gmail.com](mailto:zelencovairina02@gmail.com)

Пирко Дмитрий Владимирович, аспирант кафедры организации строительства Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ScopusID](https://orcid.org/ScopusID), [ORCID](https://orcid.org/ORCID), dmitwl2000@gmail.com

Тузлуков Кирилл Владимирович, аспирант кафедры организации строительства Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/ORCID), dmitwl2000@gmail.com

Заявленный вклад соавторов:

Ли Цун: формирование основной концепции, цели и задачи исследования.

Л.Б. Зеленцов: научное руководство, анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов.

Д.В. Пирко: проведение расчетов, подготовка текста, формирование выводов.

К.В. Тузлуков: проверка результатов исследования, корректировка выводов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Li Cong, Engineer, Shandong Jiaotong University (People's Republic of China, Shandong Province, Jinan), [ORCID](#), 1730335216@qq.com

Leonid B. Zelentsov, D.Sc.(Eng.), Professor of the Department of Construction Management at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), zelencovairina02@gmail.com

Dmitriy V. Pirko, PhD student of the Department of Construction Management at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ScopusID](#), [ORCID](#), dmitwl2000@gmail.com

Kirill V. Tuzlukov, PhD student of the Department of Construction Management at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ORCID](#), dmitwl2000@gmail.com

Claimed contributorship:

Li Cong: formation of the basic concept, aims of the study.

LB Zelentsov: scientific supervision, analysis of the research results, revision of the manuscript, correction of the conclusions.

DV Pirko: performing the calculations, preparing the manuscript, forming the conclusions.

KV Tuzlukov: verification of the research results, correction of the conclusions.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / **Received** 07.08.2025

Поступила после рецензирования / **Reviewed** 22.08.2025

Принята к публикации / **Accepted** 08.05.2025