

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

ISSN 2073-7416

BUILDING AND RECONSTRUCTION

№5 (121) 2025

Теория инженерных сооружений.
Строительные конструкции

The theory of engineering
constructions. Construction
design

Безопасность зданий
и сооружений

Building and structure
safety

Архитектура
и градостроительство

Architecture
and urban

Строительные материалы
и технологии

Building
materials



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

Главный редактор:
Колчунов В.И., *акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*

Заместители главного редактора:
Гордон В.А., *советник РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Савин С.Ю., *канд. техн. наук, доц. (Россия)*
Финадеева Е.А., *канд. техн. наук, доц. (Россия)*

Редакция:
Акимов П.А., *акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*

Бакаева Н.В., *советник РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Бок Т., *д-р техн. наук, проф. (Германия)*
Булгаков А.Г., *д-р техн. наук, проф. (Германия)*
Ерофеев В.Т., *акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Есаулов Г.В., *акад. РААСН, д-р арх., проф. (Россия)*
Каприелов С.С., *акад. РААСН, д.т.н., проф. (Россия)*

Колесникова Т.Н., *д-р арх., проф. (Россия)*
Колчунов В.И., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Коробко А.В., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Король Е.А., *чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*

Кривошапко С.Н., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Кудряшов Н.Н., *канд. арх., проф. (Россия)*

Лефай З., *д-р техн. наук, проф. (Франция)*
Мелькумов В.Н., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Орлович Р.Б., *д-р техн. наук, проф. (Польша)*

Птичкина Г.А., *д-р арх., проф. (Россия)*
Реболж Д., *д-р техн. наук, проф. (Словения)*
Римшин В.И., *чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*

Себешев В.Г., *почетный чл. РААСН, канд. техн. наук, проф. (Россия)*
Тамразян А.Г., *чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*

Травуш В.И., *акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Трещев А.А., *чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*

Тур В.В., *иностран. чл. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*

Федорова Н.В., *советник РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*

Шах Р., *д-р техн. наук, проф. (Германия)*

Исполнительный редактор:
Амелина М.А., *(Россия)*

Адрес редакции:
302030, Орловская обл., г. Орёл,
ул. Московская, д. 77.
Тел.: +79065704999
<http://oreluniver.ru/science/journal/sir>
E-mail: str_and_rek@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство: ПИ №ФС 77-67169
от 16 сентября 2016 г.

Подписной индекс **86294**
по объединенному каталогу «Пресса России»
на сайтах www.ppressa-ru.ru и www.akc.ru

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2025

Содержание

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

- Кабанцев О.В., Крылов С.Б., Трофимов С.В.** Экспериментальные исследования прочности на продавливание монолитных железобетонных плит большой толщины 3
- Курбацкий Е.Н., Зернов И.И.** Метод решения задач строительной механики, основанный на теоремах Коши 27
- Травуш В.И., Конин Д.В., Крылов А.С., Арленинов П.Д., Рожкова Л.С., Жданова А.А., Гаврилов Д.Н., Ведяков М.И.** Прочность и деформативность изгибаемых сталежелезобетонных элементов с листовым армированием с учетом трещин 42

Безопасность зданий и сооружений

- Алексейцев А.В., Юрусов К.В.** Практический метод расчета по нормальному сечению коррозионно поврежденных колонн при горизонтальном ударе 57
- Московцева В.С.** Расчет параметра живучести железобетонной рамной системы при особом воздействии 73

Архитектура и градостроительство

- Воличенко О.В., Чечель И.П.** Теоретическая модель образовательного комплекса полного дня 85
- Розанцева Н.В.** Реконструкция замка Инстербурга с приспособлением для современного использования 107
- Федорова Т.С., Федорова Н.В.** Принципы реставрационной деятельности в концепции парадигмы биосферносовместимых городов и поселений 122

Строительные материалы и технологии

- Абдуллаев А.М., Муртазаев С.-А.Ю., Абдуллаев М.А.-В., Саидумов М.С., Абдуллаев Р.М.** Влияние комплексной добавки на поверхностное натяжение воды и основные свойства цементного камня 133

Editor-in-Chief
Kolchunov V.I., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Editor-in-Chief Assistants:
Gordon V.A., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Savin S.Yu., candidate sc. tech., docent (Russia)
Finadeeva E.A., candidate sc. tech., docent (Russia)

Editorial Board
Akimov P.A., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Bakaeva N.V., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Bock T., doc. sc. tech., prof. (Germany)
Bulgakov A.G., doc. sc. tech., prof. (Germany)
Erofeev V.T., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Esaulov G.V., doc. arc., prof. (Russia)
Kaprielov S.S., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Kolesnikova T.N., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Kolchunov V.I., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Korobko A.V., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Korol E.A., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Krivoshapko S.N., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Kudryashov N.N., candidate arc., prof. (Russia)
Lafhaj Z., doc. sc. tech., prof. (France)
Melkumov V.N., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Orlovic R.B., doc. sc. tech., prof. (Poland)
Ptichnikova G.A., doc. arc., prof. (Russia)
Rebolj D., doc. sc. tech., prof. (Slovenia)
Rimshin V.I., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Sebeshev V.G., candidate sc. tech., prof. (Russia)
Tamrazyan A.G., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Travush V.I., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Treshev A.A., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Tur V.V., doc. sc. tech., prof. (Belorussia)
Fedorov V.S., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Fedorova N.V., doc. sc. tech., prof. (Russia)
Schach R., doc. sc. tech., prof. (Germany)

Managing Editor:
Amelina M.A., (Russia)

The edition address:
302030, Oryol region., Oryol,
Moskovskaya Street, 77
+79065704999
<http://oreluniver.ru/science/journal/sir>
E-mail: str_and_rek@mail.ru

Journal is registered in Russian federal service for monitoring communications, information technology and mass communications
The certificate of registration:
ПИ №ФЦ 77-67169 from 16.09.2016 г.

Index on the catalogue of the «**Pressa Rossii**»
86294 on the websites www.pressa-ru.ru and www.akc.ru

© Orel State University, 2025

Contents

Theory of engineering structures. Building units

Kabantsev O.V., Krylov S.B., Trofimov S.V. Experimental studies on the punching shear strength of thick reinforced concrete slabs.....	3
Kurbatsky E.N., Zernov I.I. A method for solving problems of structural mechanics based on Cauchy's theorems.....	27
Travush V.I., Konin D.V., Krylov A.S., Arleninov P.D., Rozhkova L.S., Zhdanova A.A., Gavrilov D.N., Vedyakov M.I. Strength and deformability of elements with steel-plate reinforcement with bending cracks.....	42

Building and structure safety

Alekseytsev A.V., Yurusov K.V. A practical calculation method for the normal section of corrosion-damaged columns under transverse impact.....	57
Moskovtseva V.S. Calculation of robustness parameter of reinforced concrete frame system under special impact.....	73

Architecture and urban planning

Volichenko O.V., Chechel I.P. Theoretical model of an all-day educational complex.....	85
Rozantseva N.V. Reconstruction of Insterburg castle with adaptation for modern use.....	107
Fedorova T.S., Fedorova N.V. Principles of restoration activity within the concept of the biosphere-compatible cities and settlements paradigm.....	122

Construction materials and technologies

Abdullaev A.M., Murtazaev S.-A.Yu., Abdullaev M.A.-V., Saidumov M.S., Abdullaev R.M. Porous filler based on metallurgical slag and liquid-glass composition.....	132
---	-----

О.В. КАБАНЦЕВ¹, С.Б. КРЫЛОВ², С.В. ТРОФИМОВ^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия

²Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона
(НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ БОЛЬШОЙ ТОЛЩИНЫ

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований прочности на продавливание монолитных железобетонных плит большой толщины (600 мм) без поперечного армирования. Исследовано влияние коэффициента продольного растянутого армирования ($\mu_s = 0,56\%$ и $1,12\%$) на несущую способность и характер разрушения. Установлено, что увеличение процента армирования в 2 раза приводит к росту прочности на продавливание лишь на 10,8%, что свидетельствует о снижении влияния этого фактора для «толстых» плит по сравнению с «тонкими». Проанализировано сложное напряженно-деформированное состояние бетона в оппорной зоне и распределение напряжений в арматуре. Проведен сравнительный анализ экспериментальных данных с расчетами по нормативным документам (СП 63.13330, EC2, ACI 318, MC2020), который показал значительную переоценку несущей способности по методике СП 63.13330, особенно для плит с малым процентом армирования. Сделан вывод о необходимости учета продольного армирования в расчетных моделях.

Ключевые слова: железобетонные плиты большой толщины, продавливание, напряженно-деформированное состояние, экспериментальные исследования.

O.V. KABANTSEV¹, S.B. KRYLOV², S.V. TROFIMOV^{1,2}

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

²Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center
"Construction", Moscow, Russia

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE PUNCHING SHEAR STRENGTH OF THICK REINFORCED CONCRETE SLABS

Abstract. This paper presents the results of experimental studies on the punching shear strength of thick reinforced concrete slabs (600 mm) without shear reinforcement. The influence of the tensile reinforcement ratio ($\mu_s = 0,56\%$ and $1,12\%$) on the load-bearing capacity and failure mode was investigated. It was found that a two-fold increase in the reinforcement ratio leads to an increase in punching shear strength of only 10,8%, indicating a reduced influence of this factor for "thick" slabs compared to "thin" ones. The complex stress-strain state of concrete in the support zone and the stress distribution in the reinforcement were analyzed. A comparative analysis of the experimental data with calculations based on regulatory documents (SP 63.13330, EC2, ACI 318, MC2020) was carried out, which showed a significant overestimation of the load-bearing capacity according to the SP 63.13330 methodology, especially for slabs with a low reinforcement ratio. It is concluded that it is necessary to account for the longitudinal reinforcement in the design models.

Keywords: thick reinforced concrete slabs, punching shear, stress-strain state, experimental studies.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабанцев О.В., Крылов С.Б., Трофимов С.В. Методика экспериментальных исследований прочности толстых железобетонных плит при действии продавливающей нагрузки // Строительство и реконструкция. 2025. №4. С. 22-40. DOI: 10.33979/2073-7416-2025-120-4-22-38
2. Muttoni A., Fernández Ruiz M. Size effect on punching shear strength: Differences and analogies with shear in one-way slabs // *fib Bulletin. Punching shear of structural concrete slabs*. 2017. №81. Pp. 59-72. DOI: 10.35789/fib.BULL.0081.Ch04
3. Bažant Z.P., Dönmez A. Size Effect on Punching Strength of Reinforced Concrete Slabs with and without Shear Reinforcement // *ACI Structural Journal*. 2017. Vol. 114 №4. Pp. 875-886. DOI: 10.14359/51689719.
4. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Москва: Минстрой России, 2018. 143 с.
5. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels: CEN, 2004.
6. ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19). American Concrete Institute: Farmington Hills, MI, 2019. 624 pp.
7. *fib Model Code for Concrete Structures 2020*. fib Lausanne: Ernst&Sohn, 2020.
8. Коровин Н.Н., Голубев А.Ю. Продавливание толстых железобетонных плит // Бетон и железобетон. 1989. №11. С. 20-23.
9. Cervenka, V. ATENA Program Documentation. Part 1. Theory / V. Cervenka, L. Jendele, J. Cervenka // Prague. Cervenka Consulting, 2020. – p. 344.
10. Трофимов С.В. Определение фактического угла наклона боковых граней пирамиды продавливания для плит большой толщины по результатам экспериментальных исследований // Инженерный вестник Дона. 2025. №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2025/10242.
11. Guandalini S., Burdet O.L., Muttoni A. Punching tests of slabs with low reinforcement ratios // *ACI Structural Journal*. 2009. Vol. 106. №. 1. Pp. 87-95.
12. Li K.K.L. Influence of Size on Punching Shear Strength of Concrete Slabs: MEng dissertation. Montreal: McGill University, 2000. 92 pp.
13. Lips S., Fernández Ruiz M., Muttoni A. Experimental Investigation on Punching Strength and Deformation Capacity of Shear-Reinforced Slabs // *ACI Structural Journal*. 2012. Vol. 109 pp. 889-900.
14. Einpaul J. Punching strength of continuous flat slabs: PhD thesis. Lausanne: EPFL, 2016. 211 pp.
15. Birkle G. Punching of Fat Slabs: The Influence of Slab Thickness and Stud Layouts: PhD dissertation. Calgary: UCalgary, 2004. 217 pp.
16. Kang S.M., NA S.J., Hwang H.J. Two-way shear strength of reinforced concrete transfer slab-column connections // *Engineering Structures*. 2021. № 231. Pp. 1-11.
17. Muttoni A., Ruiz M.F., Bentz E., Foster S.J. Background to the Model Code 2010 Shear Provisions - Part II Punching Shear // *Structural Concrete*. 2013. Vol. 14. №. 3. Pp. 195-203.

REFERENCES

1. Kabanchev O.V., Krylov S.B., Trofimov S.V. Experimental research methodology for punching shear strength of thick reinforced concrete slabs. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2025;(4):22-40. DOI: 10.33979/2073-7416-2025-120-4-22-38. (rus)
2. Muttoni A., Fernández Ruiz M. Size effect on punching shear strength: Differences and analogies with shear in one-way slabs. *fib Bulletin. Punching shear of structural concrete slabs*. 2017;(81):59-72. DOI: 10.35789/fib.BULL.0081.Ch04.
3. Bažant Z.P., Dönmez A. Size effect on punching strength of reinforced concrete slabs with and without shear reinforcement. *ACI Structural Journal*. 2017;114(4):875-886. DOI: 10.14359/51689719.
4. *SP 63.13330.2018 "SNiP 52-01-2003 Concrete and reinforced concrete structures. Main provisions"*. Moscow: Minstroy Rossii, 2018. 143 p. (rus)
5. *EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*. Brussels: CEN, 2004.
6. ACI Committee 318. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19)*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute, 2019. 624 p.
7. *fib Model Code for Concrete Structures 2020*. Lausanne: Ernst&Sohn, 2020.
8. Korovin N.N., Golubev A.Yu. Punching of thick reinforced concrete slabs. *Beton i zhelezobeton*. 1989;(11):20-23. (rus)

9. Cervenka V., Jendele L., Cervenka J. *ATENA Program Documentation. Part 1. Theory*. Prague: Cervenka Consulting, 2020. 344 p.
10. Trofimov S.V. Determination of the actual angle of inclination of the side faces of the punching pyramid for slabs of great thickness based on the results of experimental research. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2025;(7). URL: ivdon.ru/magazine/archive/n7y2025/10242. (rus)
11. Guandalini S., Burdet O.L., Muttoni A. Punching tests of slabs with low reinforcement ratios. *ACI Structural Journal*. 2009;106(1):87-95.
12. Li K.K.L. *Influence of Size on Punching Shear Strength of Concrete Slabs*. MEng dissertation. Montreal: McGill University, 2000. 92 p.
13. Lips S., Fernández Ruiz M., Muttoni A. Experimental Investigation on Punching Strength and Deformation Capacity of Shear-Reinforced Slabs. *ACI Structural Journal*. 2012;109:889-900.
14. Einpaul J. *Punching strength of continuous flat slabs*. PhD thesis. Lausanne: EPFL, 2016. 211 p.
15. Birkle G. *Punching of Fat Slabs: The Influence of Slab Thickness and Stud Layouts*. PhD dissertation. Calgary: UCalgary, 2004. 217 p.
16. Kang S.M., Na S.J., Hwang H.J. Two-way shear strength of reinforced concrete transfer slab-column connections. *Engineering Structures*. 2021;(231):1-11.
17. Muttoni A., Ruiz M.F., Bentz E., Foster S.J. Background to the Model Code 2010 Shear Provisions - Part II Punching Shear. *Structural Concrete*. 2013;14(3):195-203.

Информация об авторах

Кабанцев Олег Васильевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,
д-р техн. наук, директор научно-технических проектов, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций,
E-mail: ovk531@gmail.com

Крылов Сергей Борисович

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева АО «Научно-исследовательский центр «Строительство» г. Москва, Россия,
д-р техн. наук, академик РААСН, заведующий лабораторией механики железобетона,
E-mail: niizhb_lab8@mail.ru

Трофимов Сергей Владиславович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, аспирант кафедры Железобетонные и каменные конструкции
Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева АО «Научно-исследовательский центр «Строительство» г. Москва, Россия,
научный сотрудник лаборатории механики железобетона,
E-mail: niizhb_lab8@mail.ru

Information about authors

Kabantsev Oleg V.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Civil Engineering», Moscow, Russia,
Dr. Sci. (Engineering), Director of Scientific and Technical Projects, Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,
E-mail: ovk531@gmail.com

Krylov Sergey B.

Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev JSC Research Center "Construction", Moscow, Russia,
Dr. Sci. (Engineering), Academician of the RAACS, Head of the Laboratory of Reinforced Concrete Mechanics,
E-mail: niizhb_lab8@mail.ru

Trofimov Sergey V.

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia, Postgraduate Student of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,
A.A. Gvozdev Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete, JSC Research Center "Construction", Moscow, Russia,
Researcher at the Laboratory of Reinforced Concrete Mechanics,
E-mail: niizhb_lab8@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.10.2025
Одобрена после рецензирования 09.10.2025
Принята к публикации 13.10.2025

The article was submitted 01.10.2025
Approved after reviewing 09.10.2025
Accepted for publication 13.10.2025

Е.Н. КУРБАЦКИЙ¹, И.И. ЗЕРНОВ²¹Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), г. Москва, Россия²АО «Мосгипротранс», г. Москва, Россия

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ, ОСНОВАННЫЙ НА ТЕОРЕМАХ КОШИ

Аннотация. Представлен метод решения задач строительной механики, в основу которого положены теоремы Коши. Метод излагается на простых примерах: изгиб балок на упругом основании и колебания системы с одной степенью свободы. Дифференциальные уравнения представляются в обобщённых функциях, метод позволяет учитывать в уравнениях граничные и начальные условия. В правых частях записанных таким образом уравнений находятся параметры, определяющие как заданные граничные условия, так и неизвестные. При решении используется интегральное преобразование Фурье.

Для определения неизвестных граничных условий используется условие аналитичности изображений Фурье функции перемещений в верхней комплексной полуплоскости (интегральная теорема Коши). Таким образом получается система уравнений для получения неизвестных граничных условий. При выполнении обратного преобразования Фурье используется теорема Коши о вычетах. В качестве примера приведено решение колебаний системы с одной степенью свободы с различными коэффициентами демпфирования.

Ключевые слова: теоремы Коши, обобщённые функции, преобразование Фурье, балка на упругом основании, изолированные особые точки, вычеты, собственная частота

E.N. KURBATSKY¹, I.I. ZERNOV²¹Russian University of Transport (RUT (MIIT)), Moscow, Russia²АО «Mosgioprotrans», Moscow, Russia

A METHOD FOR SOLVING PROBLEMS OF STRUCTURAL MECHANICS BASED ON CAUCHY'S THEOREMS

Abstract. A method for solving problems in structural mechanics is presented, based on Cauchy's theorems. The method is presented using simple examples: beam bending on an elastic foundation and vibrations of a system with one degree of freedom. Differential equations are presented in generalized functions, which allows taking into account boundary and initial conditions in the equations. The right-hand sides of the equations written in this way contain parameters that determine both the specified boundary conditions and the unknowns. The integral Fourier transform is used in the solution.

To determine the unknown boundary conditions, the conditions for the analyticity of the Fourier images of the displacement function in the upper complex half-plane are used (the Cauchy integral theorem). Thus, a system of equations is obtained for obtaining unknown boundary conditions. When performing the inverse Fourier transform, the Cauchy residue theorem is used. As an example, the solution of oscillations of a system with one degree of freedom with different damping coefficients is given.

Keywords: Cauchy's theorems, generalized functions, Fourier transform, beam on elastic foundation, isolated singularities, residue, natural frequency

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимиров В. С. Михайлов В.П. Вашарин А.А. и др. Сборник задач по уравнениям математической физике // Изд-во «Наука», главная редакция физико-математической литературы. Москва. 1981. С. 256.
2. Владимиров В. С. Обобщённые функции в математической физике // Изд-во «Наука» главная редакция физико-математической литературы. Москва. 1979. С. 318.
3. Араманович И.Г., Лунц Г.Л. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости // Изд-во «Наука», главная редакция физико-математической литературы. Москва. 1968. С. 416.
4. Маркушевич А.И. Краткий курс теории аналитических функций // Государственное издательство физико-математической литературы. Москва. 1961.
5. Сорокин Е. С. К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем // Академия строительства и архитектуры СССР.ЦНИИС строительных конструкций. Госстройиздат. 1960. С. 131
6. Сид Х. Б и Идрисс И. М. Модули грунта и коэффициенты затухания для анализа динамического отклика // Пред. №. 70-10, Центр исследований сейсмостойкого строительства, Инженерный колледж, Калифорнийский университет, Беркли, Калифорния. 1970.
7. Крамер С. Л. Геотехническое сейсмостойкое строительство. Прентисс Холл, Торонто, Канада. 1996.
8. Стандарт ASCE/SEI 4-16. Стандарт по сейсмическому анализу ядерных сооружений, связанных с безопасностью // Американское общество инженеров-строителей. Рестон, Вирджиния, 2017.
9. Гельфанд И. М., Шилев Г. Е. Обобщённые функции и действия над ними // Физмат, гиз. 1958.
10. Зельдович Я.Б., Мышкис А.Д. Элементы прикладной математики // Изд-во «Наука», главная редакция физико-математической литературы. Москва. 1972. С. 592.
11. Курош А. Г. Курс высшей алгебры // Изд-во «Наука», главная редакция физико-математической литературы. Москва. 1971. С. 431.
12. Хургин Я. И., Яковлев В.П. Фinitные функции в физике и технике // Изд-во «Наука», главная редакция физико-математической литературы. Москва. 1971. С. 408.
13. Даффи Дим Г. Высшая инженерная математика // CRC Press. 1998.
14. Чопра А. К. Динамика конструкций: теория и приложения к сейсмостойкому строительству // Прентисс Холл, Аппер Сэддл Ривер, Нью-Джерси. 2001.
15. Винер Н., Пэли Р. Преобразование Фурье в комплексной плоскости // Изд-во «Наука», главная редакция физико-математической литературы. Москва. 1964.
16. Курбацкий Е. Н. Метод решения задач строительной механики и теории упругости, основанный на свойствах изображений Фурье финитных функций // Дис. док. тех. наук. МИИТ, Москва. 1995. С. 205.
17. Котельников В.А. О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи // М.:Ред.упр. связи РККА. 1938.

REFERENCES

1. Vladimirov V.S., Mikhailov V.P., Vasharin A.A. et al. *Collection of problems on equations of mathematical physics*. Moscow: Nauka, 1981. 256 p. (In Russian)
2. Vladimirov V.S. *Generalized functions in mathematical physics*. Moscow: Nauka, 1979. 318 p. (In Russian)
3. Aramanovich I.G., Lunts G.L. *Functions of a complex variable. Operational calculus. Stability theory*. Moscow: Nauka, 1968. 416 p. (In Russian)
4. Markushevich A.I. *Brief course in the theory of analytic functions*. Moscow: State Publishing House of Physical and Mathematical Literature, 1961. (In Russian)
5. Sorokin E.S. On the Theory of Internal Friction during Oscillations of Elastic Systems. Moscow: Gosstroyizdat, 1960. 131 p. (In Russian)
6. Seed H.B., Idriss I.M. *Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis*. Report No. EERC 70-10. Berkeley: Earthquake Engineering Research Center, University of California, 1970.
7. Kramer S.L. *Geotechnical earthquake engineering*. Toronto: Prentice Hall, 1996.
8. American Society of Civil Engineers. *Seismic analysis of safety-related nuclear structures (ASCE/SEI 4-16)*. Reston: American Society of Civil Engineers, 2017.
9. Gelfand I.M., Shilov G.E. *Generalized functions and actions on them*. Moscow: Fizmatgiz, 1958. (In Russian)
10. Zeldovich Ya.B., Myshkis A.D. *Elements of applied mathematics*. Moscow: Nauka, 1972. 592 p. (In Russian)
11. Kurosh A.G. *Course in higher algebra*. Moscow: Nauka, 1971. 431 p. (In Russian)

12. Khurgin Ya.I., Yakovlev V.P. *Finite functions in physics and engineering*. Moscow: Nauka, 1971. 408 p. (In Russian)
13. Duffy D.G. *Advanced engineering mathematics*. Boca Raton: CRC Press, 1998.
14. Chopra A.K. *Dynamics of structures: theory and applications to earthquake engineering*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.
15. Wiener N., Paley R. *Fourier transform in the complex plane*. Moscow: Nauka, 1964. (In Russian)
16. Kurbatskiy E.N. Method of solving problems of structural mechanics and elasticity theory based on the properties of Fourier images of finite functions. *Dissertation of Doctor of Technical Sciences*. Moscow: MIIT, 1995. 205 p. (In Russian)
17. Kotelnikov V.A. On the capacity of the "ether" and wire in telecommunications. *Materials for the First All-Union Congress on Questions of Technical Reconstruction of Communications and Development of the Low-Current Industry*. Moscow: Communications Department of the Red Army, 1938. (In Russian)

Информация об авторах

Курбацкий Евгений Николаевич

академик РАТ, доктор технических наук, профессор кафедры «Мосты и тоннели», Российский университет транспорта (МИИТ), Российская Федерация, 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9;
e-mail: dynamic.miiit@gmail.com

Зернов Иван Игоревич

АО «Мосгипротранс», Российская Федерация, 129626, г. Москва, ул. Павла Корчагина, 2;
e-mail: zernovivig@gmail.com

Information about authors

Kurbatskiy Evgeny N.,

Doctor of Sciences in Technology, Academician of the Russian Academy of Transport, professor Department of Bridges and Tunnels, Russian University of Transport (MIIT), 15, Obraztsova St, GSP-4, Moscow,
e-mail: dynamic.miiit@gmail.com

Zernov Ivan I.,

Mosgiprottrans JSC, 2, Korchagina St, Moscow, 129626, Russian Federation;
e-mail: zernovivig@gmail.com

Статья поступила в редакцию 11.09.2025
Одобрена после рецензирования 09.10.2025
Принята к публикации 11.10.2025

The article was submitted 11.09.2025
Approved after reviewing 09.10.2025
Accepted for publication 11.10.2025

В.И. ТРАВУШ¹, Д.В. КОНИН², А.С. КРЫЛОВ², П.Д. АРЛЕНИНОВ³, Л.С. РОЖКОВА²,
А.А. ЖДАНОВА², Д.Н. ГАВРИЛОВ², М.И. ВЕДЯКОВ²

¹ ЗАО «ГОРПРОЕКТ», г. Москва, Россия

² Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) имени В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия

³ Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ЛИСТОВЫМ АРМИРОВАНИЕМ С УЧЕТОМ ТРЕЩИН

Аннотация. Рассмотрены вопросы работы сталежелезобетонных конструкций с листовым армированием на изгиб. Представлено описание исследуемых моделей, приведены особенности использованных при изготовлении моделей материалов и их характеристики. Приведены данные об экспериментальном оборудовании, схеме испытания и нагружения конструкций. Представлены общие виды и характер разрушения, графические результаты испытаний моделей на изгиб. Выполнено сравнение теоретических и экспериментальных данных по первой и второй группе предельных состояний – по прочности, прогибам и ширине раскрытия трещин. Дана оценка существующих нормативных подходов применительно к конструкциям с листовым армированием. На основе выполненных экспериментальных исследований предложены поправочные коэффициенты при расчете сталежелезобетонных конструкций с листовым армированием по второй группе предельных состояний.

Ключевые слова: бетон, сталь, железобетон, сталежелезобетонная конструкция, листовое армирование.

V.I. TRAVUSH¹, D.V. KONIN², A.S. KRYLOV², P.D. ARLENINOV³,
L.S. ROZHKOVA², A.A. ZHDANOVA², D.N. GAVRILOV², M.I. VEDYAKOV²

¹ Gorproject, Moscow, Russia

² JSC Research Center of Construction TSNIISK named after V.A. Koucherenko, Moscow, Russia

³ JSC Research Center of Construction NIIZHB named after A.A. Gvozdev, Moscow, Russia

STRENGTH AND DEFORMABILITY OF ELEMENTS WITH STEEL- PLATE REINFORCEMENT WITH BENDING CRACKS

Abstract. The features of the work composite steel and concrete structure with steel-plate reinforcement during bending are considered. The models are described, the features of the models, materials and their characteristics are given. The description of experimental equipment, schemes of testing and loading of structures is given. Schemes and types of fracture, graphical results of bending tests of models are presented. A comparison of theoretical and experimental data on the first and second groups of limiting states – strength, deflections, and crack opening width, has been performed. An assessment of the existing regulatory approaches in relation to composite steel and concrete structure with steel-plate reinforcement is given. Correction coefficients are proposed for the calculation for the second group of limit states of steel and concrete structure with steel-plate reinforcement.

Keywords: concrete, steel, reinforced concrete, composite steel and concrete structure, steel-plate reinforcement.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов В.В. Железобетонные резервуары давления с внешним листовым армированием. Нелнейное деформирование при силовых и температурных воздействиях : дис. ... канд. тех. наук : 05.23.01. – Ленинград, 1988. – 206 с.
2. Воронков Р.В. Железобетонные конструкции с листовой арматурой. – М.: Стройиздат, 1975. – 144 с.
3. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Крылов С.Б. Оценка прочностных и деформационных характеристик высокопрочных бетонов в конструкциях и динамики их изменения во времени // *Строительные материалы*. – 2023. – Ноябрь. – С. 28–38.
4. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н., Майлян Д.Р. Особенности конструктивных свойств высокопрочных бетонов // *Новые технологии*. – 2013. – № 3. – С. 135–143.
5. Ромкин Д.С. Влияние возраста высокопрочного бетона на его физико-механические и реологические свойства : дис. ... канд. тех. наук : 05.23.01. – М., 2007. – 140 с.
6. Травуш В.И., Арленинов П.Д., Десяткин [и др.] Исследование ползучести сталежелезобетонных образцов // *Строительство и реконструкция*. – 2024. – № 1(111). – С. 49–63. – doi: 10.33979/2073-7416-2024-111-1-49-63
7. ACI 349-06 Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary. – American Concrete Institute (ACI), 2007.
8. AISC Design Guide 38. SpeedCore Systems for Steel Structures. – American Institute of Steel Construction, 2023.
9. AISC Steel Design Guide 32. Design of Modular Steel-Plate Composite Walls for Safety-Related Nuclear Facilities. – American Institute of Steel Construction, 2017.
10. ANSI/AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings. – American Institute of Steel Construction, 2016.
11. ANSI/AISC N690-12 Specification for Safety-Related Steel Structures for Nuclear Facilities. – American Institute of Steel Construction, 2012.
12. ANSI/AISC N690-18, Supplement No. 1-15 Specification for Safety-Related Steel Structures for Nuclear Facilities. – American Institute of Steel Construction, 2015.
13. Bassam A. Burgan, Simon Bingham. An innovative form of steel-concrete (SC) structures for nuclear power plant // *Transactions of the 24th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT-24)*. – Busan, Korea, 2017. – Div. VI. – URL: <https://repository.lib.ncsu.edu/server/api/core/bitstreams/921ddbea-2e72-4283-a056-74f3ac5619c4/content> (дата обращения: 25.04.2025).
14. Choi B.J., Han H.S, Kim W.K, Lee S.J. Compression Tests for Unstiffened Steel Plate-Concrete Structures with Variation of B/t Ratio // *Journal of Korean Society of Steel Construction*. – 2008. – Vol. 20. – No. 4. – URL: https://www.researchgate.net/publication/264098441_Compression_Tests_for_Unstiffened_Steel_Plate-Concrete_Structures_with_Variation_of_Bt_Ratio (дата обращения: 25.07.2024).
15. Hong S., Kim W., Lee K., Hong N.K., Lee D. Out-of-plane Shear Strength of Steel Plate Concrete Walls Dependent on Bond Behavior // *Transactions of the 20th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT-20)*. – Espoo, Finland, 2009. – Div. 6: Paper 1855. – P. 1–10. – URL: <https://repository.lib.ncsu.edu/server/api/core/bitstreams/f2e7ed8c-49dd-4557-aa6c-e1cf4b0eb62d/content> (дата обращения: 20.09.2024).
16. Kai Zhang et al. Effect of shear connectors on local buckling and composite action in steel concrete composite walls // *Nuclear Engineering and Design*. – 2014. – Vol. 269. – P. 231–239.
17. NEDO-33988, Revision 0, BWRX-300. Steel-Plate Composite (SC) Containment Vessel (SCCV) and Reactor Building Structural Design. – 2022. – URL: <https://www.nrc.gov/docs/ML2228/ML22287A177.pdf> (дата обращения: 30.03.2025).
18. Ozaki M., Akita S., Oosuga H., Nakayama T., Adachi N. Study on Steel Plate Reinforced Concrete Panels Subjected to Cyclic In-Plane Shear // *Nuclear Engineering and Design*. – 2004. – Vol. 228. – P. 225–244. – URL: <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.nucengdes.2003.06.010> (дата обращения: 25.07.2024).
19. Takeuchi M. et al. Study on a concrete fillet structure for nuclear power plants // *Nuclear Engineering and Design*. – 1998. – Vol. 179. – P. 209–223. – URL: [https://www.sci-hub.ru/10.1016/S0029-5493\(97\)00282-3](https://www.sci-hub.ru/10.1016/S0029-5493(97)00282-3) (дата обращения: 25.07.2024).
20. Travush V.I. et al. Static bearing capacity of steel-plate composite walls // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. – 2023. – Vol. 19. – No. 4. – P. 166–181. – doi: 10.22337/2587-9618-2023-19-4-166-181
21. Travush V.I. et al. The stiffness of steel-plate composite structures for short-term loads // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. – 2024. – Vol. 20. – No. 4. – P. 105–118. – doi: 10.22337/2587-9618-2024-20-4-105-118
22. Varma A.H., Malushte S.R., Sener K.C., Booth P.N., Coogler K. Steel-Plate Composite (SC) Walls: Analysis and Design including Thermal Effects // *Transactions of the 21st International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT-21)*. – New Delhi, India, 2011. – Div. X, Paper 761.

23. Varma A.H., Malushte S.R., Sener K.C., Booth P.N. Analysis and Design of Modular Composite Walls for Combined Thermal and Mechanical Loadings // Transactions of the 20th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT-20). – Espoo, Finland, 2009. – Div. TS 6, Paper 1820.
24. Varma A.H., Malushte S.R., Sener K.C., Lai Z. Steel-Plate Composite (SC) Walls for Safety Related Nuclear Facilities: Design for In-Plane Force and Out-of-Plane Moments // Nuclear Engineering and Design. – 2014. – Vol. 269. – P. 240–249. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029549313005220> (дата обращения: 25.07.2024).

REFERENCES

1. Varma A.H., Malushte S.R., Sener K.C., Lai Z. Steel-Plate Composite (SC) Walls for Safety Related Nuclear Facilities: Design for In-Plane Force and Out-of-Plane Moments. Nuclear Engineering and Design. Special Issue on SMiRT-21 Conference. 2014. Vol. 269. Pp. 240-249. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029549313005220?via%3Dihub> (date of application: 25.07.2024).
2. NEDO-33988, Revision 0, BWRX-300. Steel-Plate Composite (SC) Containment Vessel (SCCV) and Reactor Building Structural Design. 2022. URL: <https://www.nrc.gov/docs/ML2228/ML22287A177.pdf> (date of application: 30.03.2025).
3. Varma A.H., Malushte S.R., Sener K.C., Booth P.N., Coogler K. Steel-Plate Composite (SC) Walls: Analysis and Design including Thermal Effects. *Transactions of the Internal Association for Structural Mechanics in Reactor Technology Conference, SMiRT-21, Div. X, Paper 761, New Delhi, India, IASMiRT, North Carolina*. 2011.
4. Varma A.H., Malushte S.R., Sener K.C., Booth P.N. Analysis and Design of Modular Composite Walls for Combined Thermal and Mechanical Loadings. *Transactions of the Internal Association for Structural Mechanics in Reactor Technology Conference, SMiRT-20, Div. TS 6 Paper 1820, Espoo, Finland, IASMiRT, North Carolina State University, Raleigh, NC*. 2009.
5. Ozaki M., Akita S., Oosuga H., Nakayama T., Adachi N. Study on Steel Plate Reinforced Concrete Panels Subjected to Cyclic In-Plane Shear. Nuclear Engineering and Design. 2004. Vol. 228. Pp. 225-244. URL: <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.nucengdes.2003.06.010> (date of application: 25.07.2024).
6. Takeuchi M. et al. Study on a concrete fillet structure for nuclear power plants. Nuclear Engineering and Design. 1998. Vol. 179. Pp. 209-223. URL: [https://www.sci-hub.ru/10.1016/S0029-5493\(97\)00282-3](https://www.sci-hub.ru/10.1016/S0029-5493(97)00282-3) (date of application: 25.07.2024).
7. Zhang K. et al. Effect of shear connectors on local buckling and composite action in steel concrete composite walls. Nuclear Engineering and Design. 2014. Vol. 269. Pp. 231-239.
8. Burgan B.A., Bingham S. An innovative form of steel-concrete (SC) structures for nuclear power plant. *24th Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, BEXCO, Busan, Korea - August 20-25, 2017. Division VI*. URL: <https://repository.lib.ncsu.edu/server/api/core/bitstreams/921ddbea-2e72-4283-a056-74f3ac5619c4/content> (date of application: 25.04.2025).
9. Hong S., Kim W., Lee K., Hong N.K., Lee D. Out-of-plane Shear Strength of Steel Plate Concrete Walls Dependent on Bond Behavior. *Transactions of the 20th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, SMiRT-20, Div-6: Paper 1,855, Espoo, Finland, IASMiRT, North Carolina State University, Raleigh, NC*. Pp. 1–10. URL: <https://repository.lib.ncsu.edu/server/api/core/bitstreams/f2e7ed8c-49dd-4557-aa6c-e1cf4b0eb62d/content> (date of application: 20.09.2024).
10. Choi B.J., Han H.S., Kim W.K., Lee S.J. Compression Tests for Unstiffened Steel Plate-Concrete Structures with Variation of B/t Ratio. Journal of Korean Society of Steel Construction. 2008. Vol. 20. No. 4. URL: https://www.researchgate.net/publication/264098441_Compression_Tests_for_Unstiffened_Steel_Plate-Concrete_Structures_with_Variation_of_Bt_Ratio (date of application: 25.07.2024).
11. ANSI/AISC N690-12 Specification for Safety-Related Steel Structures for Nuclear Facilities. An American National Standard. American institute of steel construction. USA. 2012. URL: <https://www.aisc.org/>.
12. ANSI/AISC360-16 Specification for Structural Steel Buildings. An American National Standard. American institute of steel construction. USA. 2016. URL: <https://www.aisc.org/>.
13. ACI 349-06 Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary. An American Concrete Institute® (ACI) Standard. Reported by ACI Committee 349. USA. 2007.
14. ANSI/AISC N690-18, ANSI/AISC N690s1-15 *Specification for Safety-Related Steel Structures for Nuclear Including Supplement No. 1*. An American National Standard. American institute of steel construction. USA. 2015. URL: <https://www.aisc.org/>.
15. AISC Steel Design Guide 32. Design of Modular Steel-Plate Composite Walls for Safety-Related Nuclear Facilities. American institute of steel construction. USA. 2017. URL: <https://www.aisc.org/>.
16. AISC Design Guide 38. SpeedCore Systems for Steel Structures. American institute of steel construction. USA. 2023.
17. Voronkov R.V. Zhelezobetonnyye konstruksii s listovoy armaturoy [Reinforced concrete structures with steel-plate reinforcement]. Moscow: Stroyizdat, 1975. 144 p. (rus)
18. Belov V.V. Zhelezobetonnyye rezervuary davleniya s vneshnim listovym armirovaniyem. Neleneynoye deformirovaniye pri silovykh i temperaturnykh vozdeystviyakh [Reinforced concrete pressure tanks with external steel-

plate reinforcement. Nonlinear deformation under force and temperature effects]: PhD thesis. Leningrad, 1988. 206 p. (rus)

19. Travush V.I. et al. Static bearing capacity of steel-plate composite walls. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2023. Vol. 19. No. 4. Pp. 166–181. DOI: 10.22337/2587-9618-2023-19-4-166-181.

20. Travush V.I. et al. The stiffness of steel-plate composite structures for short-term loads. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2024. Vol. 20. No. 4. Pp. 105-118. DOI: 10.22337/2587-9618-2024-20-4-105-118.

21. Travush V.I., Arleninov P.D., Desyatkin [et al.] Issledovaniye polzuchesti stalezhelezobetonnykh obraztsov [Creep behaviour of steel-reinforced concrete specimens]. *Construction and reconstruction*. 2024. No. 1(111). Pp. 49-63. DOI: 10.33979/2073-7416-2024-111-1-49-63. (rus)

22. Mkrtchyan A.M., Aksenov V.N., Mailyan D.R. Osobennosti konstruktivnykh svoystv vysokoprochnykh betonov [Features of the structural properties of high-strength concrete]. *New technologies*. 2013. No. 3. Pp. 135-143. (rus)

23. Romkin D.S. Vliyaniye vozrasta vysokoprochnogo betona na yego fiziko-mekhanicheskiye i reologicheskiye svoystva [The influence of age of high-strength concrete on its physical, mechanical and rheological properties]: PhD thesis: 05.23.01. Moscow, 2007. 140 p. (rus)

24. Kapriylov S.S., Sheinfeld A.V., Travush V.I., Karpenko N.I., Krylov S.B. Otsenka prochnostnykh i deformatsionnykh kharakteristik vysokoprochnykh betonov v konstruktsiyakh i dinamiki ikh izmeneniya vo vremeni [Assesment of Strength and Deformation Characteristics of High-Strength Concrete in Structures and the Dynamics of Their Change Over Time]. *Building materials*. 2023. November. Pp. 28-38. (rus)

Информация об авторах

Травуш Владимир Ильич

ЗАО «ГОРПРОЕКТ», г. Москва, Россия, доктор технических наук, профессор. Главный конструктор, заместитель генерального директора по научной работе. Вице-президент РААСН
E-mail: travush@mail.ru

Конин Денис Владимирович

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство", г. Москва, Россия, кандидат технических наук, заместитель Директора по научной работе, заведующий лабораторией Высотных зданий и сооружений,
E-mail: konden@inbox.ru

Крылов Алексей Сергеевич

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство", г. Москва, Россия, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории Высотных зданий и сооружений,
E-mail: kryl07@mail.ru

Арленинов Петр Дмитриевич

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия, кандидат технических наук, заместитель заведующего лаборатории Механики железобетона,
E-mail: arleninoff@gmail.com

Рожкова Лидия Сергеевна

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство", г. Москва, Россия, старший научный сотрудник лаборатории Высотных зданий и сооружений,
E-mail: soshnikova_lidia@mail.ru

Жданова Анастасия Андреевна

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство", г. Москва, Россия, инженер лаборатории Комбинированных конструкций,
E-mail: zhdanovaaa8002@gmail.com

Гаврилов Дмитрий Николаевич

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство", г. Москва, Россия, инженер лаборатории Комбинированных конструкций,
E-mail: gavrilovd_10@mail.ru

Ведяков Михаил Иванович

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство", г. Москва, Россия, инженер лаборатории
Большепролетных металлических конструкций и сертификации,
E-mail: vedyakov.misha@yandex.ru

Information about authors

Travush Vladimir I.

CJSC GORPROEKT, Moscow, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Designer, Deputy General Director for Scientific Work. Vice-President of RAASN,
E-mail: travush@mail.ru

Konin Denis V.

JSC Research Center of Construction TSNIISK named after V.A. Koucherenko, Moscow, Russia, Candidate of Technical Sciences, Deputy Director of Scientific Work, Head of Laboratory of High-Rise Buildings and Structures,
E-mail: konden@inbox.ru

Krylov Alexey S.

JSC Research Center of Construction TSNIISK named after V.A. Koucherenko, Moscow, Russia, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Laboratory of High-Rise Buildings and Structures
E-mail: kryl07@mail.ru

Arleninov Petr D.

JSC Research Center of Construction NIIZHB named after A.A. Gvozdev, Moscow, Russia, Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of Reinforced Concrete Mechanics Laboratory
E-mail: arleninoff@gmail.com

Rozhkova Lidia S.

JSC Research Center of Construction TSNIISK named after V.A. Koucherenko, Moscow, Russia, Senior researcher of Laboratory of High-Rise Buildings and Structures
E-mail: soshnikova_lidia@mail.ru

Zhdanova Anastasia A.

JSC Research Center of Construction TSNIISK named after V.A. Koucherenko, Moscow, Russia, Engineer of Laboratory of Composite Steel and Concrete Structures,
E-mail: zhdanovaaa8002@gmail.com

Gavrilov Dmitry N.

JSC Research Center of Construction TSNIISK named after V.A. Koucherenko, Moscow, Russia, Moscow, Russia, Engineer of Laboratory of Composite Steel and Concrete Structures,
E-mail: gavrilovd_10@mail.ru

Vedyakov Mikhail I.

JSC Research Center of Construction TSNIISK named after V.A. Koucherenko, Moscow, Russia, Engineer of Laboratory of Large-span metal structures and certification,
E-mail: vedyakov.misha@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 19.08.2025
Одобрена после рецензирования 09.09.2025
Принята к публикации 01.10.2025

The article was submitted 19.08.2025
Approved after reviewing 09.09.2025
Accepted for publication 01.10.2025

А.В. АЛЕКСЕЙЦЕВ¹, К.В. ЮРУСОВ¹¹Национальный исследовательский московский государственный строительный университет,
Москва, Россия

ПРАКТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПО НОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ КОРРОЗИОННО ПОВРЕЖДЕННЫХ КОЛОНН ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ УДАРЕ

Аннотация. Вопросы живучести несущих конструкций при техногенных аварийных воздействиях в настоящее время приобретают все большую актуальность как в отечественной, так и в мировой строительной науке. В особенности это касается сжатых и сжато изгибаемых элементов, в том числе колонн зданий. Здания со значительным периодом эксплуатации накапливают коррозионные повреждения, которые приводят к местной деградации механических характеристик материалов, что может существенно сказаться на предельной несущей способности и живучести конструктивных систем в целом при динамических воздействиях. Разрабатывается подход к определению прочности нормальных сечений для внецентрично сжатых колонн в случае малого начального эксцентриситета при поперечном ударе. Коррозия рассматривается в виде «точечного» очага, в пределах которого могут быть деградированы механические характеристики как бетона, так и арматуры. Степень деградации механических характеристик материалов определяется по экспериментальным данным, получаемым на основе схем ускоренной коррозии. В зависимости от ее степени учитывается влияние стеснения деформаций бетона в направлении, перпендикулярном сжатию. Приводится верификационное сравнение разработанной методики с экспериментальными данными динамических испытаний колонн при поперечном ударе. Рассмотрен пример расчета коррозионно-поврежденной колонны.

Ключевые слова: поперечный удар, коррозионные повреждения, железобетонные конструкции, колонна, динамические воздействия, механическая безопасность.

A.V. ALEKSEYTSSEV¹, K.V. YURUSOV¹¹ National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

A PRACTICAL CALCULATION METHOD FOR THE NORMAL SECTION OF CORROSION-DAMAGED COLUMNS UNDER TRANSVERSE IMPACT

Abstract. The issues of the robustness of load-bearing structures under technogenic emergency impacts are currently becoming increasingly relevant in both domestic and global structural engineering. This is particularly true for compressed and compression-bent elements, including building columns. Buildings with a significant service life accumulate corrosion damage, which leads to local degradation of the mechanical properties of materials. This can substantially affect the ultimate load-bearing capacity and overall robustness of structural systems under dynamic loads. An approach is being developed to determine the strength of normal sections for eccentrically compressed columns with a small initial eccentricity under transverse impact. Corrosion is considered as a localized "spot" defect, within which the mechanical properties of both concrete and reinforcement may be degraded. The degree of degradation of the materials' mechanical properties is determined from experimental data obtained using accelerated corrosion schemes. Depending on the degree of corrosion, the effect of confinement on concrete deformations in the direction perpendicular to compression is taken into account. A verification comparison of the developed methodology with experimental data from dynamic tests of columns under transverse impact is provided. A calculation example for a corrosion-damaged column is considered.

Key words: transverse impact, corrosion damage, reinforced concrete structures, column, dynamic loads, structural safety

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tamrazyan, A. The Bearing Capacity of Compressed Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Elements under Lateral Pulse Loading. *Buildings* 2023, 13, 2133. <https://doi.org/10.3390/buildings13092133>
2. Колчунов В.И., Федорова Н.В., Савин С.Ю. Динамические эффекты в статически неопределимых физически и конструктивно нелинейных системах // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 9. С. 42-51. doi: 10.33622/0869-7019.
3. Тамразян А.Г. Усталостное поведение изгибаемых железобетонных балок при коррозии. Железобетонные конструкции. 2024. Т. 6. № 2. С. 22-34
4. Бондаренко В.М. Коррозионные повреждения как причина лавинного разрушения железобетонных конструкций *Строительная механика и расчет сооружений*. 2009. № 5 (226). С. 13-17.
5. Кудрявцев М.В., Тамразян А.Г. Методика определения несущей способности коррозионно-поврежденных колонн при сейсмических воздействиях. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Т. 24. № 1. С. 20-27.
6. Тамразян А.Г. Несущая способность коррозионно-поврежденных изгибаемых железобетонных элементов, подвергнутых огневому воздействию *Academia. Архитектура и строительство*. 2022. № 4. С. 130-137.
7. Sun, J.-M., Yi, W.-J., Chen, H., Peng, F., Zhou, Y., Zhang, W.-X. Dynamic Responses of RC Columns under Axial Load and Lateral Impact. *Journal of Structural Engineering*. 2023. 149(1). DOI:10.1061/jsendh/steng-11612.
8. Zhang, W.-P., Chen, J.-P., Yu, Q.-Q., Gu, X.-L. Corrosion evolution of steel bars in RC structures based on Markov chain modeling. *STRUCTURAL SAFETY*. 2021. 88. DOI:10.1016/j.strusafe.2020.102037.
9. Zhao, W., Qian, J. Resistance mechanism and reliability analysis of reinforced concrete columns subjected to lateral impact. *International Journal of Impact Engineering*. 2020. 136. DOI:10.1016/j.ijimpeng.2019.103413.
10. Пузанков Ю.И. Прочность и деформативность сжатых железобетонных элементов при поперечной динамической нагрузке диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский ордена трудового красного знамени инженерно-строительный институт им. В.В. Куйбышева. Москва, 1979
11. Daneshvar, K., Moradi, M.J., Ahmadi, K., Hajiloo, H. Strengthening of corroded reinforced concrete slabs under multi-impact loading: Experimental results and numerical analysis. *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*. 2021. 284. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.122650.
12. He, S., Cao, Z., Ma, J., Zeng, S., Li, P., Wang, H. Influence of Corrosion and Fatigue on the Bending Performances of Damaged Concrete Beams. *ADVANCES IN CIVIL ENGINEERING*. 2021. 2021. DOI:10.1155/2021/6693224.
13. Бондаренко В.М. Особенности силового сопротивления поврежденных коррозией железобетонных элементов знакопеременному нагружению. *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2011. № 1. С. А30-38.
14. Смоляго Г.А., Дронов А.В., Фролов Н.В. Моделирование величины коррозионных повреждений арматуры железобетонных конструкций в условиях хлоридной агрессивной среды *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2017. № 1 (70). С. 43-49.
15. Yu, X.-H., Dai, K.-Y., Li, Y.-S. Variability in corrosion damage models and its effect on seismic collapse fragility of aging reinforced concrete frames. *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*. 2021. 295. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.123654.
16. Fernandez, I., Bairán, J.M., Marí, A.R. Corrosion effects on the mechanical properties of reinforcing steel bars. Fatigue and σ - ε behavior. *Construction and Building Materials*. 2015. 101. Pp. 772-783. DOI:10.1016/J.CONBUILDMAT.2015.10.139.
17. Aminulai, H.O., Robinson, A.F., Ferguson, N.S., Kashani, M.M. Nonlinear behaviour of corrosion damaged low-strength short reinforced concrete columns under compressive axial cyclic loading. *Engineering Structures*. 2023. 289. Pp. 116245. DOI:10.1016/J.ENGSTRUCT.2023.116245.
18. Алексейцев А.В., Антонов М.Д. Динамика безбалочных железобетонных каркасов сооружений при повреждениях плит продавливанием. *Строительство и реконструкция*. 2021. № 4 (96). С. 23-34.
19. Klueva, N., Emelyanov, S., Kolchunov, V., Gubanova, M. Criterion of Crack Resistance of Corrosion Damaged Concrete in Plane Stress State. *Procedia Engineering*. 2015. 117(1). Pp. 179-185. DOI:10.1016/J.PROENG.2015.08.144.
20. Nasser, H., Van Steen, C., Vandewalle, L., Verstrynge, E. An experimental assessment of corrosion damage and bending capacity reduction of singly reinforced concrete beams subjected to accelerated corrosion. *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*. 2021. 286. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.122773.
21. Алексейцев А.В., Юрусов К.В. Исследование несущей способности коррозионно-повреждаемых сжатых железобетонных элементов при поперечном действии импульсной нагрузки. Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. № 5. С. 667-682.
22. Yu, X., Robuschi, S., Fernandez, I., Lundgren, K. Numerical assessment of bond-slip relationships for naturally corroded plain reinforcement bars in concrete beams. *ENGINEERING STRUCTURES*. 2021. 239. DOI:10.1016/j.engstruct.2021.112309.

23. Chen, S., Duffield, C., Miramini, S., Raja, B.N.K., Zhang, L. Life-cycle modelling of concrete cracking and reinforcement corrosion in concrete bridges: A case study. *ENGINEERING STRUCTURES*. 2021. 237. DOI:10.1016/j.engstruct.2021.112143.
24. Luo, Y., Zheng, H., Zhang, H., Liu, Y. Fatigue reliability evaluation of aging prestressed concrete bridge accounting for stochastic traffic loading and resistance degradation. *ADVANCES IN STRUCTURAL ENGINEERING*. DOI:10.1177/13694332211017995.
25. Савин С.Ю., Колчунов В.И., Федорова Н.В. Несущая способность железобетонных внецентренно сжатых элементов каркасов зданий при коррозионных повреждениях в условиях особых воздействий. *Железобетонные конструкции*. 2023;1(1):46-54.
26. Bojorquez, J., Ponce, S., Ruiz, S.E., Bojorquez, E., Reyes-Salazar, A., Barraza, M., Chavez, R., Valenzuela, F., Leyva, H., Baca, V. Structural reliability of reinforced concrete buildings under earthquakes and corrosion effects. *ENGINEERING STRUCTURES*. 2021. 237. DOI:10.1016/j.engstruct.2021.112161.
27. Серпик И.Н., Курченко Н.С., Алексейцев А.В., Лагутина А.А. Анализ в геометрически, физически и конструктивно нелинейной постановке динамического поведения плоских рам при запроектных воздействиях *Промышленное и гражданское строительство*. 2012. № 10. С. 49-51.
28. Zhao, W., Ye, J. Dynamic behavior and damage assessment of RC columns subjected to lateral soft impact. *Engineering Structures*. 2022. 251. DOI:10.1016/j.engstruct.2021.113476.
29. Daneshvar, K., Moradi, M.J., Ahmadi, K., Mahdavi, G., Hariri-Ardebili, M.A. Dynamic behavior of corroded RC slabs with macro-level stochastic finite element simulations. *ENGINEERING STRUCTURES*. 2021. 239. DOI:10.1016/j.engstruct.2021.112056.
30. Fu, C., Fang, D., Ye, H., Huang, L., Wang, J. Bond degradation of non-uniformly corroded steel rebars in concrete. *ENGINEERING STRUCTURES*. 2021. 226. DOI:10.1016/j.engstruct.2020.111392.
31. Курченко Н.С., Гришков В.А. К оценке жесткости коррозионно-повреждаемых железобетонных балок. *Инженерный вестник Дона*. 2022. № 9 (93). С. 112-123.

REFERENCES

1. Tamrazyan A. The Bearing Capacity of Compressed Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Elements under Lateral Pulse Loading. *Buildings*. 2023;13:2133. <https://doi.org/10.3390/buildings13092133>
2. Kolchunov V.I., Fedorova N.V., Savin S.Yu. Dinamicheskiye efekty v staticheski neopredelimykh fizicheskikh i konstruktivno nelineynykh tekhnologiyakh [Dynamic effects in statically indeterminate physically and structurally nonlinear systems]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. 2022;(9):42-51. doi: 10.33622/0869-7019. (rus)
3. Tamrazyan A.G. Ustaloynoye povedeniye gibkikh zhelezobetonnykh balok pri montazhe [Fatigue behavior of bending reinforced concrete beams under corrosion]. *Zhelezobetonnyye konstruksii*. 2024;6(2):22-34. (rus)
4. Bondarenko V.M. Korroziionnyye povrezhdeniya kak prichina lavinnogo razrusheniya zhelezobetonnykh konstruksiy [Corrosion damage as a cause of avalanche failure of reinforced concrete structures]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy*. 2009;5(226):13-17. (rus)
5. Kudryavtsev M.V., Tamrazyan A.G. Metodika opredeleniya nesushchey sposobnosti korroziionno-povrezhdennykh kolonn pri seymicheskikh vozddeystviyakh [Methodology for Determining the Bearing Capacity of Corrosion-Damaged Columns under Seismic Impacts]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2024;24(1):20-27. (rus)
6. Tamrazyan A.G. Nesushchestvennaya zheleznaya sposobnost' korroziionno-povrezhdennykh izgibayemykh elementov, sootvetstvuyushchikh trebovaniyam ogneвого vozddeystviya [Bearing Capacity of Corrosion-Damaged Bendable Reinforced Concrete Elements Subjected to Fire Exposure]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2022;(4):130-137. (rus)
7. Sun J.-M., Yi W.-J., Chen H., Peng F., Zhou Y., Zhang W.-X. Dynamic Responses of RC Columns under Axial Load and Lateral Impact. *Journal of Structural Engineering*. 2023;149(1). DOI:10.1061/jsendh/steng-11612.
8. Zhang W.-P., Chen J.-P., Yu Q.-Q., Gu X.-L. Corrosion evolution of steel bars in RC structures based on Markov chain modeling. *Structural Safety*. 2021;88. DOI:10.1016/j.strusafe.2020.102037.
9. Zhao W., Qian J. Resistance mechanism and reliability analysis of reinforced concrete columns subjected to lateral impact. *International Journal of Impact Engineering*. 2020;136. DOI:10.1016/j.ijimpeng.2019.103413.
10. Puzankov Yu.I. *Prochnost' i deformativnost' szhatykh zhelezobetonnykh elementov pri poperechnoy dinamicheskoy nagruzke* [Strength and deformability of compressed reinforced concrete elements under transverse dynamic loading]: PhD thesis. Moscow: Moscow Order of the Red Banner of Labor Civil Engineering Institute named after V.V. Kuybyshev, 1979. (rus)
11. Daneshvar K., Moradi M.J., Ahmadi K., Hajiloo H. Strengthening of corroded reinforced concrete slabs under multi-impact loading: Experimental results and numerical analysis. *Construction and Building Materials*. 2021;284. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.122650.
12. He S., Cao Z., Ma J., Zeng S., Li P., Wang H. Influence of Corrosion and Fatigue on the Bending Performances of Damaged Concrete Beams. *Advances in Civil Engineering*. 2021;2021. DOI:10.1155/2021/6693224.

13. Bondarenko V.M. Osobennosti silovogo soprotivleniya povrezhdennykh korroziyey zhelezobetonnykh elementov znakovremennomu nagruzheniyu [Features of the force resistance of corrosion-damaged reinforced concrete elements to alternating loading]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktsey i sooruzheniy*. 2011;(1):30-38. (rus)
14. Smolyago G.A., Dronov A.V., Frolov N.V. Modelirovaniye velichiny korroziionnykh povrezhdeniy armatury zhelezobetonnykh konstruktsey v usloviyakh khloridnoy agressivnoy sredy [Modeling the magnitude of corrosion damage to the reinforcement of reinforced concrete structures in an aggressive chloride environment]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017;1(70):43-49. (rus)
15. Yu X.-H., Dai K.-Y., Li Y.-S. Variability in corrosion damage models and its effect on seismic collapse fragility of aging reinforced concrete frames. *Construction and Building Materials*. 2021;295. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.123654.
16. Fernandez I., Bairán J.M., Marí A.R. Corrosion effects on the mechanical properties of reinforcing steel bars. Fatigue and σ - ϵ behavior. *Construction and Building Materials*. 2015;101:772-783. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2015.10.139.
17. Aminulai H.O., Robinson A.F., Ferguson N.S., Kashani M.M. Nonlinear behaviour of corrosion damaged low-strength short reinforced concrete columns under compressive axial cyclic loading. *Engineering Structures*. 2023;289:116245. DOI:10.1016/j.engstruct.2023.116245.
18. Alekseytsev A.V., Antonov M.D. Dinamika bezbalochnykh zhelezobetonnykh karkasov sooruzheniy pri povrezhdeniyakh plit prodavlivaniyem [Dynamics of beam-free reinforced concrete frames of structures with slab damage due to punching]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2021;4(96):23-34. (rus)
19. Klueva N., Emelyanov S., Kolchunov V., Gubanova M. Criterion of Crack Resistance of Corrosion Damaged Concrete in Plane Stress State. *Procedia Engineering*. 2015;117(1):179-185. DOI:10.1016/j.proeng.2015.08.144.
20. Nasser H., Van Steen C., Vandewalle L., Verstrynge E. An experimental assessment of corrosion damage and bending capacity reduction of singly reinforced concrete beams subjected to accelerated corrosion. *Construction and Building Materials*. 2021;286. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.122773.
21. Alekseytsev A.V., Yurusov K.V. Issledovaniye nesushchey sposobnosti korroziionno-povrezhdayemykh szhatykh zhelezobetonnykh elementov pri poperechnom deystvii impul'snoy nagruzki [Study of the bearing capacity of corrosion-damaged compressed reinforced concrete elements under transverse impulse load]. *Vestnik MGSU*. 2025;20(5):667-682. (rus)
22. Yu X., Robuschi S., Fernandez I., Lundgren K. Numerical assessment of bond-slip relationships for naturally corroded plain reinforcement bars in concrete beams. *Engineering Structures*. 2021;239. DOI:10.1016/j.engstruct.2021.112309.
23. Chen S., Duffield C., Miramini S., Raja B.N.K., Zhang L. Life-cycle modelling of concrete cracking and reinforcement corrosion in concrete bridges: A case study. *Engineering Structures*. 2021;237. DOI:10.1016/j.engstruct.2021.112143.
24. Luo Y., Zheng H., Zhang H., Liu Y. Fatigue reliability evaluation of aging prestressed concrete bridge accounting for stochastic traffic loading and resistance degradation. *Advances in Structural Engineering*. DOI:10.1177/13694332211017995.
25. Savin S.Yu., Kolchunov V.I., Fedorova N.V. Nesushchaya sposobnost' zhelezobetonnykh vnetsentrenno szhatykh elementov karkasov zdaniy pri korroziionnykh povrezhdeniyakh v usloviyakh osobykh vozdeystviy [Bearing capacity of reinforced concrete eccentrically compressed elements of building frames under corrosion damage under special influences]. *Zhelezobetonnyye konstruktseyi*. 2023;1(1):46-54. (rus)
26. Bojorquez J., Ponce S., Ruiz S.E., Bojorquez E., Reyes-Salazar A., Barraza M., Chavez R., Valenzuela F., Leyva H., Baca V. Structural reliability of reinforced concrete buildings under earthquakes and corrosion effects. *Engineering Structures*. 2021;237. DOI:10.1016/j.engstruct.2021.112161.
27. Serpik I.N., Kurchenko N.S., Alekseytsev A.V., Lagutina A.A. Analiz v geometricheski, fizicheski i konstruktivno nelineynoy postanovke dinamicheskogo povedeniya ploskikh ram pri zaproyektnykh vozdeystviyakh [Analysis of the dynamic behavior of flat frames under beyond-design-basis loads in a geometrically, physically, and structurally nonlinear formulation]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. 2012;(10):49-51. (rus)
28. Zhao W., Ye J. Dynamic behavior and damage assessment of RC columns subjected to lateral soft impact. *Engineering Structures*. 2022;251. DOI:10.1016/j.engstruct.2021.113476.
29. Daneshvar K., Moradi M.J., Ahmadi K., Mahdavi G., Hariri-Ardebili M.A. Dynamic behavior of corroded RC slabs with macro-level stochastic finite element simulations. *Engineering Structures*. 2021;239. DOI:10.1016/j.engstruct.2021.112056.
30. Fu C., Fang D., Ye H., Huang L., Wang J. Bond degradation of non-uniformly corroded steel rebars in concrete. *Engineering Structures*. 2021;226. DOI:10.1016/j.engstruct.2020.111392.
31. Kurchenko N.S., Grishkov V.A. K otsenke zhestkosti korroziionno-povrezhdayemykh zhelezobetonnykh balok [On the assessment of the rigidity of corrosion-damaged reinforced concrete beams]. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2022;9(93):112-123. (rus)

Информация об авторах

Алексейцев Анатолий Викторович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,

г. Москва.

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Железобетонные и каменные конструкции».

Тел. 8(495)287-49-14 доб. 3059

E-mail: aalexw@mail.ru

Юрусов Константин Валерьевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва.

аспирант кафедры «Железобетонные и каменные конструкции».

E-mail: walrk@mail.ru

Information about authors

Alekseytsev Anatoliy V.

Moscow State University of Civil Engineering

Doctor of Engineering, Prof. of Department "Reinforced concrete and stone structures"

Ph.: 8(495)287-49-14 доб. 3059

E-mail: aalexw@mail.ru

Yurusov Konstantin V.

Moscow State University of Civil Engineering

post-graduate student of department "Reinforced concrete and stone structures"

E-mail: walrk@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26.09.2025

Одобрена после рецензирования 01.10.2025

Принята к публикации 11.10.2025

The article was submitted 26.09.2025

Approved after reviewing 01.10.2025

Accepted for publication 11.10.2025

В.С. МОСКОВЦЕВА^{1,2}¹ НИУ «Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия² Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, г. Москва, Россия

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРА ЖИВУЧЕСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ РАМНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОСОБОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Аннотация. Приведена практическая методика для определения параметра живучести железобетонного рамного каркаса многоэтажного здания со сложнапряженными элементами при статико-динамическом деформировании, вызванном особым воздействием и алгоритм численно-аналитической реализации этой методики. Значения параметрической нагрузки, при которой в наиболее напряженном пространственном сечении при рассматриваемом режиме нагружения наступает один из критериев особого предельного состояния, получены из решения системы канонических уравнений варианта смешанного метода. В соответствии с этим методом, решение задачи нелинейного деформирования рамной системы построено с использованием модели подконструкции рамной системы, описываемой шарнирно-стержневой моделью, в которой места возможного выключения связей заменяют сложными шарнирами, неизвестными угловыми и линейными связями. Предложенная методика расчета живучести железобетонных рам со сложнапряженными элементами удовлетворительно описывает процесс их деформирования и исчерпания несущей способности конструктивно нелинейной рамной системы при рассматриваемых особых воздействиях.

Ключевые слова: железобетонная рама, сложное напряженное состояние, особое воздействие, расчетная модель, параметр живучести

V.S. MOSKOVITSEVA^{1,2}¹ Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation² Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russian Federation

CALCULATION OF ROBUSTNESS PARAMETER OF REINFORCED CONCRETE FRAME SYSTEM UNDER SPECIAL IMPACT

Abstract. A practical technique for determining the survivability parameter of reinforced concrete frame of a multi-storey building with complex-stressed elements under static-dynamic deformation caused by a special impact and an algorithm for numerical and analytical realization of this technique are presented. The values of parametric load, at which one of the criteria of special limit state occurs in the most stressed spatial section under the considered loading mode, are obtained from the solution of the system of canonical equations of the mixed method variant. In accordance with this method, the solution of the problem of nonlinear deformation of the frame system is constructed using the model of the substructure of the frame system described by the hinge-bar model, in which the places of possible disconnection of links are replaced by complex hinges, unknown angular and linear links. The proposed method of calculation of survivability of reinforced concrete frames with complex stressed elements satisfactorily describes the process of their deformation and exhaustion of bearing capacity of a structurally nonlinear frame system under the considered special impacts.

Keywords: reinforced concrete frame, complex stress state, special impact, calculation model, survivability parameter

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Концепция и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №2. С. 28-31
2. Колчунов В.И., Ключева Н.В., Андросова Н.Б., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях. М.: АСВ, 2014. 208 с
3. Lorengo M., Ma J. Development of complementary structural robustness metrics based on failure-induced stress redistribution // Engineering Structures, 2022. Vol. 266. P. 114555
4. Gan Y., Chen J., Xiang M. PDEM-based reliability assessment of RC frames against progressive collapse considering initial local failure // Journal of Building Engineering, 2023. Vol. 76. P. 107198.
5. Ильющенко Т.А., Колчунов В.И., Федоров С.С. Трещиностойкость преднапряженных железобетонных рамно-стержневых конструкций при особых воздействиях // Строительство и реконструкция. 2021. № 1 (93). С. 74-84.
6. Savin S.Y., Fedorova N. V., Kolchunov V.I. Dinamic forces in the eccentrically compressed members of reinforced concrete frames under accidental impacts // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. ASV Publishing House, 2022. Vol. 18, № 4. P. 111–123.
7. Тамразян А.Г., Живучесть как степень работоспособности конструкций при повреждении // Промышленное и гражданское строительство. 2023. №. 7. С. 22-28
8. Zhao R., Chen G., Zhang Z., Luo W. Progressive Collapse Resistance Assessment of a Multi-Column Frame Tube Structure with an Assembled Truss Beam Composite Floor under Different Column Removal Conditions // Buildings, 2024. Vol. 14. P. 111. <https://doi.org/10.3390/buildings14010111>
9. Fu Q.-L., Tan L., Long B., Kang S.-B. Numerical Investigations of Progressive Collapse Behaviour of Multi-Storey Reinforced Concrete Frames // Buildings, 2023. Vol. 13. P. 533. <https://doi.org/10.3390/buildings13020533>
10. Alshaikh I.M.H., Abadel A.A., Sennah K., Nehdi M.L., Tuladhar R., Alamri M. Progressive Collapse Resistance of RC Beam–Slab Substructures Made with Rubberized Concrete // Buildings, 2022. Vol. 12. P. 1724. <https://doi.org/10.3390/buildings12101724>
11. Fialko S.Y., Kabantsev O. V., Perelmuter A. V. Elasto-plastic progressive collapse analysis based on the integration of the equations of motion. Magazine of Civil Engineering. 2021. Vol. 102, № 10214. DOI: 10.34910/MCE.102.14
12. Methaq S. Matrood, Ali Al-Rifaie, Othman Hameed Zinkaah, Ali A. Shubbar. Behaviour of moment resisting reinforced concrete frames subjected to column removal scenario // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1090 (2021) P.012135
13. Kolchunov V.I., Tuyen V.N., Korenkov P.A. Deformation and failure of a monolithic reinforced concrete frame under accidental actions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 753. Pp.032037.
14. Федорова Н.В., Гюок Ф.Д., Чанг Н.Т. Экспериментальные исследования живучести железобетонных рам с ригелями, усиленными косвенным армированием // Строительство и реконструкция. 2020. №1 (87). С.92–100.
15. Weihui Zhong, Di Gao, Zheng Tan. Experimental study on anti-collapse performance of beamcolumn assembly considering surrounding constraints // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 643 (2021) P. 012163
16. Prakash M., Satyanarayanan K.S. Experimental study on progressive collapse of reinforced concrete frames under a corner column removal scenario // 4th International Conference on Recent Advances in Material Chemistry, 2021. Vol. 40. P.S69-S74
17. Yang T., Chen W., Han Z. Experimental Investigation of Progressive Collapse of Prestressed Concrete Frames after the Loss of Middle Column //Advances in Civil Engineering. – 2020. – Т. 2020.
18. Федорова Н.В., Московцева В.С., Амелина М.А., Демьянов А.И. Определение динамических усилий в сложнапряженных элементах железобетонных рам при особом воздействии // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2023. № 2 (770). С. 5-15.
19. СП 385.1325800.2018 "Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения"
20. Милейковский И.Е., Колчунов В.И. Неординарный смешанный метод расчета рамных систем с элементами сплошного и составного сечений // Известия ВУЗов. Строительство. 1995. № 7–8. С.32–37.

REFERENCES

1. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. Konceptsiya i napravleniya razvitiya teorii konstruktivnoj bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij pri silovyh i sredovyh vozdeystviyah [The concept and directions of development of the

theory of structural safety of buildings and structures under force and environmental influences]. *Industrial and Civil engineering*. 2013. No.2. Pp. 28-31. (rus).

2. Kolchunov V.I., Klyueva N.V., Androsova N.B., Buhtiyarova A.S. ZHivuchest' zdaniy i sooruzhenij pri zaproeknyh vozdeystviyah. [Survivability of buildings and structures under non-design impacts]. Moscow: ACB, 2014. 208 p. (rus).

3. Lorengo M., Ma J. Development of complementary structural robustness metrics based on failure-induced stress redistribution // *Engineering Structures*, 2022. Vol. 266. P. 114555

4. Gan Y., Chen J., Xiang M. PDEM-based reliability assessment of RC frames against progressive collapse considering initial local failure // *Journal of Building Engineering*, 2023. Vol. 76. P. 107198

5. Il'yushchenko T.A., Kolchunov V.I., Fedorov S.S. Treshchinostojkost' prednapryazhennyh zhelezobetonnyh ramno-sterzhnevyyh konstrukcij pri osobyyh vozdeystviyah [Crack resistance of prestressed reinforced concrete frame-core structures under special influences]. *Building and Reconstruction*. 2021. No.1(93). Pp. 74-84. (rus).

6. Savin S.Y., Fedorova N. V., Kolchunov V.I. Dinamic forces in the eccentrically compressed members of reinforced concrete frames under accidental impacts. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. ASV Publishing House, 2022. Vol. 18, No.4. Pp. 111–123.

7. Tamrazyan A.G., ZHivuchest' kak stepen' rabotosposobnosti konstrukcij pri povrezhdenii [Survivability as a degree of operability of structures in case of damage]. *Industrial and Civil engineering*. 2023. No.7. Pp. 22-28. (rus).

8. Zhao R., Chen G., Zhang Z., Luo W. Progressive Collapse Resistance Assessment of a Multi-Column Frame Tube Structure with an Assembled Truss Beam Composite Floor under Different Column Removal Conditions // *Buildings*, 2024. Vol. 14. P. 111. <https://doi.org/10.3390/buildings14010111>

9. Fu Q.-L., Tan L., Long B., Kang S.-B. Numerical Investigations of Progressive Collapse Behaviour of Multi-Storey Reinforced Concrete Frames // *Buildings*, 2023. Vol. 13. P. 533. <https://doi.org/10.3390/buildings13020533>

10. Alshaikh I.M.H., Abadel A.A., Sennah K., Nehdi M.L., Tuladhar R., Alamri M. Progressive Collapse Resistance of RC Beam-Slab Substructures Made with Rubberized Concrete // *Buildings*, 2022. Vol. 12. P. 1724. <https://doi.org/10.3390/buildings12101724>

11. Fialko S.Y., Kabantsev O. V., Perelmuter A. V. Elasto-plastic progressive collapse analysis based on the integration of the equations of motion. *Magazine of Civil Engineering*. 2021. Vol. 102, № 10214. DOI: 10.34910/MCE.102.14

12. Methaq S. Matrood, Ali Al-Rifaie, Othman Hameed Zinkaah, Ali A. Shubbar. Behaviour of moment resisting reinforced concrete frames subjected to column removal scenario. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 1090 (2021) P.012135

13. Kolchunov V.I., Tuyen V.N., Korenkov P.A. Deformation and failure of a monolithic reinforced concrete frame under accidental actions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 753. Pp.032037.

14. Fedorova N.V., Guok F.D., CHang N.T. Eksperimental'nye issledovaniya zhivuchesti zhelezobetonnyh ram s rigelyami, usilennymi kosvennym armirovaniem [Experimental studies of the survivability of reinforced concrete frames with crossbars reinforced with indirect reinforcement]. *Building and Reconstruction*. 2020. No.1 (87). Pp. 92–100. (rus).

15. Weihui Zhong, Di Gao, Zheng Tan. Experimental study on anti-collapse performance of beamcolumn assembly considering surrounding constraints. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 643 (2021) P. 012163

16. Prakash M., Satyanarayanan K.S. Experimental study on progressive collapse of reinforced concrete frames under a corner column removal scenario // *4th International Conference on Recent Advances in Material Chemistry*, 2021. Vol. 40. P.S69-S74

17. Yang T., Chen W., Han Z. Experimental Investigation of Progressive Collapse of Prestressed Concrete Frames after the Loss of Middle Column. *Advances in Civil Engineering*. 2020. Vol. 2020.

18. Fedorova N.V., Moskovtseva V.S., Amelina M.A., Demyanov A.I. Opredelenie dinamicheskikh usilij v slozhnonapryazhennyh elementah zhelezobetonnyh ram pri osobom vozdeystvii [Determination of dynamic forces in complexly stressed elements of reinforced concrete frames under special impact]. *News of higher educational institutions. Construction*. 2023. No. 2. Pp. 5-15. (rus).

19. SP 385.1325800. 2018. Zashchita zdaniy i sooruzhenij ot progressiruyushchego obrusheniya. Pravilaproektirovaniya. Osnovnye polozheniya [Protection of buildings and structures from progressive collapse. Design rules. The main provisions]. M.: Standartinform, 2018. P. 19 (rus)

20. Milejkovskij I.E., Kolchunov V.I. Neordinarnyj smeshannyj metod rascheta ramnyh sistem s elementami sploshnogo i sostavnogo sechenij [An extraordinary mixed method for calculating frame systems with elements of continuous and composite sections]. *News of higher educational institutions. Construction*. 1995. No.7–8. Pp. 32–37. (rus).

Информация об авторах:

Московцева Виолетта Сергеевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,

доцент кафедры инженерной графики и компьютерного моделирования, к.т.н.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия,
инженер.
E-mail: lyavetka1@mail.ru

Information about authors:

Moskovtseva Violetta S.

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MSUCE), Moscow, Russia,
lecturer of the Department of Engineering Graphics and Computer Modeling.
Research Institute of Building Physics of RAACS, Moscow, Russia, Candidate of Technical Sciences
engineer.
E-mail: lyavetka1@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.07.2025
Одобрена после рецензирования 09.08.2025
Принята к публикации 12.09.2025

The article was submitted 17.07.2025
Approved after reviewing 09.08.2025
Accepted for publication 12.09.2025

О.В. ВОЛИЧЕНКО^{1,2,3}, И.П. ЧЕЧЕЛЬ³

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы (РУДН); г. Москва, Россия

³ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова)», г. Белгород, Россия

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПОЛНОГО ДНЯ

Аннотация. Отсутствие разработанной научно-обоснованной теоретической основы для формирования архитектуры современного образовательного комплекса, затрудняет процесс перехода школ в образовательные комплексы, который сегодня является объективным историческим процессом, что подтверждается проведенным анализом мирового опыта проектирования и строительства объектов общего образования с услугой полудневного обучения. Цель исследования состоит в разработке теоретической модели образовательного комплекса полного дня для последующего ее внедрения в архитектурную проектную практику создания новых или реновируемых объектов — комплексов для воспитания и обучения российских школьников, их социализации, формирования гражданской патриотической позиции и развития творческой инициативы. В работе представлены результаты теоретического моделирования полудневого образовательного комплекса — архитектурного объекта общего образования нового поколения. Теоретическая модель комплекса представлена в виде трехчастной структуры, как совокупность социального, функционального и типологического уровней. На социальном уровне определены группы людей, которые будут использовать данный объект для реализации своей деятельности в составе территориальных образовательных групп. На функциональном уровне предложены функциональные программы, сформированы функциональные зоны и группы помещений для реализации программ. На типологическом уровне разработаны архитектурно-планировочные и объемно-пространственные модели структурных элементов и комплексов в целом. В работе определены базовые понятия исследования «внеурочная деятельность», «образовательный комплекс полного дня», «центр внеурочной деятельности и дополнительного образования»; разработаны обобщенные территориально-типологические модели полудневных образовательных комплексов. Предложенная теоретическая модель образовательного комплекса полного дня может быть применена как при новом строительстве, так и при реновации существующих школьных зданий. Условия нового строительства и реновации существенно изменяют требования и приемы проектирования, но результаты данной работы, нашедшие отражение в сформированной теоретической модели, позволяют реализовать ее при различных ситуациях. Теоретическая модель, которая предлагается к обсуждению в данной работе, отражает идеалистическое представление авторов о том, каким должен быть общеобразовательный комплекс нового поколения в современной России.

Ключевые слова: образовательный комплекс полного дня, архитектурный объект образования нового поколения, теоретическая модель, элементы трехчастной структуры.

O.V. VOLICHENKO^{1,2,3}, I.P. CHECHEL³

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering" (NRU MGSU); Moscow, Russia

² P. Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University); Moscow, Russia

³ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (BSTU named after V.G. Shukhov)", Belgorod, Russia

THE ORETICAL MODEL OF AN ALL-DAY EDUCATIONAL COMPLEX

© Воличенко О.В., Чечель И.П., 2025

Abstract. The absence of a scientifically-grounded theoretical framework for shaping the architecture of modern educational complexes impedes the transition of schools into such complexes. This transition represents an objective historical trend, as confirmed by our analysis of global experience

in the design and construction of general education facilities offering all-day schooling services. The research aims to develop a theoretical model of an all-day educational complex for its subsequent implementation in the architectural design practice for both new and renovated facilities. These complexes are intended for the upbringing and education of Russian schoolchildren, their socialization, the development of a civic and patriotic stance, and the nurturing of creative initiative. This paper presents the results of theoretical modeling of an all-day educational complex—a new-generation architectural entity for general education. The theoretical model of the complex is structured as a tripartite framework, comprising social, functional, and typological levels. At the social level, user groups are identified, defined as territorial educational communities that will utilize the facility to carry out their activities. At the functional level, functional programs are proposed, leading to the formation of functional zones and clusters of spaces for program implementation. At the typological level, architectural-planning and volumetric-spatial models are developed for both the structural elements and the complexes as a whole. The study defines the core concepts of the research: "extracurricular activities," "all-day educational complex," and "center for extracurricular and supplementary education." Furthermore, generalized territorial-typological models of all-day educational complexes have been developed. The proposed theoretical model of an all-day educational complex can be applied in both new construction and the renovation of existing school buildings. While new construction and renovation impose significantly different requirements and design approaches, the findings of this work, encapsulated in the formulated theoretical model, allow for its implementation under varying conditions. The theoretical model presented for discussion in this work reflects the authors' idealistic vision for what a new-generation general education complex in modern Russia should be.

Keywords: a full-time educational complex, an architectural object of a new generation of education, a theoretical model, elements of a three-part structure.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Задвернюк Л. В. Проблемы реализации современной модели организации школьного пространства в архитектуре России // Ноэма (Архитектура. Урбанистика. Искусство). 2020. № 2(5). С. 125-139. EDN VYOOJW.
2. Сырова Н.В., Перцева Л.Н., Набокина А.В. Влияние архитектуры образовательного пространства на развитие творческих способностей школьников // [Проблемы современного педагогического образования](#), 2022. С.277–280.
3. Игнатьева А. В. Создание творческой образовательной среды для формирования познавательного мотива // Создание и совершенствование творческой образовательной среды в учреждении образования: проблемы, идеи, решения : сборник научных статей. Уральский государственный педагогический университет ; под общей редакцией С. А. Новоселова. Екатеринбург.2022. С.121-131.
4. Маркова Д. Д. Сущность, структура и проектирование творческой образовательной среды в учреждении дополнительного образования // Создание и совершенствование творческой образовательной среды в учреждении образования: проблемы, идеи, решения : сборник научных статей. Уральский государственный педагогический университет ; под общей редакцией С. А. Новоселова. Екатеринбург. 2022. С.169-179.
5. Федеральный закон. Об образовании в Российской Федерации. от 29 декабря 2012 г. N273-ФЗ: [принят ГД ФС РФ 21.12.2012]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/36698/page/1> (дата обращения: 18.05.2025).
6. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Министерство образования и науки Российской Федерации, приказ от 17 декабря 2010 г. N 1897 об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/8f549a94f631319a9f7f5532748d09fa> (дата обращения 07.06.2025).
7. Национальный проект «Образование» [Электронный ресурс]. URL: <https://edu.gov.ru/national-project> (дата обращения 07.06.2025).
8. Региональный проект «Организация образовательной деятельности в общеобразовательных учреждениях Белгородской области в режиме«Школа полного дня» URL: <https://obr.belregion.ru/devatelnost/proekty/organizaciya-obrazovatelnoj-devatelnosti-v-obsheobrazovatelnyh-uchrezhdeniyah-belgorodskoj-oblasti-v/> (дата обращения: 21.05.2025).
9. Чечель И.П. Тенденции развития архитектуры образовательных комплексов полного дня (на примере опыта Белгородской области) // Международная научная конференция перспективных разработок молодых ученых. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. Т.4. С. 277-284.
10. Вильковский М.Б. Социология архитектуры М.: Фонд «Русский авангард».2010. 592 с. ISBN 978-5-91566-021-1.
11. Кияненко К.В. Путеводитель по сферам социального знания в архитектуре и окрестностях // Архитектурный вестник. 2009. №3. С.62- 66.

12. Кияненко К.В. Социология архитектуры // IV Очередной Всероссийский социологический конгресс Социология и общество: глобальные вызовы и региональное развитие. Секция 40. С.7414-7420 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.isras.ru/files/File/congress2012/part54.pdf> (дата обращения 07.06.2025).
13. Филиппов А.Ф. Социология пространства. С-Пб.: Изд-во «Владимир Даль». 2008.
14. Барчугова Е.В., Рочегова Н.А. Социология архитектуры. Три этапа развития // Информационные технологии и архитектура. 2018. №3(44). С. 377-391.
15. Глазычев В.Л. Социология архитектуры – какая и для чего? // Зодчество. 1978. №2(21). С. 25-29.
16. Делитц Х. Архитектура в социальном измерении: Пер.нем.Вильковский М.Б., Воробьева А.Г. // Социологические исследования. 2008. № 10. С.113-121.
17. Смит Р., Бани В. Теория символического интеракционизма и архитектура // Социологические исследования. 2010. №9. С.71-79.
18. Смит Р., Бани В. Искусственно созданное материальное окружение по отношению к людям, символам и социальной действительности: предложение по изменению архитектурного подхода // Человечество и общество. 2002. С. 293-311.
19. Крашенинников, А.В. Сценарное проектирование городской среды // Architecture and Modern Information Technologies. 2017. №4 (41). С. 242-256.
20. Баширова Э.И., Назимов Р.К. Применение сценарного подхода при разработке функционального зонирования в ходе архитектурной реконструкции и реставрации Казанского Театра юного зрителя// Известия КГАСУ. 2019. №3 (49). С. 7-15.
21. Воробьева М.О. Приемы сценарного подхода в организации общественно-рекреационных пространств //Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство: сб. материалов конф. под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой. Самара: Изд-во СГАСУ. 2015. С. 248-255.
22. Воробьева М.О. Принципы сценарного подхода в организации общественно-рекреационных пространств на примере парков [Текст] / М.О. Воробьева // Градостроительство и архитектура (Самара). 2017. Том: 7. № 2 (27). С.119-124. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.02.19.
23. Михалчева С.Г. К вопросу о сценарном подходе к проектированию городской среды // Образование и наука в современном мире. Инновации (Пенза). 2018. № 5 (18). С.194-200.
24. Минг-Чун Ли На пути к основанному на сценариях подходу к коллективному проектированию. 2018. DOI:10.17831/REP:ARCC%Y544
25. Эйлути Б. Сценарное проектирование: новые применения в метаморфической архитектуре. Границы архитектурных исследований. 2021. Том 10, Выпуск 1. С. 224-225.
26. Огилви Дж. Создание лучшего будущего: сценарное планирование как инструмент для создания лучшего будущего. Издательство Оксфордского университета; 1-е издание. 2002. 256 с.
27. Данилов П. А. Сценарный подход в проектировании городского парка // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство: сб. материалов конф. под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой // Самарский государственный архитектурно строительный университет. Самара: Изд-во СГАСУ. 2015. С. 222-228.
28. Шубенков М.В. Структурные закономерности архитектурного формообразования. М.: Архитектура-С. 2006. 320 с. ISBN 5-9647-0105-1
29. Шубенков М.В. Структура архитектурного пространства. Дис. доктора арх. 2006.
30. Воличенко О., Иманкулов Д., Марченко А. Теоретическая модель художественного и архитектурного объекта // Проект Байкал. 2023. Т. 20, № 75. С. 98-104. DOI 10.51461/pb.75.22. EDN FKMDWQ.
31. Омуралиев, Д. Д., Воличенко О. В. Структурная модель архитектурного объекта // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова. 2009. Т. 3, № 1. С. 204-208. EDN HTVLMP.
32. Воличенко, О. В. Методика предпроектного и проектного анализа в архитектуре и градостроительстве. Саратов: Вузовское образование, 2020. 144 с. ISBN 978-5-4487-0635-6. DOI 10.23682/89677. EDN IJFCS.
33. Воличенко О. В. Архитектурное проектирование. Концептуально-прототипное моделирование архитектурных объектов. Саратов: Вузовское образование, 2020. 140 с. ISBN 978-5-4487-0634-9. DOI 10.23682/89676. EDN HLZZUX.
34. Степанов В.И. Проблемы архитектуры школьных зданий. Дисс. доктора арх. 1983.
35. Чечель И.П. Актуальная архитектурная классификация общеобразовательных школ и комплексов полного дня (на примере отечественного и зарубежного опыта) // 3-я Всероссийская молодежная научная конференция. Курск: ЗАО «Университетская книга». 2025. 545 с. С. 360-366.

REFERENCES

1. Zadvernyuk L.V. Problems of implementing the modern model of school space organization in Russian architecture [Problemy realizacii sovremennoj modeli organizacii shkolnogo prostranstva v arhitecture Rossii]. *Noema (Architecture. Urbanistics. Art)*. 2020;(2):125-139. EDN: VYOOJW. (rus)

2. Syrova N.V., Pertseva L.N., Nabokina A.V. The Influence of the Architecture of the Educational Space on the Development of Students' Creative Abilities [Vliyanie arhitektury obrazovatel'nogo prostranstva na razvitiye tvorcheskikh sposobnostey shkolnikov]. *Problems of Modern Pedagogical Education* [Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya]. 2022;277–280. (rus)
3. Ignatieva A.V. Creating a Creative Educational Environment for the Formation of an Educational Motive [Sozdanie tvorcheskoy obrazovatel'noy sredy dlya formirovaniya poznavatel'nogo motiva]. In: Novoselov S.A. (ed.). *Creating and Improving a Creative Educational Environment in an Educational Institution: Problems, Ideas, and Solutions* [Sozdanie i sovershenstvovanie tvorcheskoy obrazovatel'noy sredy v uchrezhdenii obrazovaniya: problemy, idei, resheniya]. Yekaterinburg: Ural State Pedagogical University, 2022. Pp. 121-131. (rus)
4. Markova D.D. Essence, structure and design of a creative educational environment in an institution of additional education [Sushnost, struktura i proektirovanie tvorcheskoy obrazovatel'noy sredy v uchrezhdenii dopolnitelnogo obrazovaniya]. In: Novoselov S.A. (ed.). *Creation and improvement of a creative educational environment in an educational institution: problems, ideas, solutions* [Sozdanie i sovershenstvovanie tvorcheskoy obrazovatel'noy sredy v uchrezhdenii obrazovaniya: problemy, idei, resheniya]. Yekaterinburg: Ural State Pedagogical University, 2022. Pp. 169-179. (rus)
5. *Federal Law About education in the Russian Federation* [Ob obrazovanii v Rossijskoj Federacii] dated December 29, 2012, No. 273-FZ. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/36698/page/1> (date of application: 16.04.2025). (rus)
6. *Federal State Educational Standard of Basic General Education* [Federalnyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart osnovnogo obshchego obrazovaniya]. Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 1897 dated December 17, 2010. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/8f549a94f631319a9f7f5532748d09fa> (date of application: 07.06.2025). (rus)
7. National Project "Education" [Nacionalnyj proekt «Obrazovanie»]. URL: <https://edu.gov.ru/national-project> (date of application: 07.06.2025). (rus)
8. Regional project "Organization of educational activities in educational institutions of the Belgorod region in the "Full-time school" mode [Organizaciya obrazovatel'noy deyatel'nosti v obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniyah Belgorodskoj oblasti v rezhime«Shkola polnogo dnya»]. URL: <https://obr.belregion.ru/deyatelnost/proekty/organizaciya-obrazovatel'noy-deyatelnosti-v-obsheobrazovatel'nykh-uchrezhdeniyah-belgorodskoj-oblasti-v/> (date of application: 26.04.2025). (rus)
9. Chechel I.P. Tendencies of development of architecture of full-day educational complexes (on the example of experience of the Belgorod region) [Tendencii razvitiya arhitektury obrazovatel'nykh kompleksov polnogo dnya (na primere opyta Belgorodskoj oblasti)]. *International scientific conference of perspective developments of young scientists*. Kursk: CJSC University Book, 2024. Vol. 4. Pp. 277-284. (rus)
10. Vilkovsky M.B. *Sociology of Architecture* [Sociologiya arhitektury]. Moscow: Russian Avant-Garde Foundation, 2010. 592 p. ISBN 978-5-91566-021-1. (rus)
11. Kiyanenko K.V. A Guide to the Spheres of Social Knowledge in Architecture and Surroundings [Putevoditel po sferam social'nogo znaniya v arhitekture i okrestnostyah]. *Architectural Bulletin*. 2009;(3):62-66. (rus)
12. Kiyanenko K.V. *Sociology of Architecture* [Sociologiya arhitektury]. IV Regular All-Russian Sociological Congress *Sociology and Society: Global Challenges and Regional Development*. Section 40. Pp. 7414-7420. URL: <http://www.isras.ru/files/File/congress2012/part54.pdf> (date of application: 07.06.2025). (rus)
13. Filippov A.F. *Sociology of Space* [Sociologiya prostranstva]. St. Petersburg: Vladimir Dal Publishing House, 2008. (rus)
14. Barchugova E.V., Rochegova N.A. *Sociology of Architecture. Three Stages of Development* [Sociologiya arhitektury. Tri etapa razvitiya]. *Information Technologies and Architecture*. 2018;3(44):377-391. (rus)
15. Glazychev V.L. *Sociology of Architecture – What Kind and For What?* [Sociologiya arhitektury – kakaya i dlya chego?]. *Zodchestvo*. 1978;2(21):25-29. (rus)
16. Delitz H. Architecture in the Social dimension [Arhitektura v socialnom izmerenii]. *Sociological research*. 2008;(10):113-121. (rus)
17. Smith R., Bani V. Theory of symbolic interactionism and architecture [Teoriya simvolicheskogo interakcionizma i arhitektura]. *Sociological research*. 2010;(9):71-79. (rus)
18. Smith R., Bani V. Man-made material environment in relation to people, symbols and social reality: a proposal for changing the architectural approach [Iskusstvenno sozdanoe materialnoe okruzhenie po otnosheniyu k lyudyam, simvolam i socialnoj deistvitelnosti: predlozhenie po izmeneniyu arhitekturnogo podhoda]. *Humanity and Society*. 2002:293-311. (rus)
19. Krashenninikov A.V. Scenario design of the urban environment [Scenarnoe proektirovanie gorodskoj sredy]. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2017;4(41):242-256. (rus)
20. Bashirova E.I., Nazimov R.K. Application of the scenario approach in the development of functional zoning during the architectural reconstruction and restoration of the Kazan Theatre for Young Spectators [Primenenie scenarnogo podhoda pri razrabotke funktsional'nogo zonirovaniya v hode arhitekturnoj rekonstrukcii i restavracii Kazanskogo Teatra yunogo zritelya]. *Izvestiya KGASU*. 2019;3(49):7-15. (rus)
21. Vorobyeva M.O. Receptions of the scenario approach in the organization of social and recreational spaces [Priemy scenarnogo podhoda v organizacii obshchestvenno-rekreacionnykh prostranstv]. In: Balzannikov M.I.,

- Galitskov K.S., Akhmedova E.A. (eds.). *Traditions and innovations in construction and architecture. Urban planning*. Samara: Publishing house of SGAU, 2015. Pp. 248-255. (rus)
22. Vorobyeva M.O. Principles of the Scenario Approach in the Organization of Social and Recreational Spaces on the Example of Parks [Principy scenariy podhoda v organizacii obshchestvenno-rekreacionnyh prostranstv na primere parkov]. *Urban Planning and Architecture (Samara)*. 2017;7(2):119-124. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.02.19. (rus)
23. Mikhacheva S.G. On the Scenario Approach to Urban Environment Design [K voprosu o scenariy podhode k proektirovaniyu gorodskoj sredy]. *Education and Science in the Modern World. Innovations (Penza)*. 2018;5(18):194-200. (rus)
24. Ming-Chun Lee. Towards a Scenario-Based Approach to Collaborative Design [Na puti k osnovannomu na scenariy podhodu k kollektivnomu proektirovaniyu]. 2018. DOI:10.17831/REP:ARCC%Y544. (rus)
25. Eiluti B. Scenario-Based Design: New Applications in Metamorphic Architecture [Scenariy proektirovaniye: novye primeneniya v metamorficheskoj arhitekture]. *Frontiers of Architectural Research*. 2021;10(1). (rus)
26. Ogilvy J. *Creating a Better Future: Scenario Planning as a Tool for Creating a Better Future* [Sozdanie luchshego budushchego: scenariy planirovaniye kak instrument dlya sozdaniya luchshego budushchego]. Oxford University Press; 1st edition, 2002. 256 p. (rus)
27. Danilov P.A. Scenario Approach in the Design of an Urban Park [Scenariy podhod v proektirovanii gorodskogo parka]. In: Balzannikov M.I., Galitskov K.S., Akhmedova E.A. (eds.). *Traditions and Innovations in Construction and Architecture. Urban Planning*. Samara: SSUACE Publishing House, 2015. Pp. 222-228. (rus)
28. Shubenkov M.V. *Structural patterns of architectural form* [Strukturnye zakonomernosti arhitekturnogo formoobrazovaniya]. Moscow: Architecture-S, 2006. 320 p. ISBN 5-9647-0105-1. (rus)
29. Shubenkov M.V. *Structure of architectural space* [Struktura arhitekturnogo prostranstva]. Dr. Arch. dissertation, 2006. (rus)
30. Volichenko O., Imankulov D., Marchenko A. Theoretical Model of an Artistic and Architectural Object [Teoreticheskaya model hudozhestvennogo i arhitekturnogo obekta]. *Project Baikal*. 2023;20(75):98-104. DOI: 10.51461/pb.75.22. EDN: FKMDWQ. (rus)
31. Omuraliev D.D., Volichenko O.V. Structural model of an architectural object [Strukturnaya model arhitekturnogo obekta]. *Bulletin Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov*. 2009;3(1):204-208. EDN: HTVLMP. (rus)
32. Volichenko O.V. *Methodology of pre-project and project analysis in architecture and town planning* [Metodika predproektnogo i proektnogo analiza v arhitekture i gradostroitelstve]. Saratov: Vuzovskoe Obrazovanie, 2020. 144 p. ISBN 978-5-4487-0635-6. DOI: 10.23682/89677. EDN: IJFCS. (rus)
33. Volichenko O.V. *Architectural Design. Conceptual and Prototype Modeling of Architectural Objects* [Arhitekturnoe proektirovaniye. Konceptualno-prototipnoye modelirovaniye arhitekturnykh obektov]. Saratov: University Education, 2020. 140 p. ISBN 978-5-4487-0634-9. DOI: 10.23682/89676. EDN: HLZZUX. (rus)
34. Stepanov V.I. *Problems of the Architecture of School Buildings* [Problemy arhitektury shkolnykh zdaniy]. Dr. Arch. dissertation, 1983. (rus)
35. Chechel I.P. Actual Architectural Classification of General Education Schools and Full-Day Complexes (Based on Domestic and Foreign Experience) [Aktualnaya arhitekturnaya klassifikatsiya obshcheobrazovatelnykh shkol i kompleksov polnogo dnya (na primere otechestvennogo i zarubezhnogo opyta)]. *3rd All-Russian Youth Scientific Conference*. Kursk: University Book CJSC, 2025. Pp. 360-366. (rus)

Информация об авторах

Воличенко Ольга Владимировна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия;

ФГАОУ ВО «Российский университет Дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН); г. Москва, Россия;

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

(БГТУ им. В.Г. Шухова)», г. Белгород, Россия,

доктор архитектуры, профессор кафедры архитектуры, реставрации и дизайна

E-mail: wolitschenko@mail.ru

Чечель Иван Павлович

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

(БГТУ им. В.Г. Шухова)», г. Белгород, Россия,

старший преподаватель кафедры «Архитектура и градостроительство»

E-mail: golden-line7@yandex.ru

Information about authors

Volichenko Olga V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Moscow State University of Civil Engineering" (NRU MGSU); Moscow, Russia;
FGAOU HE "Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University); Moscow, Russia;
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (BSTU named after V.G. Shukhov)", Belgorod, Russia,
Doctor of Architecture, Professor of the Department of Architecture, Restoration and Design
E-mail: wolitschenko@mail.ru

Chechel, Ivan P.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (BSTU named after V.G. Shukhov)", Belgorod, Russia, Senior Lecturer at the Department of Architecture and Urban Planning
E-mail: golden-line7@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 03.06.2025

Одобрена после рецензирования 21.09.2025

Принята к публикации 01.10.2025

The article was submitted 03.06.2025

Approved after reviewing 21.09.2025

Accepted for publication 01.10.2025

Н.В. РОЗАНЦЕВА¹¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАМКА ИНСТЕРБУРГ С ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация. Статья посвящена проблеме реконструкции средневекового замка Инстербург, расположенного в Калининградской области России. Рассматривается важность сохранения этого объекта культурного наследия и предлагается вариант его адаптации для современного использования. Проведённый анализ включает изучение технического состояния замка, оценку возможности его реконструкции и разработку предложений по сохранению и функциональному применению. В статье рассматриваются различные подходы к реконструкции, включая музеефикацию и функциональное переосмысление, а также архитектурно-планировочные решения, основанные на принципах имитации и контраста. Важное место занимает обсуждение необходимости сочетания исторического наследия с современными элементами для создания гармоничного архитектурного образа. Для реконструкции замка Инстербург предложен комплекс архитектурных и конструктивных решений: создание стеклянного купола на металлических колоннах; возведение внешних стен и устройство атриума из витражного остекления, что придаст конструкции воздушность и эстетичность, а также позволит снизить нагрузку на основание; усиление исторических стеновых конструкций; решение проблемы фундамента путём подведения стилобата, который соединит сохранившиеся стены замка с новыми конструкциями. Данные меры обеспечат работу конструкций как единого целого, повысят общую устойчивость и надёжность объекта и позволят передавать нагрузку на свайное основание. В расчётной части произведён сбор нагрузок и определены параметры шпунтового ограждения и свайного основания. Предложенные решения направлены на сохранение исторического облика замка, обеспечение его функциональности и адаптацию к современным условиям эксплуатации.

Ключевые слова: объекты культурного наследия, функциональное использование, реконструкция, архитектурно-планировочные решения, стилобат.

N. V. ROZANTSEVA¹¹ Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

RECONSTRUCTION OF INSTERBURG CASTLE WITH ADAPTATION FOR MODERN USE

Abstract. This article addresses the problem of reconstructing the medieval Insterburg Castle, located in the Kaliningrad region of Russia. It examines the importance of preserving this cultural heritage site and proposes a variant for its adaptation to modern use. The conducted analysis includes a study of the castle's technical condition, an assessment of its reconstruction feasibility, and the development of proposals for its preservation and functional application. The article explores various approaches to reconstruction, including museumification and functional reinterpretation, as well as architectural and planning solutions based on the principles of imitation and contrast. Significant attention is given to the discussion of the need to combine historical heritage with contemporary elements to create a harmonious architectural image. A set of architectural and structural solutions is proposed for the reconstruction of Insterburg Castle: the installation of a glass dome on metal columns; the erection of external walls and the construction of an atrium with stained-glass glazing, which will give the structure a sense of lightness and aesthetic appeal while also reducing the load on the foundation; the strengthening of the historic wall structures; and addressing the foundation problem by introducing a stylobate that will connect the preserved castle walls with the new structures. These measures will ensure the structures work as a single unit, enhance the overall stability and reliability of the facility, and enable the transfer of loads to the pile foundation.

© Розанцева Н.В., 2025

The calculation section includes the determination of loadings and the definition of parameters for the sheet pile enclosure and the pile foundation. The proposed solutions are aimed at preserving the historical appearance of the castle, ensuring its functionality, and adapting it to modern operational

conditions. These solutions are aimed at preserving the historical appearance of the castle, ensuring its functionality and adapting to modern operating conditions.

Keywords: *cultural heritage sites, functional use, reconstruction, architectural and planning solutions, stylobate.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назимов Е.С. Принятие присяги как одна из форм взаимодействия российских военных властей с местным населением Восточной Пруссии в 1758 г // Научно-технический прогресс: информация, технологии, механизм: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2022. С. 153-157.
2. Назимов Е.С. Первые административные мероприятия в. В. Фермора на занятых русской армией территориях Восточной Пруссии в 1758 г // Advances in Science and Technology: сборник статей XLIV международной научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 147-150.
3. Назимов Е.С. Российский институт губернаторства в прусской системе местного управления Восточной Пруссии во время Семилетней войны // Концепции, теория и методика фундаментальных и прикладных научных исследований: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. Стерлитамак, 2022. С. 137-140.
4. Первая мировая война, Версальская система и современность // Сборник статей / Том Выпуск 4. Санкт-Петербург, 2017.
5. Нереализованный проект генерал-губернаторства Восточной Пруссии (1914 г) // Калининградские архивы. 2015. № 12. С. 96-116.
6. Бахтин А. П. Замки и укрепления Немецкого ордена в северной части Восточной Пруссии // Калининград, 2005. 208 с.
7. Репа, Д.А. Историческое развитие Инстербурга-Черняховска // В сборнике: Актуальные проблемы архитектуры, градостроительства и дизайна. Материалы Международной научной конференции - 2018. С. 266-269.
8. Енин А.Е., Заплавная А.Э. Функциональный подход в условиях реконструкции планировочных элементов жилой среды городского исторического центра // Строительство и реконструкция. 2023. №4 (108). С. 119-131.
9. Явейн Н.И. Игры разума в дворцовых интерьерах // Вестник Зодчий. 21 век. 2008 №3(28). с. 82-87
10. Pittaluga P. Pioneering urban practices in transition spaces // City Territ Archit. 2020. Vol. 7. Iss. 18. Pp. 1–10. doi:10.1186/s40410-020-00127-6
11. Zukin Sh. Naked City. The Death and Life of Authentic Urban Places (excerpts) // Journal of Economic Sociology. Vol. 19. Iss. 1. 2018. Pp. 62-91. doi:10.17323/1726-3247-2018-1- 62-91
12. «О планах передачи РПЦ объектов культурного наследия» [Электронный ресурс]. URL: : <https://www.yabloko.ru/regnews/Kaliningrad/2010/11/25>
13. Иванов Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: усиление, восстановление, ремонт: учеб. пособие / Ассоциация строительных вузов – М.: АСВ, 2013. – 312 с.
14. Симаков О.А. Применение торкрет-бетона для усиления каменной кладки // Строительство и реконструкция. 2024. №1 (11). С. 99-108.
15. Бедов А.И., Рязанова В.А., Габитов А.И., Салов А.С., Исламгалиева Д.Р. Вариантное проектирование фундаментов промышленных и общественных зданий для различных гидрогеологических условий // Строительство и реконструкция. 2023. №1 (105). С. 104-113
16. Киргинцева С.В. Компьютерный анализ эффективности пакетного пертикального армирования грунтовых оснований плитных фундаментов / Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. № 6 (93). С. 59-63. 2015.
17. Егорова Е.С. Модели грунтов, реализованные в программных комплексах SCAD Office и Plaxis 3D/ Е.С. Егорова, А.В. Иоскевич, В.В. Иоскевич, К.Н. Агишев, В.Ю. Кожевников // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №3 (42). С. 31-60.
18. Ершов А.В. Примеры решения геотехнических задач методом конечных элементов: Задания и указания для расчётных работ, выполняемых с использованием программы «Plaxis 8.2» / А.В. Ершов; СПбГАСУ. – СПб., 2014. – 63 с.
19. Caldentey A.P., Padilla P., Muttoni A., Ruiz M. F. Effect of Load Distribution and Variable Depth on Shear Resistance of Slender Beams without Stirrups // ACI Structural Journal. September-October, 2012. Vol. 109.No. 5. Pp. 595–603.
20. Международная хартия по консервации и реставрации памятников и достопримечательных мест (Венецианская хартия) от 31 мая 1964 года: <https://docs.cntd.ru/document/901756982>
21. Report of the Decisions adopted during the 40th session of the World Heritage Committee (Istanbul/UNESCO, 2016) [Электронный ресурс]. – URL: <https://whc.unesco.org/en/sessions/40COM> (дата обращения: 01.03.24).

REFERENCES

1. Nazimov E.S. Taking the oath of office as one of the forms of interaction between the Russian military authorities and the local population of East Prussia in 1758. *Scientific and technological progress: information, technologies, mechanism*: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Ufa, 2022. Pp. 153-157. (rus)
2. Znamov E.S. V. V. Germor's first analytical studies in the territories of Eastern Europe occupied by the Russian army in 1758. *Achievements of Science and technology*: collection of articles of the XLIV International Scientific and Practical Conference. Moscow, 2022. Pp. 147-150. (rus)
3. Nazimov E.S. The Russian Institute of Governorship in the Prussian system of local government of East Prussia during the Seven Years' War. *Concepts, theory and methodology of fundamental and applied scientific research*: a collection of articles based on the results of the International Scientific and Practical Conference. Sterlitamak, 2022. Pp. 137-140. (rus)
4. *The First World War, the Versailles system and modernity*: Collection of articles. Vol. 4. St. Petersburg, 2017. (rus)
5. The unrealized project of the General Government of East Prussia (1914). *Kaliningrad Archives*. 2015;(12):96-116. (rus)
6. Batin A.P. *Castles and shelters of the Germans in the northern part of Eastern Russia*. Kaliningrad, 2005. 208 p. (rus)
7. Repa D.A. Historical development of Insterburg-Chernyakhovsk. *Actual problems of architecture, urban planning and design*: Materials of the International Scientific Conference. 2018. Pp. 266-269. (rus)
8. Enin A.E., Zaplavnaya A.E. Functional approach in the context of reconstruction of planning elements of the residential environment of the urban historical center. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2023;4(108):119-131. (rus)
9. Yavein N.I. Mind games in palace interiors. *Bulletin of the Architect. 21st century*. 2008;3(28):82-87. (rus)
10. Pittaluga P. Innovative urban practices in transitional spaces. *Architecture of urban territories*. 2020;7(18):1-10. DOI:10.1186/s40410-020-00127-6
11. Zukin S. The Naked City. Death and life of authentic urban places (excerpts). *Journal of Economic Sociology*. 2018;19(1):62-91. DOI:10.17323/1726-3247-2018-1-62-91
12. «I plan to continue working on the cultural heritage project». URL: <https://www.yabloko.ru/regnews/Kaliningrad/2010/11/25> (date of application: 01.03.2024). (rus)
13. Ivanov Yu.V. *Reconstruction of buildings and structures: reinforcement, restoration, repair*. Moscow: DIA, 2013. 312 p. (rus)
14. Simakov O.A. The use of shotcrete to strengthen masonry. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2024;1(11):99-108. (rus)
15. Bedov A.I., Ryazanova V.A., Gabitov A.I., Salov A.S., Islamgalieva D.R. Variant design of foundations of industrial and public buildings for various hydrogeological conditions. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2023;1(105):104-113. (rus)
16. Kirgintseva S.V. Computer analysis of the effectiveness of batch peritral reinforcement of ground bases of slab foundations. *Izvestiya Gomelskogo gosudarstvennogo universiteta n.a. F. Skoriny*. 2015;6(93):59-63. (rus)
17. Egorova E.S., Yoskevich A.V., Yoskevich V.V., Agiev K.N., Shulgin V.V., Kozhevnikov [et al.]. Runt models developed in the SCAD Office and Plaxis 3D software package. *State and Law*. 2016;3(42):31-60. (rus)
18. Yershov A.V. *Geothetic examples of solving problems by the finite element method: Tasks and instructions for computational work performed using the program "Flaxis 8.2"*. St. Petersburg: SPbGASU, 2014. 63 p. (rus)
19. Caldentei A.P., Padilla P., Muttoni A., Ruiz M.F. The effect of load distribution and variable depth on shear resistance of thin beams without guides. *ACI Structural Journal*. 2012;109(5):595-603.
20. The International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Places of Interest (the Venice Charter) of May 31, 1964. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901756982> (date of application: 01.03.2024).
21. Report on decisions taken during the 40th session of the World Heritage Committee (Istanbul/UNESCO, 2016). URL: <https://whc.unesco.org/en/sessions/40COM> (date of application: 01.03.2024).

Информация об авторах

Розанцева Надежда Владимировна

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г.Санкт-Петербург, Россия,

кандидат технических наук, доцент кафедры организации строительства,

e-mail: nrozanceva@lanspbgasu.ru

Information about authors

Rozantceva Nadezhda V.

candidate of technical sciences, associate professor of the department of construction organization, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia,

e-mail: nrozanceva@lan.spbgasu.ru

Статья поступила в редакцию 19.05.2025
Одобрена после рецензирования 21.07.2025
Принята к публикации 11.09.2025

The article was submitted 19.05.2025
Approved after reviewing 21.08.2025
Accepted for publication 11.09.2025

Т.С. ФЕДОРОВА¹, Н.В. ФЕДОРОВА¹¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
г. Москва, Россия

ПРИНЦИПЫ РЕСТАВРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОНЦЕПЦИИ ПАРАДИГМЫ БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫХ ГОРОДОВ И ПОСЕЛЕНИЙ

Аннотация. . Современные теоретико-методологические модели реставрации объектов архитектурного наследия опираются, как правило, на узкопрофессиональные научные принципы, определяющие историзм, максимальную объективность восстановления оригинального состояния, сохранение аутентичности (подлинности), определение ценности всех периодов жизненного цикла и другие. В статье рассмотрен новый подход к содержанию и принципам создания и практической реализации программ реставрации объектов архитектурного наследия в городской среде, основанный на общей парадигме сохранения и развития социо-техно-биосферы современного города. Показано, что успешное продвижение программ и проектов реновации городской среды, включая объекты реставрации и реконструкции архитектурных памятников, в определяющей степени связано с созданием действенных механизмов их реализации на основе принципиально нового метода – единого градостроительного подхода к организации пространственной городской структуры. В практическом плане, как показано в приведенном примере реконструкции и реставрации памятника конструктивизма 20–30-х годов прошлого века – здания кинотеатра, это позволит решать проблемы реставрации в едином контексте сохранения исторической ценности объектов для будущих поколений, сохранения национальной архитектуры и идентичности, улучшения качества городской среды и человеческого потенциала, используя образовательный аспект в изучении истории и культурного наследия города.

Ключевые слова: парадигма биосферной совместимости, принципы реставрационной деятельности, архитектурное наследие, аутентичность, городская среда, инновации, качество городской среды

T.S. FEDOROVA¹, N.V. FEDOROVA¹¹ National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

PRINCIPLES OF RESTORATION ACTIVITY WITHIN THE CONCEPT OF THE BIOSPHERE-COMPATIBLE CITIES AND SETTLEMENTS PARADIGM

Abstract. Contemporary theoretical and methodological models for the restoration of architectural heritage sites are typically based on specialized scientific principles. These principles define historicity, the maximum objectivity in recovering the original state, the preservation of authenticity, the assessment of the value of all stages of the asset's life cycle, among others. This article examines a novel approach to the content and principles for developing and practically implementing architectural heritage restoration programs within an urban context. This approach is founded on the overarching paradigm of conserving and developing the socio-techno-biosphere of the modern city. It is demonstrated that the successful advancement of urban renewal and environmental programs and projects, including the restoration and reconstruction of architectural monuments, is critically dependent on establishing effective implementation mechanisms. These mechanisms are based on a fundamentally new method: a unified urban planning approach to organizing the city's spatial structure. From a practical standpoint, as illustrated by the case study of the reconstruction and restoration of a Constructivist-era cinema building from the 1920s-1930s, this integrated strategy enables addressing restoration challenges within a unified context. This encompasses preserving the historical value of assets for future generations, safeguarding national architectural identity, enhancing the quality of the urban environment and human potential, and leveraging the educational aspect of studying urban history and cultural heritage.

Keywords: biosphere compatibility paradigm, principles of restoration, architectural heritage, authenticity, urban environment, innovations, quality of the urban environment

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюкова А.П. Механизм привлечения инвестиций для реализации проектов по сохранению объектов культурного наследия // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2022. № 1. С. 7-15.
2. Быстрова Т.Ю. Деграция и реабилитация историко-архитектурного наследия: функционально-типологический подход // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2019. № 3. С. 26-29. DOI: 10.25628/UNIP.2019.42.3.005.
3. Волчек Ю.П. Кинотеатр «Родина» в городе Орле: пять доводов в пользу его сохранения // Архитектура и строительство России. 2011. № 8. С. 29-37.
4. Горячева А.В. Современные подходы к восстановлению архитектурных памятников после катастроф в Италии // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Т. 1079, № 4. С. 042002. DOI: 10.1088/1757-899X/1079/4/042002.
5. Енин А.Е., Заплавная А.Э. Функциональный подход в условиях реконструкции планировочных элементов жилой среды городского исторического центра // Строительство и реконструкция. 2023. № 4 (108). С. 119-131. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2023-108-4-119-131>.
6. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Инновационные технологии в строительстве городов. Биосферная совместимость и человеческий потенциал учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2019. 208 с.
7. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Гордон В.А., Бакаева Н.В. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека: монография. М.: АСВ, 2015. 185 с.
8. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Архитектура градостроительства // Научный журнал строительства и архитектуры. 2020. Вып. № 4 (60). С. 121-132. DOI: 10.36622/VSTU.2020.60.4.012.
9. Ильичев В.А., Каримов А.М., Колчунов В.И., Алексашина В.В., Бакаева Н.В., Кобелева С.А. Предложения к проекту доктрины градостроительства и расселения (стратегического планирования – city-planning) // Жилищное строительство. 2012. № 1. С. 2-11.
10. Камалова Г.М., Дауренбекова Т.К. Мировой опыт архитектурной адаптации исторического наследия к новой функции // QazBSQA Хабаршысы. Сәулет және құрылыс. 2023. № 3 (89). URL: <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.3-04> (дата обращения: ...).
11. Канбулат И. Принципы реставрации, проектирование и практика / на примере Сафранболу, объекта всемирного наследия ЮНЕСКО // Structural Health Assessment of Timber Structures: материалы междунар. науч. конф. (Стамбул, Турция, 20–22 сентября 2017 г.). Стамбул, 2020. Май.
12. Кимеева Т.И., Юдин М.О. Формирование методики реставрации объектов архитектурного наследия; исторический аспект // Исторические исследования. 2019. № 3. С. 72-79. DOI: 10.25136/2409-868X.2019.3.29308.
13. Курман З. Принципы реставрации: примеры и desiderata (1906) // Future Anterior: Journal of Historic Preservation, History, Theory, and Criticism. 2010. Т. 7, № 2. С. 64–85.
14. Малмыгин И.А., Недотко П.А. Деятельность инновационных фондов // Экономист. 1993. № 4. С. 92-96.
15. Мельникова В.В. Человек и архитектурное пространство: осмысление взаимосвязей в социальных науках и градостроительной практике // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 3. С. 85-89.
16. Перькова М.В., Алексеев Ю.В., Ахмедова Е.А., Метленков Н.В., Шубенков М.В. Архитектурное образование и вызовы современности // Архитектура и строительство России. 2020. № 2 (234). С. 6-13.
17. Романова Л.С., Малевич С.С. Адаптация исторической застройки к современным условиям // Вестник ТГАСУ. 2013. № 4. С. 115-126.
18. Сапрыкина Н.А. Формирование объектов адаптивной архитектуры в контексте кинематической модификации пространства обитания // Architecture and Modern Information Technologies. 2020. № 4 (53). С. 34–56. URL: https://marhi.ru/AMIT/2020/4kvart20/PDF/02_saprykina.pdf (дата обращения: ...). DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15302.
19. Сыч Е.Р., Захарчук М.Г. Особенности применения строительных норм и правил при реставрации объекта культурного наследия // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 2. С. 438–451. DOI: 10.21285/2227-2917-2019-2-438-451.
20. Шубенков М.В. Природоориентированный подход в градостроительстве: аспекты реализации // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2020. № 1 (29). С. 30-41.
21. ГОСТ Р 55528-2013. Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования. Введ. 2014-07-01. М.: Стандартинформ, 2014. 25 с.

REFERENCES

1. Biryukova, A. P. Mechanism of attracting investments for the implementation of cultural heritage preservation projects. *International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral"*, No. 1, pp. 7-15, 2022. (rus)
2. Bystrova, T. Yu. Degradation and rehabilitation of historical and architectural heritage: A functional-typological approach. *Academic Bulletin of UralNIIproekt RAASN*, No. 3, pp. 26-29, 2019. DOI: 10.25628/UNIIP.2019.42.3.005 (rus)
3. Volchek, Yu. P. The "Rodina" cinema in the city of Orel: Five arguments in favor of its preservation. *Architecture and Construction of Russia*, No. 8, pp. 29-37, 2011. (rus)
4. Goryacheva, A. V. Modern approaches to the restoration of architectural monuments after disasters in Italy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 1079, No. 4, p. 042002, 2021. DOI: 10.1088/1757-899X/1079/4/042002 (rus)
5. Enin, A. E., & Zaplavnaya, A. E. Functional approach in the reconstruction of planning elements of the residential environment in the urban historical center. *Construction and Reconstruction*, No. 4, pp. 119-131, 2023. DOI: 10.33979/2073-7416-2023-108-4-119-131 (rus)
6. Ilyichev, V. A., Emelyanov, S. G., Kolchunov, V. I., & Bakaeva, N. V. *Innovative technologies in urban construction. Biospheric compatibility and human potential: textbook*. ASV Publishing House, 2019. (rus)
7. Ilyichev, V. A., Emelyanov, S. G., Kolchunov, V. I., Gordon, V. A., & Bakaeva, N. V. *Principles of city transformation into a biosphere-compatible and human-developing one: monograph*. ASV Publishing House, 2015. (rus)
8. Ilyichev, V. A., Kolchunov, V. I., & Bakaeva, N. V. Architecture of urban development. *Scientific Journal of Construction and Architecture*, Vol. 60, No. 4, pp. 121-132, 2020. DOI: 10.36622/VSTU.2020.60.4.012 (rus)
9. Ilyichev, V. A., Karimov, A. M., Kolchunov, V. I., Aleksashina, V. V., Bakaeva, N. V., & Kobeleva, S. A. Proposals for the draft doctrine of urban planning and settlement (strategic planning - city-planning). *Housing Construction*, No. 1, pp. 2-11, 2012. (rus)
10. Kamalova, G. M., & Daurenbekova, T. K. World experience of architectural adaptation of historical heritage to a new function. *QazBSQA Habarshisy. Saulet jane qurylys*, No. 3, p. 89, 2023. DOI: 10.51488/1680-080X/2023.3-04
11. Kanbulat, I. Restoration principles, design and practice: A case study from Safranbolu, the UNESCO world heritage. In *Structural Health Assessment of Timber Structures: Proceedings of the International Scientific Conference*, Istanbul, May 2020.
12. Kimeeva, T. I., & Yudin, M. O. Formation of a methodology for the restoration of architectural heritage objects: a historical aspect. *Historical Research*, No. 3, pp. 72-79, 2019. DOI: 10.25136/2409-868X.2019.3.29308 (rus)
13. Curman, S. Principles of restoration: Examples and desiderata (1906). *Future Anterior: Journal of Historic Preservation, History, Theory, and Criticism*, Vol. 7, No. 2, pp. 64-85, 2010.
14. Malmygin, I. A., & Nedotko, P. A. Activities of innovation funds. *Economist*, No. 4, pp. 92-96, 1993. (rus)
15. Melnikova, V. V. Man and architectural space: Understanding interrelationships in social sciences and urban planning practice. *Academia. Architecture and Construction*, No. 3, pp. 85-89, 2019. (rus)
16. Perkova, M. V., Alekseev, Yu. V., Akhmedova, E. A., Metlenkov, N. V., & Shubenkov, M. V. Architectural education and the challenges of our time. *Architecture and Construction of Russia*, No. 2, pp. 6-13, 2020. (rus)
17. Romanova, L. S., & Malevich, S. S. Adaptation of historical buildings to modern conditions. *Bulletin of TGASU*, No. 4, pp. 115-126, 2013. (rus)
18. Saprykina, N. A. Formation of adaptive architecture objects in the context of kinematic modification of the living space. *Architecture and Modern Information Technologies*, No. 4, pp. 34-56, 2020. DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15302 (rus)
19. Sych, E. R., & Zakharchuk, M. G. Features of the application of building codes and regulations in the restoration of cultural heritage objects. *News of Universities. Investments. Construction. Real Estate*, Vol. 9, No. 2, pp. 438-451, 2019. DOI: 10.21285/2227-2917-2019-2-438-451 (rus)
20. Shubenkov, M. V. Nature-oriented approach in urban planning: Aspects of implementation. *Biospheric Compatibility: Man, Region, Technologies*, No. 1, pp. 30-41, 2020. (rus)
21. GOST R 55528-2013. *Composition and content of scientific and project documentation for the preservation of cultural heritage objects. Historical and cultural monuments. General requirements*. Standartinform, 2014.

Информация об авторах:

Таисия Сергеевна Федорова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,
студент института ИАГ

E-mail: fedorovats@mgsu.ru

Наталья Витальевна Федорова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,

профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»

E-mail: fedorovanv@mfmgsu.ru

Information about authors:

Fedorova Taisiia S.

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia,

Student of the Institute of Architecture and Urban Planning,

E-mail: fedorovats@mgsu.ru

Fedorova Nataliia V.

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia,

Professor, Dr. Sci. (Eng.), Head of the Department of Industrial and Civil Engineering.

E-mail: fedorovanv@mfmgsu.ru

Статья поступила в редакцию 10.09.2025

Одобрена после рецензирования 01.10.2025

Принята к публикации 10.10.2025

The article was submitted 10.09.2025

Approved after reviewing 01.10.2025

Accepted for publication 10.10.2025

А.М. АБДУЛЛАЕВ¹, С.-А.Ю. МУРТАЗАЕВ^{1,2}, М.А.-В. АБДУЛЛАЕВ¹, М.С. САЙДУМОВ²,
Р.М. АБДУЛЛАЕВ¹

¹Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова Российской академии наук, Грозный, Россия

²Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ ВОДЫ И ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Аннотация. Обоснована актуальность разработки композиционных строительных материалов на основе природного бентонита месторождений Чеченской Республики. Установлена наноразмерность модификатора на основе бентонитового порошка месторождения Чеченской Республики, в комплексе с гиперпластификатором Frem Giper S-TB, посредством применения современных технологий и оборудования. Цель работы - изучение роли поверхностного натяжения бентонитовых суспензий отдельно и в комплексе с гиперпластификатором Frem Giper S-TB на прочность и плотность цементного камня, а также их взаимозависимости. В качестве **материалов** использовались гиперпластификатор Frem Giper S-TB (страна производитель Республика Беларусь) и природный бентонит, добываемый в Чеченской Республике. Для проведения экспериментальных исследований в качестве основного вяжущего применялся портландцемент АО «Чеченцемент» ЦЕМ I 42,5 Н. Показано снижение водоцементного отношения (В/Ц) до 24%, посредством снижения значений поверхностного натяжения воды затворения, использованием комплексного наномодификатора на основе природного сырья. Использование комплексного наномодификатора показало значительное снижение поверхностного натяжения с определением минимума при концентрациях 2-4% от массы воды. Достигнуты минимальные значения поверхностного натяжения воды равные 40-41 мН/м. Установлено, что прочность образца при совместном введении добавок Frem Giper S-TB 0,4% и 0,4% бентонитового порошка, по сравнению с контрольным образцом, увеличивается на 22%. Дальнейшее увеличение концентрации бентонита и гиперпластификатора отрицательно влияет на прочностные характеристики цементного камня, что является результатом чрезмерного диспергирования цемента в процессе замешивания модифицированной водой с низким поверхностным натяжением и снижения плотности цементного теста раздвижкой зерен цемента образующимися мицеллами с гиперпластификатором Frem Giper S-TB.

Ключевые слова: комплексный наномодификатор, поверхностное натяжение, цементный камень, плотность, прочность, экология, мицеллы.

ABDULLAEV A.M.¹, MURTAZAEV S.-A.YU.^{1,2}, ABDULLAEV M.A.-V.¹, SAIDUMOV M.S.²,
ABDULLAEV R.M.¹

¹Integrated Research Institute named after Kh.I. Ibragimov of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia

²Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, Grozny, Russia

POROUS FILLER BASED ON METALLURGICAL SLAG AND LIQUID-GLASS COMPOSITION

Abstract. The relevance of developing composite construction materials based on natural bentonite from deposits in the Chechen Republic is substantiated. The nanoscale size of the modifier based on bentonite powder from the Chechen Republic deposit, in combination with the hyperplasticizer Frem Giper S-TB, was confirmed using modern technologies and equipment. The objective of this work is to investigate the role of the surface tension of bentonite suspensions, both individually and in combination with the hyperplasticizer Frem Giper S-TB, on the strength and density of cement stone, as

© Абдуллаев А.М., Муртазаев С.-А.Ю., Абдуллаев М.А.-В., Саидумов М.С., Абдуллаев Р.М., 2025
well as their interdependence. The materials used were the hyperplasticizer Frem Giper S-TB (manufactured in the Republic of Belarus) and natural bentonite extracted in the Chechen Republic. For

the experimental research, Portland cement CEM I 42.5 N produced by JSC «Chechencement» was used as the primary binder. A reduction in the water-cement ratio (W/C) by up to 24% was demonstrated. This was achieved by lowering the surface tension of the mixing water through the use of a complex nanomodifier based on natural raw materials. The use of this complex nanomodifier showed a significant reduction in surface tension, with a minimum identified at concentrations of 2-4% by mass of water. Minimum surface tension values of 40-41 mN/m were reached. It was established that the strength of the sample with the combined introduction of 0.4% Frem Giper S-TB and 0.4% bentonite powder increased by 22% compared to the control sample. A further increase in the concentration of both bentonite and the hyperplasticizer adversely affects the strength characteristics of the cement stone. This is a result of excessive dispersion of cement during the mixing process with modified low-surface-tension water, and a decrease in the density of the cement paste due to the separation of cement grains by the formed micelles of the Frem Giper S-TB hyperplasticizer.

Keywords: *Complex nanomodifier reduces surface tension, increasing density and strength of cement stone while improving ecology through optimized micelle formation.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах // Физикохимическая механика. Москва: Наука, 1979, С. 246-250.
2. Данилов В.Е., Айзенштадт А.М., Королев Е.В., Шаманина А.В., Гарамов Г.А. Методические аспекты определения поверхностного натяжения минеральных порошковых систем с использованием компактов // Физика и химия обработки материалов. 2024. № 4. С. 47-64.
3. Данилов В.Е., Королев Е.В., Айзенштадт А.М., Строкова В.В. Особенности расчета свободной энергии поверхности на основе модели межфазного взаимодействия Оунса-Вендта-Рабея-Кьельбле // Строительные материалы. 2019. № 11. С. 66-72. DOI: 10.31659/0585-430X-2019-776-11-66-72
4. Абдуллаев Р.М., Абдуллаев А.М., Абдуллаев М.А.В. Нанопорошок и его влияние на физико-механические свойства цементного камня // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 7 (763). С. 59-67.
5. Korolev E.V., Grishina A.N., Inozemtcev A.S., Ayzenshtadt A.M. Study of the kinetics structure formation of cement dispersed systems. Part II. Nanotechnologies in Construction. 2022; 14(4): 263–273. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2022-14-4-263-274>.
6. Жегера К.В., Лавров И.Ю., Трошев Д.В. Оптимизация синтеза наноструктурирующей добавки для применения в рабочей смеси 3D-принтера. Региональная архитектура и строительство. 2024;2(59):60-65. DOI: 10.54734/20722958
7. Жегера К.В., Дасаева Н.А. Разработка состава бетонной смеси с применением наноструктурирующей добавки для 3d-печати малых архитектурных форм. Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2025. Т. 17. № 1. С. 14-22.
8. Козлова И.В., Дударева М.О. Варианты введения тонкодисперсной добавки на основе системы ТЮО2-ВЮ2О3 в цементные композиции. Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2024. Т. 16. № 2. С. 90-99.
9. Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Элимханов Д.З., Дадашев И.Н. Методика измерения поверхностного натяжения суспензии бентонитов. Журнал физической химии. 2020. Т. 94. № 7. С. 1114-1118.
10. Абдуллаев М.А.В., Абдуллаев А.М., Абдуллаев Р.М. Высокопрочные мелкозернистые бетоны на основе комплексной нанодобавки. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2024. № 6 (786). С. 78-93.
11. Дадашев Р.Х., Межидов В.Х., Джамбулатов Р.С., Элимханов Д.З. О природе особенностей изотерм поверхностного натяжения водных суспензий бентонитов. Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2014. Т. 78. № 4. С. 433.
12. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. 1982. 400 с.
13. Панин В.Е., Дерюгин Е.Е., Кульков С.Н. Мезомеханика упрочнения материалов нанодисперсными включениями // Прикладная механика и техническая физика, 2010. №4, сс. 127-142.
14. Старченко С.А., Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Кожанова Е.П. Получение комплексной органоминеральной добавки на основе флороглюцинфурфурольного олигомера и наночастиц диоксида кремния. Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2024. Т. 16. № 5. С. 447-462.
15. Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У., Хирхасова В.И. Целлюлоза в бетоне: новое направление развития строительной нанотехнологии // Строительные материалы. 2020. № 7. С. 39-44. -DOI: 10.31659/0585-430X-2020-782-7-39-44

16. Королев Е.В., Гришина А.Н., Данилов А.М., Айзенштадт А.М. Системный анализ эволюции знаний о структурообразовании строительных материалов. Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 9. С. 18-27.
17. Смирнов А.Н. Определение изотерм поверхностного натяжения границ зерен на основе адсорбционных измерений // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2005. №5. сс. 93-96.
18. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. - М.: Издательство Московского университета, 1982. - 348 с.
19. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких плёнок. М.: Наука, 1986.

REFERENCES

1. Rebinder P.A. Poverhnostnye yavleniya v dispersnyh sistemah [Surface phenomena in dispersed systems] *Physico-chemical mechanics*. Moscow: Nauka Publ., 1979, pp. 246-250 (rus).
2. Danilov V.E., Aisenstadt A.M., Korolev E.V., Shamanina A.V., Garamov G.A. Metodicheskie aspekty opredeleniya poverhnostnogo ntyazheniya mineral'nyh poroshkovykh sistem s ispol'zovaniem kompaktoy [Methodological aspects of determining the surface tension of mineral powder systems using compacts] *Physics and Chemistry of materials processing*. 2024. No. 4. pp. 47-64 (rus).
3. Danilov V.E., Korolev E.V., Aisenstadt A.M., Strokova V.V. Osobennosti rascheta svobodnoy energii poverhnosti na osnove modeli mezhfaznogo vzaimodejstviya Oonsa-Vendta-Rabelya-K'el'ble [Features of calculating the free energy of a surface based on the Oons-Wendt-Rabel-Kjellbl interfacial interaction model] *Building materials*. 2019. No. 11. pp. 66-72. DOI: 10.31659/0585-430X-2019-776-11-66-72 (rus).
4. Abdullaev R.M., Abdullaev A.M., Abdullaev M.A.V. Nanoporoshok i ego vliyanie na fiziko-mekhanicheskie svojstva cementnogo kamnya [Nanopowder and its effect on the physico-mechanical properties of cement stone] *News of higher educational institutions. Construction*. 2022. No. 7 (763). pp. 59-67 (rus).
5. Korolev E.V., Grishina A.N., Inozemtcev A.S., Ayzenshtadt A.M. Study of the kinetics structure formation of cement dispersed systems. Part II. Nanotechnologies in Construction. 2022; 14(4): 263–273. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2022-14-4-263-274>.
6. Zhegera K.V., Lavrov I.Yu., Troshchev D.V. Optimizaciya sinteza nanostrukturiruyushchej dobavki dlya primeneniya v rabochej smesi 3D-printera [Optimization of the synthesis of a nanostructuring additive for use in the working mixture of a 3D printer]. *Regional architecture and construction*. 2024; 2(59):60-65. DOI: 10.54734/20722958 (rus).
7. Zhegera K.V., Dasaeva N.A. Разработка состава бетонной смеси с применением наноструктурирующей добавки для 3d-печати малых архитектурных форм [Development of the composition of a concrete mixture using a nanostructuring additive for 3D printing of small architectural forms] *Nanotechnology in construction: scientific online journal*. 2025. Vol. 17. No. 1. pp. 14-22 (rus).
8. Kozlova I.V., Dudareva M.O. Varianty vvedeniya tonkodispersnoj dobavki na osnove si-stemy TIO2-BI2O3 v cementnye kompozicii [Options for introducing a finely dispersed additive based on the TIO2-BI2O3 system into cement compositions] *Nanotechnology in construction: scientific online journal*. 2024. Vol. 16. No. 2. pp. 90-99 (rus).
9. Dadashev R.H., Dzhambulatov R.S., Elimkhanov D.Z., Dadashev I.N. etodika izmereniya poverhnostnogo ntyazheniya suspenzii bentonitov [Method of measuring the surface tension of bentonite suspension] *Journal of Physical Chemistry*. 2020. Vol. 94. No. 7. pp. 1114-1118 (rus).
10. Abdullaev M.A.V., Abdullaev A.M., Abdullaev R.M. Vysokoprochnye melkozernistye betony na osnove kompleksnoj nanodobavki [High-strength fine-grained concretes based on complex nano-additives] *News of higher educational institutions. Construction*. 2024. No. 6 (786). pp. 78-93 (rus).
11. Dadashev R.Kh., Mezhdidov V.Kh., Dzhambulatov R.S., Elimkhanov D.Z. O prirode osobennostej izoterm poverhnostnogo ntyazheniya vodnyh suspenzij bentonitov [On the nature of the surface tension isotherms of aqueous bentonite suspensions] *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. The series is physical*. 2014. Vol. 78. No. 4. P. 433. (rus).
12. Frolov Yu.G. Kurs kolloidnoj himii [Course of colloidal chemistry. Surface phenomena and dispersed systems]. 1982. 400 p. (rus).
13. Panin V.E., Deryugin E.E., Kulkov S.N. Mezomekhanika uprochneniya materialov nanodis-persnymi vklyucheniymi [Mesomechanics of hardening materials with nanodisperse inclusions] *Applied Mechanics and Technical Physics*, 2010. No. 4. pp. 127-142. (rus).
14. Starchenko S.A., Poluektova V.A., Shapovalov N.A., Kozhanova E.P. Poluchenie kompleksnoj organomineral'noj dobavki na osnove floriglyucinfurfuro'l'nogo oligomera i nanochastic dioksida kremniya [Obtaining complex organomineral additives based on phloroglucinfurfural oligomer and silicon dioxide nanoparticles] *Nanotechnology in construction: scientific online journal*. 2024. Vol. 16. No. 5. pp. 447-462. (rus).
15. Pukharensko Yu.V., Aubakirova I.U., Hirkhasova V.I. Cellyuloza v betone: novoe napravlenie razvitiya stroitel'noj nanotekhnologii [Cellulose in concrete: a new direction in the development of construction nanotechnology] *Building materials*. 2020. No. 7. pp. 39-44. -DOI: 10.31659/0585-430X-2020-782-7-39-44(rus).
16. Korolev E.V., Grishina A.N., Danilov A.M., Aisenstadt A.M. Sistemnyj analiz evolyucii znaniy o strukturoobrazovanii stroitel'nykh materialov [A systematic analysis of the evolution of knowledge about the structure formation of building materials] *Industrial and civil engineering*. 2024. No. 9. pp. 18-27. (rus).

17. Smirnov A.N. Opredelenie izoterm poverhnostnogo natyazheniya granic zeren na osnove adsorbcionnyh izmerenij [Determination of surface tension isotherms of grain boundaries based on adsorption measurements] *Surface. X-ray, synchrotron and Neutron Research*, 2005. No. 5. pp. 93-96. (rus).
18. Shchukin E.D., Pertsov A.V., Amelina E.A. Kolloidnaya himiya [Colloidal Chemistry]. Moscow: Moscow University Press, 1982. 348 p. (rus).
19. Deryagin B.V. Teoriya ustojchivosti kolloidov i tonkih plynok [Theory of stability of colloids and thin films]. Moscow: Nauka Publ., 1986 (rus).

Информация об авторах

Абдуллаев Абухан Магомедович

Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук (КНИИ РАН), Грозный, Россия, научный сотрудник,
E-mail: han-100@mail.ru

Муртазаев Сайд-Альви Юсупович

Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Технология строительного производства»,
E-mail: s.murtazaev@mail.ru

Абдуллаев Магомед Абдул-Вахабович

Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук (КНИИ РАН), Грозный, Россия, научный сотрудник,
E-mail: mgdaa@mail.ru

Сайдумов Магомед Саламувич

Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология строительного производства»,
E-mail: saidumov_m@mail.ru

Абдуллаев Рамзан Магомедович

Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук (КНИИ РАН), Грозный, Россия, аспирант,
E-mail: ramzan007abd@mail.ru

Information about authors

Abdullaev Abukhan M.

Integrated Research Institute named after Kh.I. Ibragimov of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia
Researcher,
E-mail: han-100@mail.ru

Murtazaev Sayd-Alvi Y.

Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, Grozny, Russia
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Technology of Construction Production",
E-mail: s.murtazaev@mail.ru

Abdullaev Magomed Abdul-Vakhabovich

Integrated Research Institute named after Kh.I. Ibragimov of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia
Researcher,
E-mail: mgdaa@mail.ru

Saidumov Magomed S.

Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, Grozny, Russia
candidate in tech. sc., docent of the Department of "Technology of Construction Production",
E-mail: saidumov_m@mail.ru

Abdullaev Ramzan M.

Integrated Research Institute named after Kh.I. Ibragimov of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia
postgraduate student,
E-mail: ramzan007abd@mail.ru

Статья поступила в редакцию 30.08.2025
Одобрена после рецензирования 23.09.2025
Принята к публикации 01.10.2025

The article was submitted 30.08.2025
Approved after reviewing 23.09.2025
Accepted for publication 01.10.2025

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с основными требованиями
к оформлению научных статей

- Представляемый материал должен быть **оригинальным, не опубликованным ранее** в других печатных изданиях.
- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется числом знаков с учетом пробелов. Рекомендуемый объем статей: **от 15000 до 45000 знаков с пробелами**.
- Статья должна быть набрана на листах формата А4 шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и вверху – 2 см; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья предоставляется в электронном виде по электронной почте или через систему электронной редакции.
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.
- Если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания рецензента. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи.
- Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

В тексте статьи не рекомендуется применять:

- обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- для одного и того же понятия различные научные термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- произвольные словообразования;
- сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

Обязательные элементы:

- **заглавие (на русском и английском языке)** публикуемого материала должно быть точным и емким, слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;
- **аннотация (на русском и английском языке)** кратко описывает объект исследования, мотивацию к проведению исследования, результаты исследования (рекомендуется указывать конкретные результаты и зависимости, полученные в исследовании), выводы (кратко); рекомендуемый объем – от 200 до 250 слов;
- **ключевые слова (на русском и английском языке)** – это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов.
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи; рекомендуемый объем списка литературы – не менее 20 источников.

В информации об авторах рекомендуется указывать ORCID, Scopus ID и SPIN-код, присвоенный в РИНЦ.

Редакция не взимает плату с авторов за подготовку, рецензирование и размещение в открытом доступе статей.

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации.

С полной версией требований к оформлению научных статей
Вы можете ознакомиться на сайте <https://construction.elpub.ru/jour/index>

Адрес издателя:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302026, Орловская область, г. Орёл, ул. Комсомольская д. 95
+7 (4862) 75-13-18

www.oreluniver.ru
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302030, Орловская область, г. Орёл, ул. Московская, 77.
+79065704999

<http://oreluniver.ru/science/journal/sir>
E-mail: str_and_rek@mail.ru

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор М.А. Амелина
Компьютерная верстка М.А. Амелина

Подписано в печать 18.10.2025 г.
Дата выхода в свет 31.10.2025 г.
Формат 70×108/16. Печ. л. 14,6
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 247

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95.