

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)

Коробко В.И., д-р техн. наук, проф. (Россия)

Савин С.Ю., канд. техн. наук, доц. (Россия)

Финадеева Е.А., канд. техн. наук, доц. (Россия)

Редколлегия:

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)

Данилевич Д.В., канд. техн. наук, доц. (Россия)

Карпенко Н.И., акад. РААСН, д-р техн. наук,
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)

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)

Птичникова Г.А., д-р арх., проф. (Россия)

Ребож Д., д-р техн. наук, проф. (Словения)

Римшин В.И., чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук,
проф. (Россия)

Тамразян А.Г., д-р техн. наук, проф. (Россия)

Травуш В.И., акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.
(Россия)

Трещев А.А., д-р техн. наук, проф. (Россия)

Тур В.В., д-р техн. наук, проф. (Белоруссия)

Турков А.В., д-р техн. наук, проф. (Россия)

Федоров В.С., акад. 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)

Яковенко И.А., д-р техн. наук, проф. (Украина)

Исполнительный редактор:

Юрова О.В., (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 объединённому каталогу «Пресса России»

на сайтах www.ppressa-rf.ru и www.akc.ru

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2023

Содержание

Международная научно-техническая конференция «Строительная наука и образование в интегрированном пространстве с новыми регионами Российской Федерации»

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

- Аксёнов И.С.** Деформационная устойчивость оконных ПВХ конструкций при температурных нагрузках..... 5
- Конин Д.В., Крылов А.С., Каприелов С.С., Чилин И.А., Ртищева И.В., Рожкова Л.С.** Работа сборных перекрытий с частично обетонированными стальными балками..... 19
- Королёв В.П., Кущенко И.В., Бочарова Е.А.** Параметризация требований коррозионной защищённости стальных конструкций..... 33
- Кришан А.Л., Римшин В.И., Астафьева М.А., Ступак А.А., Анпилов С.М.** Учет гибкости при расчете прочности центрально сжатых трубобетонных колонн квадратного сечения..... 47
- Кумпак О.Г., Галяутдинов З.Р., Галяутдинов Д.Р.** Железобетонные балки с учетом реакции распора при кратковременном динамическом нагружении..... 57
- Матвееenko Н.В., Малиновский В.Н., Матвееenko Е.С.** Трециностойкость наклонных сечений железобетонных элементов ломаного очертания..... 65
- Павлова И.П., Белкина И.В.** Параметрические исследования собственных деформаций и напряжений напрягающего фибробетона на стадии расширения..... 81

Безопасность зданий и сооружений

- Лизогуб А.А., Тур А.В., Тур В.В.** Вероятностный подход к оценке живучести конструктивных систем из сборного и монолитного железобетона..... 93
- Курченко Н.С., Савин С.Ю.** Моделирование ударных воздействий на стальные рамы зданий при деформируемом основании..... 106

Архитектура и градостроительство

- Енин А.Е., Заплавная А.Э.** Функциональный подход в условиях реконструкции планировочных элементов жилой среды городского исторического центра..... 119

Строительные материалы и технологии

- Александрин А.В.** Использование информационных технологий на этапе строительства объекта..... 132
- Муцанов В.Ф., Югов А.М.** Состояние и основные проблемы строительного комплекса Донецкой Народной Республики..... 138

Журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» ВАК по группе научных специальностей 2.1. – Строительство и архитектура: 2.1.1. – Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки); 2.1.2. – Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки); 2.1.5. – Строительные материалы и изделия (технические науки); 2.1.7. – Технология и организация строительства (технические науки); 2.1.9. – Строительная механика (технические науки); 2.1.10. – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства (технические науки); 2.1.11. – Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (архитектура); 2.1.12. – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура); 2.1.13. – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (архитектура).
Индексируется в РИНЦ, RSCI (Russian Science Citation Index) на платформе Web of Science)

Editor-in-Chief

Kolchunov V.I., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Editor-in-Chief Assistants:

Gordon V.A., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Korobko V.I., 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)

Danilevich D.V., candidate sc. tech., docent. (Russia)

Karpenko N.I., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Kolesnikova T.N., doc. arc., 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)

Lafhaj Z., doc. sc. tech., prof. (France)

Melkumov V.N., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Orlovic R.B., doc. sc. tech., prof. (Poland)

Pichnikova G.A., doc. arc., prof. (Russia)

Rebolj D., doc. sc. tech., prof. (Slovenia)

Rimshin V.I., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Tamrazyan A.G., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Travush V.I., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Treschev A.A., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Tur V.V., doc. sc. tech., prof. (Belorussia)

Turkov A.V., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Fedorov V.S., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Fedorova N.V., doc. sc. tech., prof. (Russia)

Schach R., doc. sc. tech., prof. (Germany)

Iakovenko I.A., doc. sc. tech., prof. (Ukraine)

Managing Editor:

Yurova O.V. (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:
ПН №ФЦ 77-67169 from 16.09.2016 r.

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

© Orel State University, 2023

Contents

International Scientific and Technical Conference "Construction Science and Education in Integrated Space with New Regions of the Russian Federation"

Theory of engineering structures. Building units

Aksenov I.S. Deformation stability of PVC windows under temperature loads.....	5
Konin D.V., Krylov A.S., Kaprielov S.S., Chilin I.A., Rtischeva I.V., Rozhkova L.S. Bearing capacity of precast floor slabs with partially concreted steel beams.....	19
Korolov V.P., Kushchenko I.V., Bocharova E.A. Parameterization of requirements of corrosion protectability of structural steel.....	33
Krishan A.L., Rimshin V.I., Astafyeva M.A., Stupak A.A., Anpilov S.M. Taking into account flexibility when calculating the strength of centrally compressed square-section tubular concrete columns.....	47
Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R., Galyautdinov D.R. Reinforced concrete beams taking into account the reaction of the thrust under short-term dynamic loading.....	57
Matweenko N.V., Malinovskiy V.N., Matweenko E.S. Shear crack resistance of reinforced concrete tapered beams.....	65
Pavlova I.P., Belkina I.V. Parametric research of restrained strains and stresses of self-stressed fiber-reinforced concrete at the stage of expansion.....	81

Building and structure safety

Lizahub A.A., Tur A.V., Tur V.V. Probabilistic approach for assessing the robustness of structural systems made of precast and monolithic reinforced concrete.....	93
Kurchenko N.S., Savin S.Yu. Modeling of impacts on steel frames of buildings on a deformable soil base.....	106

Architecture and town-planning

Enin A.E., Zaplavnyaya A.E. Functional approach in the conditions of reconstruction planning elements of the residential environment of the city historical center.....	119
--	-----

Construction materials and technologies

Aleksanin A.V. Use of information technologies at the facility construction stage.....	132
Mushchanov V.F., Yugov A.M. State and main problems of a construction complex of the Donetsk People's Republic.....	138

The journal *Building and Reconstruction* (Stroitel'stvo i rekonstruktsiya) have being included by Higher Attestation Commission in the List of peer-reviewed scientific journals, in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of science should be published, for the group of scientific specialties 2.1. - Construction and architecture: 2.1.1. – Building constructions, buildings and structures (technical sciences); 2.1.2. – Soils and foundations, underground structures (technical sciences); 2.1.5. – Building products and construction materials (technical sciences); 2.1.7. – Construction technology and organization (technical sciences); 2.1.9. – Structural mechanics (technical sciences); 2.1.10. – Environmental safety in construction and urban economy (technical sciences); 2.1.11. – Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical and architectural heritage (architecture); 2.1.12. – Architecture of buildings and structures. Creative concepts of architectural activity (architecture); 2.1.13. – Urban planning, planning of rural settlements (architecture). The journal is indexed in RSCI, RSCI on the Web of Science.

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«СТРОИТЕЛЬНАЯ НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В ИНТЕГРИРОВАННОМ
ПРОСТРАНСТВЕ С НОВЫМИ РЕГИОНАМИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**



Уважаемые коллеги, дорогие друзья, организаторы и участники Международной научно-технической конференции «Строительная наука и образование в интегрированном пространстве с новыми регионами Российской Федерации»!

В 2022 г. Президент Российской Федерации В.В. Путин чётко обозначил задачу по восстановлению новых российских регионов - Донецкой Народной Республики, Луганской Народной Республики, Запорожской и Херсонской областей. Крупнейший национальный проект по развитию новых территорий включает в себя развитие транспортной системы, дорожного хозяйства, восстановление промышленной и коммунальной инфраструктуры. По словам Первого Заместителя Министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации А.Н. Ломакина заказчиками восстановительных работ в Донбассе выступают не менее шести госструктур и 55 регионов Российской Федерации. Успешная реализация поставленных целей определяется обеспечением высокого уровня научно-технических и инновационных достижений в строительной отрасли. Необходимо создавать и внедрять эффективные, конкурентные, высокотехнологичные разработки, которые гарантированно смогут обеспечить устойчивый рост комфорта и безопасности среды жизнедеятельности населения.

Данная конференция предоставила уникальную возможность обучения, обмена опытом и взаимодействия с ведущими учёными-специалистами строительной области. Уверен, проведение подобных конференций способствует максимально эффективному и результативному решению научно-технических задач, связанных с восстановлением и созданием инфраструктуры на новых территориях Российской Федерации. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации поручило НИУ МГСУ взаимодействовать с профильными вузами новых регионов России. В настоящее время мы тесно работаем с Донбасской национальной архитектурно-строительной академией и

Приазовским государственным строительным университетом. Безусловно, что коллеги из этих университетов, принявшие участие в конференции, уже с успехом интегрированы в научную и образовательную деятельность, строительную отрасль России. Были представлены доклады не только представителей научного сообщества, но и инженеров, проектировщиков строительных организаций. Обсуждены актуальные на сегодня вопросы обеспечения безопасности и живучести зданий и сооружений, применения цифровых технологий, в том числе аддитивных, в строительстве и архитектуре, осуществления контрольной и надзорной деятельности при строительстве зданий и сооружений на новых территориях Российской Федерации, вопросы состояния и перспектив развития нормативной документации и многие другие.

Хочу выразить благодарность всем организаторам и участникам, всем, кто внес неоценимый вклад в развитие строительной науки и образования.

С уважением, П.А. Акимов
ректор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ),
академик РААСН, проф., д-р техн. наук

И.С. АКСЁНОВ¹

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

ДЕФОРМАЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ОКОННЫХ ПВХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАГРУЗКАХ

Аннотация. Опыт эксплуатации ПВХ окон в климатических условиях РФ показывает, что они подвержены значительным температурным деформациям. Температурные деформации ПВХ окон приводят к снижению их эксплуатационно-технических характеристик. Тем не менее, в настоящее время расчет данных конструкций на действие температурных нагрузок не выполняется. Это обусловлено в т.ч. и тем, что пока не разработаны методики расчета НДС ПВХ окон при действии температурных нагрузок. Разработка данной методики является целью настоящего исследования. Для расчета НДС ПВХ окна предложено разделить её на комбинации профилей и рассматривать комбинацию профилей как единичный элемент расчета. При введении ряда упрощений была создана расчетная схема комбинации профилей. Была получена универсальная форма системы дифференциальных уравнений, описывающих деформацию (и следовательно, НДС) комбинации оконных профилей. Было получено решение общего вида для данной системы уравнений, которое учитывает температурный изгиб профильных элементов ПВХ окон, влияние жесткости стеклопакета, условия закрепления профилей, действие произвольного количества сосредоточенных сил и моментов. Это позволяет вести расчет НДС любой оконной конструкции, которую можно представить в виде совокупности комбинаций профилей. Было предложено условие, ограничивающее температурные деформации оконной конструкции. Оно заключается в обеспечении деформаций оконного уплотнителя, не выходящих за пределы его рабочего диапазона, что может быть реализовано с использованием описанной расчетной методики.

Ключевые слова: температурные деформации, ПВХ окна, аналитический метод расчета, комбинация профилей, деформация оконного уплотнителя.

I.S. AKSENOV¹

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

DEFORMATION STABILITY OF PVC WINDOWS UNDER TEMPERATURE LOADS

Abstract. Experience in operating PVC windows in the climatic conditions of the Russian Federation shows that they are subject to significant temperature deformation. Temperature deformations of PVC windows lead to a decrease in their operational and technical characteristics. Nevertheless, at present the calculation of these structures for the action of temperature loads is not performed. This is due, among other things, to the fact that the methods for calculating the plastic deformation of PVC windows under the action of temperature loads have not yet been developed. The development of this methodology is the purpose of the present research. It was proposed to divide a window construction into profile combinations and to consider the profile combination as a single calculation element. By introducing a number of simplifications, a calculation scheme of profile combination was created. A universal form of a system of differential equations describing deformation of a combination of profiles was obtained. A general form solution for this system of equations has been obtained which takes into account temperature bending of window profile elements, impact of IGU rigidity, conditions of profile fixing, point forces and moments, which enables to calculate the strain-stress state of any structure which can be represented as a set of combination of profiles.

A condition limiting temperature deformations of a window structure has been proposed. It consists in ensuring the window seal deformations not exceeding its operating range, which can be verified using the described calculation methodology.

Keywords: *temperature deformations, PVC windows, analytical calculation method, combination of profiles, window seal deformation.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борискина И.В., Плотников А.А., Захаров А.В. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий. 3-е изд. Москва: Издательство ABC, 2003. 320 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1. 8-е изд., перераб. и доп., Москва: Машиностроение, 2001. 920 с.
3. Verkhovskiy A., Bryzgalin V., Lyubakova E. Thermal Deformation of Window for Climatic Conditions of Russia [Температурная деформация окна в климатических условиях России] // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. № 463. 032048.
4. Konstantinov A., Verkhovsky A. Assessment of the Wind and Temperature Loads Influence on the PVC Windows Deformation [Оценка влияния ветровых и температурных нагрузок на деформацию окон из ПВХ] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 3 (753). 032022.
5. Елдашов Ю.А., Сесюнин С.Г., Ковров В.Н. Экспериментальное исследование типовых оконных блоков на геометрическую стабильность и приведенное сопротивление теплопередаче от действия тепловых нагрузок // Вестник МГСУ. 2009. № 3. С. 146–149.
6. Elmahdy A.H. Air leakage characteristics of windows subjected to simultaneous temperature and pressure differentials [Воздухопроницаемость окон, подверженных одновременному воздействию перепадов температуры и давления] // Window Innovations. 05 June 1995, Toronto, Ontario, Canada. 1995. С. 146–163.
7. Henry R., Patenaude A. Measurements of window air leakage at cold temperatures and impact on annual energy performance of a house [Измерение воздухопроницаемости окон при низких температурах и её влияние на годовые энергетические показатели дома] // ASHRAE Transactions. 1998. № Pt 1B (104). С. 1254–1260.
8. Шеховцов А.В. Воздухопроницаемость оконного блока из ПВХ профилей при действии отрицательных температур // Вестник МГСУ. 2011. № 1 (3). С. 263–269.
9. Верховский А.А., Зимин А.Н., Потапов С.С. Применимость современных светопрозрачных ограждающих конструкций для климатических регионов России // Жилищное строительство. 2015. № 6. С. 16–19.
10. Konstantinov A., Verkhovsky A. Assessment of the Negative Temperatures Influence on the PVC Windows Air Permeability [Оценка влияния отрицательных температур на воздухопроницаемость окон ПВХ] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 2 (753). 022092.
11. Кунин Ю.С., Алекперов Р.Г., Потапова Т.В. Зависимость воздухопроницаемости светопрозрачных конструкций от температурных воздействий // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 10. С. 114–120.
12. Konstantinov A., Verkhovsky A., Lyabakova E. Sound insulation of PVC windows at negative outdoor temperatures [Звукоизоляция окон из ПВХ при отрицательных наружных температурах] // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 1 (896). 012054.
13. Константинов А.П., Верховский А.А. Влияние отрицательных температур на теплотехнические характеристики оконных блоков из ПВХ профилей // Строительство и реконструкция. 2019. № 83 (3). С. 72–82.
14. Гныря А. И. [и др.]. Влияние инфильтрации холодного воздуха на сопротивление теплопередаче стеклопакета // Известия ВУЗов. Строительство. 1999. № 3 (2). С. 102–105.
15. Емельянов Р.Т., Ревенко В.В. Оценка влияния изменения естественного воздухообмена на энергопотребление здания с учётом показателя герметичности современных окон // Молодой ученый. 2018. № 188 (2). С. 21–25.
16. Веснин В.И. Инфильтрация воздуха и тепловые потери помещений через оконные проёмы // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. № 24 (3). С. 10–16.
17. Halle S. [и др.]. The Combined Effect of Air Leakage and Conductive Heat Transfer in Window Frames and Its Impact on the Canadian Energy Rating Procedure [Комбинированный эффект воздухопроницаемости и кондуктивной теплопередачи в оконных рамах и его влияние на канадскую процедуру энергетической классификации]. AIVC. 1998. SF-98-12-3 (4108).
18. Elghamry R., Hassan H. Impact of window parameters on the building envelope on the thermal comfort, energy consumption and cost and environment [Влияние параметров окон ограждающей конструкции здания на тепловой комфорт, потребление, стоимость энергии и окружающую среду] // International Journal of Ventilation. 2020. № 4 (19). С. 233–259.
19. Wang L., Greenberg S. Window operation and impacts on building energy consumption [Эксплуатация окон и влияние на энергопотребление здания] // Energy and Buildings. 2015. № 92. С. 313–321.
20. Heydari A., Sadati S. E., Gharib M. R. Effects of different window configurations on energy consumption in building: Optimization and economic analysis [Влияние различных конфигураций окон на потребление энергии в здании: оптимизация и экономический анализ] // Journal of Building Engineering. 2021. № 35. 102099.

21. Choi Y., Ozaki A., Lee H. Impact of Window Frames on Annual Energy Consumption of Residential Buildings and Its Contribution to CO₂ Emission Reductions at the City Scale [Влияние окон на годовое энергопотребление жилых зданий и его вклад в сокращение выбросов CO₂ в масштабах города] // *Energies*. 2022. № 10 (15). 3692.
22. Cuce E. Role of airtightness in energy loss from windows: Experimental results from in-situ tests [Роль герметичности в потерях энергии из окон: экспериментальные результаты натурных испытаний] // *Energy and Buildings*. 2017. № 139. С. 449–455.
23. Chen S. [и др.]. Measured air tightness performance of residential buildings in North China and its influence on district space heating energy use [Измеренные показатели герметичности жилых зданий в Северном Китае и их влияние на энергопотребление при централизованном отоплении помещений] // *Energy and Buildings*. 2012. № 51. С. 157–164.
24. Сесюнин С. Г., Елдашов Ю. А. Моделирование сопряженной задачи термоупругости на примере анализа вариантов конструктивного оформления оконного блока зданий // *Светопрозрачные конструкции*. 2005. № 4.
25. Власенко Д.В. Почему коробит окно. Кто виноват и что делать? // *Оконное производство*. 2014. № 39. С. 42–44.
26. Калабин В.А. Оценка величины тепловой деформации ПВХ-профиля. Часть 2. Летние поперечные деформации. // *Светопрозрачные конструкции*. 2013. № 3. С. 12–15.
27. Калабин В.А. Оценка величины тепловой деформации ПВХ-профиля. Часть 1. Зимние поперечные деформации. // *Светопрозрачные конструкции*. 2013. № 2 (1). С. 6–9.
28. Аксёнов И.С., Константинов А.П. Упрощенный подход к моделированию уплотнителя для прочностного расчета оконных конструкций // *Вестник МГСУ*. 2021. № 3 (16). С. 317–330.
29. Аксёнов И.С., Константинов А.П. Аналитический метод расчета напряженно-деформированного состояния оконных профилей ПВХ при действии температурных нагрузок // *Вестник МГСУ*. 2021. № 11. С. 1437–1451.
30. Аксёнов И.С., Константинов А.П. Аналитический расчет сложного напряженно-деформированного состояния армированного ПВХ профиля при температурной нагрузке // *Жилищное строительство*. 2022. № 11. С. 19–28.
31. Цвей А. Ю. Балки и плиты на упругом основании. Лекции с примерами расчета по специальному курсу строительной механики: учеб. пособие. Москва: МАДИ, 2014. 96 с.

REFERENCES

1. Boriskina I.V., Plotnikov A.A., Zakharov A.V. Proektirovanie sovremennykh okonnykh sistem grazhdanskikh zdaniy [Modern window systems designing for civil buildings]. Moscow: Izdatel'stvo ABC, 2003. 320 p. (rus)
2. Anur'ev V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitel'ya. V 3 t. T. 1 [Handbook of the mechanical engineer in 3 vol. Vol. 1]. Moscow: Mashinostroyeniye, 2001. 920 p. (rus)
3. Verkhovskiy A., Bryzgalin V., Lyubakova E. Thermal Deformation of Window for Climatic Conditions of Russia. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018. No. 463. 032048.
4. Konstantinov A., Verkhovsky A. Assessment of the Wind and Temperature Loads Influence on the PVC Windows Deformation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. No. 3 (753). 032022.
5. Eldashov Yu.A., Sesyunin S.G., Kovrov V.N. Eksperimental'noe issledovanie tipovykh okonnykh blokov na geometricheskuyu stabil'nost' i privedennoye soprotivleniye teploperedache ot deystviya teplovykh nagruzok [Experimental study of typical window units for geometric stability and reduced heat transfer resistance when exposed to thermal loads]. *Vestnik MGSU*. 2009. No. 3. Pp. 146–149. (rus)
6. Elmahdy A.H. Air leakage characteristics of windows subjected to simultaneous temperature and pressure differentials. *Window Innovations*. 1995. Pp. 146–163.
7. Henry R., Patenaude A. Measurements of window air leakage at cold temperatures and impact on annual energy performance of a house. *ASHRAE Transactions*. 1998. No. Pt 1B (104). Pp. 1254–1260.
8. Shekhovtsov A.V. Vozdukhopronitsaemost' okonnogo bloka iz PVKh profiley pri deystvii otritsatel'nykh temperatur [Air permeability of the window unit made of PVC profiles at negative temperatures]. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 1 (3). Pp. 263–269. (rus)
9. Verkhovskiy A.A., Zimin A.N., Potapov S.S. Primenimost' sovremennykh svetoprozrachnykh ograzhdayushchikh konstruktсий dlya klimaticheskikh regionov Rossii [Applicability of modern translucent structures for climatic regions of Russia]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2015. No. 6. Pp. 16–19. (rus)
10. Konstantinov A., Verkhovsky A. Assessment of the Negative Temperatures Influence on the PVC Windows Air Permeability. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. No. 2 (753). 022092.
11. Kunin Yu.S., Alekperov R.G., Potapova T.V. Zavisimost' vozdukhopronitsaemosti svetoprozrachnykh konstruktсий ot temperaturnykh vozdeystviy [Dependence of air permeability of translucent structures on temperature impacts]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2018. No. 10. Pp. 114–120. (rus)
12. Konstantinov A., Verkhovsky A., Lyabakova E. Sound insulation of PVC windows at negative outdoor temperatures. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. No. 1 (896). 012054.

13. Konstantinov A.P., Verkhovskiy A.A. Vliyanie otritsatel'nykh temperatur na teplotekhnicheskie kharakteristiki okonnykh blokov iz PVKh profilya [The effect of negative temperatures on the thermal performance of window units made of PVC profiles]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2019. No. 83 (3). Pp. 72–82. (rus)
14. Gnyrya A. I. et. al. Vliyanie infil'tratsii kholodnogo vozdukha na soprotivlenie teploperedache steklopaketa [Influence of cold air infiltration on the thermal transmittance of the insulating glass unit]. *Izvestiya VUZov. Stroitel'stvo*. 1999. No. 3 (2). Pp. 102–105. (rus)
15. Emel'yanov R.T., Revenko V.V. Otsenka vliyaniya izmeneniya estestvennogo vozdukhoobmena na energopotrebleniye zdaniya s uchetom pokazatelya germetichnosti sovremennykh okon [Assessment of the impact of changes in natural air exchange on the energy consumption of the building, taking into account the airtightness index of modern windows]. *Molodoy uchenyy*. 2018. No. 188 (2). Pp. 21–25. (rus)
16. Vesnin V.I. Infil'tratsiya vozdukha i teplovye poteri pomeshcheniy cherez okonnye proemy [Air infiltration and room heat loss through window openings]. *Vestnik SGASU. Gradostroitel'stvo i arkhitektura*. 2016. No. 24 (3). Pp. 10–16. (rus)
17. Halle S. et al. The Combined Effect of Air Leakage and Conductive Heat Transfer in Window Frames and Its Impact on the Canadian Energy Rating Procedure. AIVC. 1998. SF-98-12-3 (4108).
18. Elghamry R., Hassan H. Impact of window parameters on the building envelope on the thermal comfort, energy consumption and cost and environment. *International Journal of Ventilation*. 2020. No. 4 (19). Pp. 233–259.
19. Wang L., Greenberg S. Window operation and impacts on building energy consumption. *Energy and Buildings*. 2015. No. 92. Pp. 313–321.
20. Heydari A., Sadati S. E., Gharib M. R. Effects of different window configurations on energy consumption in building: Optimization and economic analysis. *Journal of Building Engineering*. 2021. No. 35. 102099.
21. Choi Y., Ozaki A., Lee H. Impact of Window Frames on Annual Energy Consumption of Residential Buildings and Its Contribution to CO₂ Emission Reductions at the City Scale. *Energies*. 2022. No. 10 (15). 3692.
22. Cuce E. Role of airtightness in energy loss from windows: Experimental results from in-situ tests. *Energy and Buildings*. 2017. No. 139. Pp. 449–455.
23. Chen S. et. al. Measured air tightness performance of residential buildings in North China and its influence on district space heating energy use. *Energy and Buildings*. 2012. No. 51. Pp. 157–164.
24. Sesyunin S.G., Eldashov Yu.A. Modelirovaniye sopryazhennoy zadachi termouprugosti na primere analiza variantov konstruktivnogo oformleniya okonnogo bloka zdaniy [Simulation of the coupled problem of thermoelasticity on the example of a window unit structural design analysis]. *Svetoprozrachnyye konstruksii*. 2005. No. 4. (rus)
25. Vlasenko D.V. Pochemu korobit okno. Kto vinovat i chto delat'? [Why the window is crooked. Who is to blame and what to do?]. *Okonnoye proizvodstvo*. 2014. No. 39. Pp. 42–44. (rus)
26. Kalabin V.A. Otsenka velichiny teplovoy deformatsii PVKh-profilya. Chast' 2. Letnie poperechnyye deformatsii [Estimation of the value of thermal deformation of PVC profiles. Part 2. Summer transverse deformations]. *Svetoprozrachnyye konstruksii*. 2013. No 3. Pp. 12–15. (rus)
27. Kalabin V.A. Otsenka velichiny teplovoy deformatsii PVKh-profilya. Chast' 1. Zimnie poperechnyye deformatsii [Estimation of the value of thermal deformation of PVC profile. Part 1. Winter transverse deformations]. *Svetoprozrachnyye konstruksii*. 2013. No. 2 (1). Pp. 6–9. (rus)
28. Aksenov I.S., Konstantinov A.P. Uproshchennyy podkhod k modelirovaniyu uplotnitelya dlya prochnostnogo rascheta okonnykh konstruktivnykh [A simplified approach to the window gasket modeling for window strength calculation]. *Vestnik MGSU*. 2021. No. 3 (16). Pp. 317–330. (rus)
29. Aksenov I.S., Konstantinov A.P. Analiticheskiy metod rascheta napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya okonnykh profilya PVKh pri deystvii temperaturnykh nagruzok [An analytical method for calculating the stress-strain state of PVC window profiles under thermal loading]. *Vestnik MGSU*. 2021. No. 11. Pp. 1437–1451. (rus)
30. Aksenov I.S., Konstantinov A.P. Analiticheskiy raschet slozhnogo napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya armirovannogo PVKh profilya pri temperaturnoy nagruzke [Analytical Calculation of the Complex Stress-Strain State of Reinforced PVC Profile under Temperature Load]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2022. No. 11. Pp. 19–28. (rus)
31. Tsvey A.Yu. Balki i plity na uprugom osnovanii. Lektsii s primerami rascheta po spetsial'nomu kursu stroitel'noy mekhaniki: ucheb. posobie [Beams and slabs on elastic foundation. Lectures with examples of calculations in a special course of structural mechanics: textbook.]. Moscow: MADI, 2014. 96 p. (rus)

Информация об авторе:

Аксёнов Иван Сергеевич

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

инженер ИЛ НИЦ «Фасадные системы».

E-mail: i.aksyonov@ikbs-mgsu.ru

Information about author:

Aksenov Ivan S.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, engineer at the Facade Systems Research Center.

E-mail: i.aksyonov@ikbs-mgsu.ru

Д.В. КОНИН¹, А.С. КРЫЛОВ¹, С.С. КАПРИЕЛОВ², И.А. ЧИЛИН²,
И.В. РТИЩЕВА¹, Л.С. РОЖКОВА¹

¹ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия

²НИИЖБ А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия

РАБОТА СБОРНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С ЧАСТИЧНО ОБЕТОНИРОВАННЫМИ СТАЛЬНЫМИ БАЛКАМИ

Аннотация. Рассмотрены вопросы современного строительства с применением сборных железобетонных плит перекрытий в составе комбинированных конструкций. Дано обоснование выбранной темы исследования. Представлено подробное описание и особенности экспериментальных моделей исследуемых конструкций, материалов и их характеристик. Приведены особенности опирания и нагружения моделей. Проведен анализ результатов, полученных при испытаниях призм на сдвиг, и моделей сталежелезобетонных балок и полноразмерных фрагментов перекрытий на изгиб. Представлены общие виды и характер разрушения моделей, сформирована таблица разрушающих нагрузок. Приведены графики зависимости перемещений и напряжений в элементах конструкции от величины внешней нагрузки. Проведена оценка существующих методик расчета, их сравнение с результатами эксперимента. Дана оценка эффекта частичного обетонирования стальных двутавровых балок в составе сложной сборной сталежелезобетонной конструкции и его влияние на несущую способность.

Ключевые слова: бетон, сталь, сталежелезобетонная конструкция, стержневая арматура, сборный элемент.

D.V. KONIN¹, A.S. KRYLOV¹, S.S. KAPRIELOV², I.A. CHILIN²,
I.V. RTISCHEVA¹, L.S. ROZHKOVA¹

¹TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia

²NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia

BEARING CAPACITY OF PRECAST FLOOR SLABS WITH PARTIALLY CONCRETED STEEL BEAMS

Abstract. The issues of modern construction with the use of precast reinforced concrete slabs as part of composite steel and concrete structures are considered. The rationale for the chosen research topic is given. The description and features of experimental models of the studied structures, materials and their characteristics are presented. The features of the support and loading of the models are given. The analysis of the results of testing prisms for shear and models of composite steel and concrete beams and full-sized of composite steel and concrete slabs for bending is carried out. The types and nature of the destruction of models are presented, a table of destructive loads is formed. Graphs of displacements and stresses in structural elements are given. The evaluation of the existing calculation methods, their comparison with the experimental results is given. An assessment of the effect of partial concreting of steel I-beams as part of prefabricated composite steel and concrete structure and its effect on the load-bearing capacity is given.

Keywords: concrete, steel, composite steel and concrete structure, bar reinforcement, precaststructure.

© Конин Д.В., Крылов А.С., Каприелов С.С., Чилин И.А., Ртищева И.В., Рожкова Л.С., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Braun M. Experimentelle Untersuchungen von Slim-Floor-Trägern in Verbundbauweise. Untersuchungen zur Verbundwirkung von Betondübeln. Matthias Braun. Stahlbau 83. 2014. Heft 10. Pp. 746–754; Heft 5. Pp. 302–308.

2. Lam D. Composite steel beams using precast concrete hollow core floor slabs: PhD thesis. Dennis Lam. University of Nottingham, UK, 1998. 303 p.
3. Lam D. Designing composite beams with precast hollowcore slabs to Eurocode 4. D. Lam. *Advanced Steel Construction*. 2007. Vol. 3. No. 2. Pp. 594-606.
4. Hicks S.J. Design of Composite Beams Using Precast Concrete Slabs. S. J. Hick, R. M. Lawson. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2003. 98 p. (SCI Publication P287).
5. Rackham J.W. Design of Asymmetric Slimflor Beams with Precast Concrete Slabs. J W Rackham, S J Hicks G M Newman. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2006. 101 p. (SCI Publication P342).
6. Way A.G.J. Precast Concrete Floors in Steel Framed Buildings. A.G.J. Way, T.C. Cosgrove, M.E. Brettell. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2007. 101 p. (SCI Publication P351).
7. Ahmed I.M. The evolution of composite flooring systems: applications, testing, modelling and eurocode design approaches. I.M. Ahmed, K.D. Tsavdaridis. *Journal of Constructional Steel Research*. 2019. No. 155. Pp. 286-300.
8. Лоусон Р.М., Огден Р.Дж., Рэхэм Дж.В. Сталь в многоэтажных жилых зданиях. Институт стальных конструкций. (SCI) Silwood Park, Ascot, Berkshire SL5 7QN (Великобритания), 2004. 68 с. (Публикация SCI P332).
9. Goralski C. Zusammenwirken von Beton und Stahlprofil bei kammerbetonierten Verbundträgern: PhD Dissertation. Claus Robert Goralski. Aachen, Germany, 2006. 218 p.
10. Ferreira F.P.V. Steel-Concrete-Composite Beams with Precast Hollow-Core Slabs: A Sustainable Solution. F.P.V. Ferreira, K.D. Tsavdaridis, C.H. Martins, S. De Nardin. *Sustainability*. 2021. 13, 4230. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/su13084230>.
11. Tusnin A.R. Features of finite element analysis of steel-reinforced concrete slabs from hollow core slabs. A.R. Tusnin, A.A. Kolyago. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018. No. 456 012095. 6 p.
12. Туснин А.Р., Коляго А.А. Конструкция и работа сталежелезобетонного перекрытия с использованием сборных пустотных железобетонных плит // *Современная наука и инновации*. 2016. № 3. С. 141 – 147.
13. Замалиев Ф.С., Филиппов В.В. Расчетно-экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2015. № 7. С. 29-36.
14. Замалиев Ф.С. Экспериментальные исследования начального напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных балок и плит / Ф.С. Замалиев, Э.Г. Биккинин и др. // *Известия КГАСУ*. 2015. № 2(32). С. 149-153.
15. Веселов А.А., Чепилко С.О. Напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонной балки // *Вестник гражданских инженеров*. 2010. № 2(23). С. 31-37.
16. Salama T. Effective Flange Width for Composite Steel Beams. T. Salama, H.H. Nassif. *The Journal of Engineering Research*. 2011. Vol. 8. No. 1. Pp. 28-43.
17. Травуш В.И. Определение несущей способности на сдвиг контактной поверхности «сталь-бетон» в сталежелезобетонных конструкциях для бетонов различной прочности на сжатие и фибробетона / В.И. Травуш, С.С. Каприелов, Д.В. Конин и др. // *Строительство и реконструкция*. 2016. №4 (66). С. 45-55.
18. Travush V.I. Strength of composite steel and concrete beams of high-performance concrete / V.I. Travush, D.V. Konin, A.S. Krylov // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No. 3 (79). Pp. 36–44.
19. Арлеинов П.Д., Крылов С.Б. Современное состояние нелинейных расчётов железобетонных конструкций // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2017. № 3. С. 50–53.
20. Щеткова Е.А., Кашеварова Г.Г. Повышение прочности сцепления при сдвиге в зоне контакта «сталь-бетон» // *Вестник гражданских инженеров*. Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет. 2015. № 6. С. 70-75.

REFERENCES

1. Braun M. Experimentelle Untersuchungen von Slim-Floor-Trägern in Verbundbauweise. Untersuchungen zur Verbundwirkung von Betondübeln. Matthias Braun. *Stahlbau* 83. 2014. Heft 10. P. 746–754; Heft 5. P. 302–308.
2. Lam D. Composite steel beams using precast concrete hollow core floor slabs: PhD thesis. Dennis Lam. University of Nottingham, UK, 1998. 303 p.
3. Lam D. Designing composite beams with precast hollowcore slabs to Eurocode 4. D. Lam. *Advanced Steel Construction*. 2007. Vol. 3. No. 2. P. 594-606.
4. Hicks S. J. Design of Composite Beams Using Precast Concrete Slabs. S. J. Hick, R. M. Lawson. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2003. 98 p. (SCI Publication P287).
5. Rackham J. W. Design of Asymmetric Slimflor Beams with Precast Concrete Slabs. J W Rackham, S J Hicks G M Newman. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2006. 101 p. (SCI Publication P342).
6. Way A.G.J. Precast Concrete Floors in Steel Framed Buildings. A.G.J. Way, T.C. Cosgrove, M.E. Brettell. The Steel Construction Institute. Silwood Park. Ascot. Berkshire, 2007. 101 p. (SCI Publication P351).
7. Ahmed I.M. The evolution of composite flooring systems: applications, testing, modelling and eurocode design approaches. I.M. Ahmed, K.D. Tsavdaridis. *Journal of Constructional Steel Research*. 2019. No. 155. Pp. 286-300.

8. Lawson R.M. *Stal' v mnogoetazhnykh zhilykh zdaniyakh* [Steel in Multi-Storey Residential Buildings]. R. M. Lowson, R. Dzh. Ogden, Dzh. V. Rekkhem. Institut stal'nykh konstrukcij. (SCI) Silwood Park, Ascot, Berkshire SL5 7QN (Velikobritaniya), 2004. 68 p. (SCI P332).
9. Goralski C. *Zusammenwirken von Beton und Stahlprofil bei kammerbetonierten Verbundträgern*: PhD Dissertation. Claus Robert Goralski. Aachen, Germany, 2006. 218 p.
10. Ferreira F.P.V. *Steel-Concrete-Composite Beams with Precast Hollow-Core Slabs: A Sustainable Solution*. F.P.V. Ferreira, K.D. Tsavdaridis, C.H. Martins, S. De Nardin. Sustainability. 2021. 13, 4230. [Online] URL: <https://doi.org/10.3390/su13084230>.
11. Tusnin A.R. *Features of finite element analysis of steel-reinforced concrete slabs from hollow core slabs*. A.R. Tusnin, A.A. Kolyago. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. No. 456 012095. 6 p.
12. Tusnin A.R. *Konstrukciya i rabota stalezhelezobetonnoho perekrytiya s ispol'zovaniem sbornyykh pustotnykh zhelezobetonnykh plit* [The construction and operation of the composite beams using the prefabricated reinforced concrete slab hollow core]. A.R. Tusnin, A.A. Kolyago. *Sovremennaya nauka i innovacii*. 2016. No 3. Pp. 141 – 147.
13. Zamaliev F.S. *Raschetno-eksperimental'nye issledovaniya stalezhelezobetonnykh konstrukcij* [Computational and experimental studies of steel-reinforced concrete structures]. F.S. Zamaliev, V.V. Filippov. *Industrial and civil construction*. 2015. No. 7. Pp.29-36.
14. Zamaliev F.S. *Eksperimental'nye issledovaniya nachal'nogo napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya stalezhelezobetonnykh balok i plit* [Experimental studies of the initial stress-strain state of steel-reinforced concrete beams and plates]. F.S. Zamaliev, E.G. Bikinin et al. *Izvestiya KGASU*. 2015. No. 2(32). Pp.149-153.
15. Veselov A.A. *Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie stalezhelezobetonnoj balki* [The stress-strain state of a steel-reinforced concrete beam]. A.A. Veselov, S.O. Chepilko. *Bulletin of Civil Engineers*. 2010. No. 2 (23). Pp. 31-37.
16. Salama T. *Effective Flange Width for Composite Steel Beams*. T. Salama, H.H. Nassif. *The Journal of Engineering Research*. 2011. Vol. 8. No. 1. Pp. 28-43.
17. Travush V. I. *Opredelenie nesushchej sposobnosti na sdvig kontaktnoj poverhnosti «stal'-beton» v stalezhelezobetonnykh konstrukciyakh dlya betonov razlichnoj prochnosti na szhatie i fibrobetona* [Determination of the bearing capacity for shear of the contact surface “steel-concrete” in steel-reinforced concrete structures for concrete of various compressive strength and fiber concrete]. V.I. Travush, S.S. Kaprielov, D.V. Konin, etc. *Construction and reconstruction*. 2016. No. 4 (66). Pp. 45-55. (In Russian).
18. Travush V.I. *Strength of composite steel and concrete beams of high-performance concrete*. V.I. Travush, D.V. Konin, A.S. Krylov. *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No. 3 (79). Pp. 36–44.
19. Arleninov P.D. *Sovremennoe sostoyanie nelinejnykh raschetov zhelezobetonnykh konstruktsij* [The current state of nonlinear calculations of reinforced concrete structures]. P.D. Arleninov, S.B. Krylov. *Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij*. 2017. No. 3. Pp. 50–53.
20. Shchetkova E.A. *Povyshenie prochnosti scepneniya pri sdvige v zone kontakta «stal'-beton»* [Increasing the shear adhesion strength in the “steel-concrete” contact zone]. E.A. Shchetkova, G.G. Kashevarova. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov. Sankt-Peterburgskij arhitekturno-stroitel'nyj universitet*. No. 6. 2015. Pp. 70-75.

Информация об авторах:

Конин Денис Владимирович

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе.
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 отдела металлических конструкций.
E-mail: kryl07@mail.ru

Каприелов Семен Суменович

НИИЖБ А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
Академик РААСН, доктор технических наук, заведующий лабораторией химических добавок и модифицированных бетонов.
E-mail: kaprielov@mail.ru

Чилин Игорь Анатольевич

НИИЖБ А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
научный сотрудник лаборатории химических добавок и модифицированных бетонов.
E-mail: chilin@masterbeton-mb.ru

Ртищева Ирина Владимировна

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
старший научный сотрудник лаборатории высотных зданий и сооружений отдела металлических конструкций.
E-mail: rtischevaiv@ya.ru

Рожкова Лидия Сергеевна

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия,
старший научный сотрудник лаборатории высотных зданий и сооружений отдела металлических конструкций
E-mail: soshnikova_lidia@mail.ru

Information about authors:

Konin Denis.V.

TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
candidate of technical science, deputy director for scientific work.
E-mail: konden@inbox.ru

Krylov Aleksey S.

TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
candidate of technical science, leading researcher of the Laboratory of high-rise buildings and structures of the
department of metal structures.
E-mail: kryl07@mail.ru

Kaprielov Semyon S.

NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
Academician of the RAASN, doctor of technical sciences, head of the laboratory of chemical additives and modified
concrete.
E-mail: kaprielov@mail.ru

Chilin Igor A.

NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
researcher of the laboratory of chemical additives and modified concrete.
E-mail: hilin@masterbeton-mb.ru

Rtischeva Irina V.

TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
senior researcher of the laboratory of high-rise buildings and structures of the department of metal structures.
E-mail: rtischevaiv@ya.ru

Rozhkova Lidia S.

TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow, Russia,
senior researcher of the laboratory of high-rise buildings and structures of the department of metal structures.
E-mail: soshnikova_lidia@mail.ru

В.П. КОРОЛЁВ¹, И.В. КУЩЕНКО¹, Е.А. БОЧАРОВА¹¹ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Россия

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ КОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Представлены основные положения научно-методического обоснования коррозионной защищенности стальных конструкций и сооружений. Проанализированы приоритеты совершенствования действующих норм, с учетом научных достижений и международных стандартов. Сформулированы задачи, призванные повысить конкурентоспособность и ресурсосбережение благодаря использованию эффективных мер защиты от коррозии.

Цель исследования – параметризация механизма технического регулирования качества, надежности и безопасности, согласование и применение материалов и технологий, процедур, услуг в сфере защиты от коррозии по требованиям цифрового потребителя. Предложена процессно-ориентированная методология, направленная на постоянное улучшение циклов развития и моделей рационального выбора систем противокоррозионной защиты конструкций. При этом коррозионная защищенность объектов стального строительства определена уровнем надежности и требуемыми параметрами технико-экономической защищенности. Структура управления определена положениями стандарта организации согласно нормам ISO 12944, СП 28.1330.2017 в части защиты стальных конструкций от коррозии.

Проанализированы уровни надежности конструкций и их защитных покрытий с учетом процедур оценки соответствия качества, мониторинга и риск-диагностики в интерпретации метода предельных состояний. Подтверждение соответствия параметров выполнено на основе пяти принципов DMAIC, связанных с определением, измерением, анализом, усовершенствованием и контролем технического состояния конструкций. Представлены примеры статистического оценивания репрезентативных выборок коррозионных воздействий, характеристических значений коррозионной стойкости и долговечности стальных конструкций и их защитных покрытий. Предложены методы функционального и временного резервирования коррозионной защищенности. Выполнены силовые испытания моделей стальных конструкций с коррозионными повреждениями.

Полученные результаты раскрывают неопределенность параметров коррозионного состояния и обеспечивают оценку живучести объектов стального строительства с учетом приемлемого риска. Предложения по параметрическому проектированию рекомендованы для цифровой трансформации системы технико-экономических регуляторов коррозионной защищенности.

Ключевые слова: стальные конструкции, надежность, предельные состояния, коррозионная защищенность, резервирование, живучесть, цифровая трансформация.

V.P. KOROLOV¹, I.V. KUSHCHENKO¹, E.A. BOCHAROVA¹¹Priazovsky State Technical University, Mariupol, Russia

PARAMETERIZATION OF REQUIREMENTS OF CORROSION PROTECTABILITY OF STRUCTURAL STEEL

Abstract. Basic provisions are presented of scientific and methodological substantiation of corrosion protectability of steel structures and installations. Priorities have been analyzed of improving existing codes, taking into account scientific achievements and international standards. Tasks have been formulated for increasing competitiveness and resource saving through the use of effective measures of corrosion protection.

The study is aimed at parameterization of a mechanism of technical regulation of quality, reliability and safety, approval and application of materials and technologies, procedures, services in the field of corrosion protection at the request of a digital consumer. A process-oriented methodology is proposed aimed at a continuous improvement of development cycles and models of the rational choice of systems of corrosion protection of structures. With that, corrosion protection of structural steel is defined by the level of reliability and required parameters of technical and economic protection. The management structure is defined by the provisions of organization standard in accordance with ISO 12944, SP 28.1330.2017 with regard to corrosion protection of structural steel.

The levels have been analyzed of reliability of structures and their protective coatings, with account for the procedures for assessing compliance of quality, monitoring and risk diagnostics based on the limit states method. Parameter compliance is affirmed based on five DMAIC principles related to determination, measurement, analysis, improvement and monitoring technical condition of structures. Examples are presented of statistical estimation of representative samples of corrosion impacts, characteristic values of corrosion resistance and durability of steel structures and their protective coatings. Proposed are methods for functional and time redundancy of corrosion protection assurance. Load tests were carried out of models of steel structures with corrosion damage.

The obtained results reveal uncertainty of parameters of corrosion state and allow assessing structural steel survivability with account for acceptable risk. Suggestions for parametric design are recommended for digital transformation of the system of technical and economic regulators of corrosion protectability.

Keywords: structural steel, reliability, limit state, corrosion protectability, redundancy, survivability, digital transformation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стрелецкий Н.С. Избранные труды. Москва: Стройиздат, 1975. 422 с.
2. Mrázik A. Teória sporahlivosti ocerových konštrukcií. Sloven. akad. vied. Úst. stavebníctva a architektúry SAV. Bratislava: VEDA, 1987. 360 p.
3. Meinen N.E., Steenbergen R.D.J.M. Reliability levels obtained by Eurocode partial factor design – A discussion on current and future reliability levels // HERON. 2018. Vol. 63. No. 3. Pp. 243-302. URL: <https://heronjournal.nl/63-3/63-3.ht>
4. Pichugin S.F. Reliability estimation of industrial building structures // Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 83(7). Pp. 24-37. doi:10.18720/MCE.83.3.
5. Solovyev S.A., Solovyeva A.A. Structural reliability analysis using evidence theory and fuzzy probability distributions // Magazine of Civil Engineering. 2021. No. 107(7). Article No. 10704. doi:10.34910/MCE.107.4.
6. Mammedov K.A., Hamidova N.S., Huseynova U.K. Diagnosis of the corrosion state of hydraulic structures in the Caspian Sea in order to prevent environmental damage // Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. 2020. Vol. 3. No. 385. Pp. 111-118. URL: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1467.76>
7. Zajec B. et al. Corrosion Monitoring of Steel Structure Coating Degradation // Materials Science. Tehnički Vjesnik [Technical Gazette]. 2018. No. 25(5). Pp. 1348-1355. doi:10.17559/TV-20170206004112.
8. Лапидус А.А., Топчий Д.В. Организация работ по обследованию зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 3. С. 12-15. doi:10.33622/0869-7019.2023.03.12-15.
9. Travush V.I., Fedorova N.V. Survivability of structural systems of buildings with special effects // Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 81(5). Pp. 73-80. doi:10.18720/MCE.81.8.
10. Андросова Н.Б., Колчунов В.И. Живучесть каркасно-стержневого железобетонного здания при аварийном воздействии // Строительство и реконструкция. 2021. № 5. С. 40-50. URL: <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-97-5-40-50>
11. David J. Smith. Reliability, Maintainability and Risk: Practical Methods for Engineers. Butterworth-Heinemann, 2021. 516 p. URL: https://www.amazon.com/Reliability-Maintainability-Risk-Practical-Engineers/dp/0323912613/ref=sr_1_8?crid=3I3X9NQDEGOAI&keywords=economic+risks+industrial+facilities&qid=1676202320&s=books&sprefix=economic+risks+industrial+facilities%2Cstripbooks-intl-sh
12. Alekseytsev A.V., Gaile L., Druks P. Optimization of steel beam structures for frame buildings subject to their safety requirements // Magazine of Civil Engineering. 2019. No. 91(7). Pp. 3-15. doi:10.18720/MCE.91.1.
13. Горохов Е.В. [и др.]. Долговечность стальных конструкций в условиях реконструкции. Москва: Стройиздат, 1994. 488 с.
14. Di Sarno L., Majidian A., Karagiannakis G. The Effect of Atmospheric Corrosion on Steel Structures: A State-of-the-Art and Case-Study // Buildings. 2021. No. 11(12):571. URL: doi.org/10.3390/buildings11120571.
15. Федотов С.Д., Улыбин А.В., Шабров Н.Н. О методике определения коррозионного износа стальных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 1. С. 12-20. doi:10.5862/MCE.36.2.

16. Королёв В.П. Методический подход к обеспечению работоспособности металлоконструкций в условиях коррозионной опасности // Строительство и реконструкция. 2019. № 4(84). С. 70-82. doi:10.33979/2073-7416-2019-84-4-70-82.
17. Mohan Dr.S. J., Chitra R., Thendral S. Limit State Method of Design for Steel Structures // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2018. Vol. 119. No. 12. Pp. 9169-9181.
18. Zolina T.V., Sadchikov P.N. Residual resource of a one-storey steel frame industrial building constructed with bridge cranes // Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 84 (8). Pp. 150-161. doi:10.18720/MCE.84.15.
19. Туснин А.Р., Бергер М.П. Зависимость коэффициента динамичности от жесткости ферм при разных видах локальных разрушений // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 2. С. 202–217. doi:10.22227/1997-0935.2023.2.202-217.
20. Топчий Д.В. Перспективы развития системы образования специалистов строительного контроля // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 3. С. 4-11. doi:10.33622/0869-7019.2023.03.04-11.
21. Королев В.П., Герман Г.А. Формирование проектных требований на основе управления коррозионной защищенностью стальных конструкций // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 4. С. 518–532. doi:10.22227/1997-0935.2020.4.518-532.
22. Королёв В.П., Рыженков А.А., Королёв П.В. Эволюция концептуальных подходов к управлению коррозионной защищенностью стальных конструкций и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 8. С. 32-40. doi:10.33622/0869-7019.2022.08.32-40.
23. Лихтарников Я.М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций. Москва: Стройиздат, 1979. 319 с.
24. Шимановский А.В. [и др.]. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений. Киев: Сталь, 2008. 463 с.
25. MacGinley T.J. Steel Structures. Practical design studies. London and New York: E&FN SPON, 1998. 184 p.
26. AISC 325-17: Steel Construction Manual // American Institute of Steel Construction. 15th Edition. 2017. 2324 p. URL:<https://www.casresource.com/product/aisc-325-17-steel-construction-manual-fifteenth-edition/>
27. Shopov A. Theoretical-Computation Conception for Forecasting on Corrosion Influence into Steel Elements at Sustainable Development // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). 2019. Vol. 8. Issue 8. June. Pp. 2253-2261. URL:<https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i8/H7152068819.pdf>

REFERENCES

1. Streleckij N.S. Izbrannye Trudy [Selected works]. Moscow: Strojizdat, 1975. 422 p.
2. Mrázik A. Teória sporahlivosti ocerových konštrukcií. Sloven. akad. vied. Úst. stavebníctva a architektúry SAV. Bratislava: VEDA, 1987. 360 p.
3. Meinen N.E., Steenbergen R.D.J.M. Reliability levels obtained by Eurocode partial factor design – A discussion on current and future reliability levels. *HERON*. 2018. Vol. 63. No 3. Pp. 243-302. URL:<https://heronjournal.nl/63-3/63-3.ht>
4. Pichugin S.F. Reliability estimation of industrial building structures. *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No 83(7). Pp. 24-37. doi:10.18720/MCE.83.3.
5. Solovyev S.A., Solovyeva A.A. Structural reliability analysis using evidence theory and fuzzy probability distributions. *Magazine of Civil Engineering*. 2021. No 107(7). Article No 10704. doi:10.34910/MCE.107.4.
6. Mammedov K.A., Hamidova N.S., Huseynova U.K. Diagnosis of the corrosion state of hydraulic structures in the Caspian Sea in order to prevent environmental damage. *Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2020. Vol. 3. No 385. Pp. 111-118. URL:<https://doi.org/10.32014/2020.2518-1467.76>
7. Zajec B. et al. Corrosion Monitoring of Steel Structure Coating Degradation. *Materials Science. Tehnički Vjesnik [Technical Gazette]*. 2018. No 25, 5. Pp. 1348-1355. doi:10.17559/TV-20170206004112.
8. Lapidus A. A., Topchiy D. V. Organizaciya rabot po obsledovaniyu zdaniy i sooruzhenij [Organization of Works on Inspection of Buildings and Structures]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*. 2023. No 3. Pp. 12-15. (In Russian). doi:10.33622/0869-7019.2023.03.12-15.
9. Travush V.I., Fedorova N.V. Survivability of structural systems of buildings with special effects. *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No 81(5). Pp. 73–80. doi:10.18720/MCE.81.8.
10. Androsova N.B., Kolchunov V.I. Zhivuchest' karkasno-sterzhnevogo zhelezobetonного zdaniya pri avarijnom vozdejstvii [Survivability of the frame-rod reinforced concrete building framework in accidental action]. *Stroitel'stvo rekonstrukciya [Building and Reconstruction]*. 2021. No 5. Pp. 40-50. URL:<https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-97-5-40-50>.
11. David J. Smith. Reliability, Maintainability and Risk: Practical Methods for Engineers. Butterworth-Heinemann, 2021. 516 p. URL:https://www.amazon.com/Reliability-Maintainability-Risk-Practical-Engineers/dp/0323912613/ref=sr_1_8?crid=3I3X9NQDEGOAI&keywords=economic+risks+industrial+facilities&qid=1676202320&s=books&prefix=economic+risks+industrial+facilities%2Cstripbooks-intl-sh

12. Alekseytsev A.V., Gaile L., Drukis P. Optimization of steel beam structures for frame buildings subject to their safety requirements. *Magazine of Civil Engineering*. 2019. No 91(7). Pp. 3-15. doi:10.18720/MCE.91.1.
13. Gorokhov E.V. [at al]. Dolgovechnost' stal'nykh konstruktsiy v usloviyakh rekonstruktsii. [Durability of steel structures under reconstruction conditions]. Moscow: Strojizdat, 1992. 488 p.
14. Di Sarno L., Majidian A., Karagiannakis G. The Effect of Atmospheric Corrosion on Steel Structures: A State-of-the-Art and Case-Study. *Buildings*. 2021. No 11(12). P. 571. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings11120571>
15. Fedotov S.D., Ulybin A.V., Shabrov N.N. O metodike opredeleniya korrozionnogo iznosa stal'nykh konstruktsiy [The methodology of determining the corrosion of steel structures]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal [Magazine of Civil Engineering]*. 2013. No 1. Pp. 12-20. doi:10.5862/MCE.36.2.
16. Korolov V.P. Metodicheskij podhod k obespecheniyu rabotosposobnosti metallokonstruktsiy v usloviyakh korrozionnoj opasnosti [Methodological approach to ensuring the serviceability of metal structures under corrosion hazard conditions]. *Stroitelstvo i Rekonstruktsiya [Building and Reconstruction]*. 2019. No 4 (84). Pp. 70-82. doi:10.33979 / 2073-7416-2019-84-4-70-82.
17. Mohan Dr. S. J., Chitra R., Thendral S. Limit State Method of Design for Steel Structures. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 2018. Vol. 119. No 12. Pp. 9169-9181.
18. Zolina T.V., Sadchikov P.N. Residual resource of a one-storey steel frame industrial building constructed with bridge cranes. *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No 84(8). Pp. 150-161. doi:10.18720/MCE.84.15.
19. Tusnin A.R., Berger M.P. Zavisimost' koeffitsienta dinamichnosti ot zhestkosti ferm pri raznykh vidakh lokal'nykh razrusheniy [Dependence of the dynamic coefficient on rigidity of trusses in case of versatile local failures]. *Vestnik MGSU [Vestnik MGSU]*. 2023. No 18(2):202-217. doi:10.22227/1997- 0935.2023.2.202-217.
20. Topchiy D. V. Perspektivy razvitiya sistemy obrazovaniya specialistov stroitel'nogo kontrolya [Prospects for the Development of the Education System for Construction Control Specialists]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*. 2023. No 3. Pp. 4-11. doi:10.33622/0869-7019.2023.03.04-11.
21. Korolov V.P., German G.A. Formirovaniye proektnykh trebovaniy na osnove upravleniya korrozionnoj zashchishchennost'yu stal'nykh konstruktsiy [Formation of design requirements based on the management of structural steel corrosion protectability]. *Vestnik MGSU [Vestnik MGSU]*. 2020. Vol. 15. No 4. Pp. 518-532. doi:10.22227/1997-0935.2020.4.518-532.
22. Korolov V.P., Ryzhenkov A.A., Korolov P.V. Evolyuciya konceptual'nykh podhodov k upravleniyu korrozionnoj zashchishchennost'yu stal'nykh konstruktsiy i sooruzheniy [Evolution of Conceptual Approaches of Management of Corrosion Protection of Steel Structures and Facilities]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*. 2022. No 8. Pp. 32 – 40. doi:10.33622/0869-7019.2022.08.32-40
23. Likhtarnikov Ya.M. Variantnoye proyektirovaniye i optimizatsiya stalnykh konstruktsiy [Trial design and optimization of structural steel]. Moscow: Stroyizdat, 1979. 319 p.
24. Shimanovsky A.V. [at al]. Tekhnicheskaya diagnostika i preduprezhdenie avariynykh situatsiy konstruktsiy zdaniy i sooruzheniy [Technical diagnostics and prevention of accident cases for buildings and installations]. Kiev: Stal' [Steel], 2008. 462 p.
25. MacGinley T.J. Steel Structures. Practical design studies. London and New York: E&FN SPON, 1998. 184 p.
26. AISC 325-17: Steel Construction Manual. *American Institute of Steel Construction*. 15th Edition. 2017. 2324 p. URL: <https://www.casresource.com/product/aisc-325-17-steel-construction-manual-fifteenth-edition/>
27. Shopov A. Theoretical-Computation Conception for Forecasting on Corrosion Influence into Steel Elements at Sustainable Development *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*. 2019. Vol. 8. Issue 8. June. Pp. 2253-2261. URL: <https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i8/H7152068819.pdf>

Информация об авторах:

Королёв Владимир Петрович

ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Россия,
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительство, архитектура и дизайн».
E-mail: korolyovskif@yandex.ru

Кущенко Игорь Владимирович

ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Россия,
кандидат технических наук, и.о. ректора Приазовского государственного технического университета.
E-mail: kigorvlad@yandex.ru

Бочарова Елена Анатольевна

ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Россия,
старший преподаватель кафедры «Строительство, архитектура и дизайн».
E-mail: elena270915v@yandex.ru

Information about authors:

Korolov Vladimir P.

Priazovsky State Technical University, Mariupol, Russia,
doctor in technical sciences, professor, professor of department of Civil Engineering, Architecture and Design.
E-mail: korolyovskif@yandex.ru

Kushchenko Igor V.

Priazovsky State Technical University, Mariupol, Russia,
candidate in technical sciences, acting rector of Priazovsky State Technical University.
E-mail: kigorvlad@yandex.ru

Bocharova Elena An.

Priazovsky State Technical University, Mariupol, Russia,
senior lecturer of department of Civil Engineering, Architecture and Design.
E-mail: elena270915v@yandex.ru

А.Л. КРИШАН¹, В.И. РИМШИН², М.А. АСТАФЬЕВА¹, А.А. СТУПАК¹, С.М. АНПИЛОВ³

¹Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (МГТУ им. Г.И. Носова),
г. Магнитогорск, Россия

²Московский государственный строительный университет (МГСУ), г. Москва, Россия

³Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (НГАСУ), г. Новосибирск, Россия

УЧЕТ ГИБКОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ПРОЧНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ

Аннотация. В данной работе рассмотрена методика расчета несущей способности центрально сжатых трубобетонных колонн квадратного сечения. Методика основана на использовании нелинейной деформационной модели железобетона. Принятые диаграммы деформирования бетонного ядра и стальной трубы учитывают их сложное напряженное состояние. Предложенная методика учитывает переменную жесткость разных сечений по высоте сжатого стержня при оценке влияния его гибкости. Предельная нагрузка, соответствующая потере прочности или устойчивости элемента, определяется по одной методике с использованием одних и тех же формул. В результате чего отпадает необходимость в отдельной формуле для расчета критической силы. Дальнейшее сопоставление теоретических и опытных данных свидетельствует о приемлемости предложенной методики расчета для проектной практики.

Ключевые слова: трубобетонная колонна квадратного сечения, сжатие, гибкость, деформационная модель, несущая способность.

A.L. KRISHAN¹, V.I. RIMSHIN², M.A. ASTAFYEVA¹, A.A. STUPAK¹, S.M. ANPILOV³

¹Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Magnitogorsk, Russia

²Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), Moscow, Russia

³Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russia

TAKING INTO ACCOUNT FLEXIBILITY WHEN CALCULATING THE STRENGTH OF CENTRALLY COMPRESSED SQUARE-SECTION TUBULAR CONCRETE COLUMNS

Abstract. The method of calculating the load-bearing capacity of centrally compressed tubular concrete columns of square section is considered. The technique is based on the use of a nonlinear deformation model of reinforced concrete. Accepted deformation diagrams of concrete core and steel pipe take into account their complex stress state. The proposed method takes into account the variable stiffness of different sections in height of the compressed rod when assessing the effect of its flexibility. The maximum load corresponding to the loss of strength or stability of the element is determined by the same method using the same formulas. As a result, there is no need for a separate formula for calculating the critical force. A comparison of theoretical and experimental data indicates the acceptability of the proposed calculation methodology for project practice.

Keywords: tubular concrete column of square section, compression, flexibility, deformation model, bearing capacity.

© Кришан А.Л., Римшин В.И., Астафьева М.А., Ступак А.А., Анпилов С.М., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gupta P., Singh, H. Numerical study of confinement in short concrete filled steel tube columns. Latin American Journal of Solids and Structures. 2014. Vol. 11. Pp. 1445-1462. doi:10.1590/S1679-78252014000800010.

2. Huang C.S., Yeh Y.-K., Liu G.-Y., Hu H.-T., Tsai K.C., Weng Y.T., Wang S.H., Wu M.-H. Axial Load Behavior of Stiffened Concrete-Filled Steel Columns. *Journal of Structural Engineering-asce*. 2002. Vol. 128. Pp. 1222–1230. doi:10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:9(1222).
3. Giakoumelis G., La, D. Axial capacity of circular concrete-filled tube columns. *Journal of Constructional Steel Research*. 2004. Vol. 60. Pp. 1049–1068.
4. Lv J., Zhou, T., Li, K. Investigation and Application of a New Low-Carbon Material (Preplaced Aggregate Concrete) in Concrete-Filled Steel Tube Stub Columns. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 1768.
5. Schneider S.P. Axially Loaded Concrete-Filled Steel Tubes. *Journal of Structural Engineering*. 1998. Vol. 124. Pp. 1125–1138.
6. Yu Z.-W., Ding F.-X., Cai C. Experimental behavior of circular concrete-filled steel tube stub columns. *Journal of Constructional Steel Research*. 2007. Vol. 63. Pp. 165–174.
7. Zhang Q., Kamiński P., Deifalla A.F., Sufian M., Dyczko A., Ben Kahla N., Atig M. Compressive Strength of Steel Fiber-Reinforced Concrete Employing Supervised Machine Learning Techniques. *Materials*. 2022. Vol. 15. P. 4209.
8. Ahmed M, Liang Q.Q, Patel V.I, Hadi M.N.S. Experimental and numerical studies of square concrete-filled double steel tubular short columns under eccentric loading. *Journal Engineering Structures*. 2019. Vol. 197. P. 109419.
9. Auogh P., Sulong N.H.R., Ibrahim Z., Hsiao P.-C. Nonlinear analysis of concrete-filled square double-skin steel tubular columns under axial compression. *Engineering Structures*. 2020. Vol. 216. doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110678.
10. Cao B., Zhu L., Jiang X., Wang C. An Investigation of Compression Bearing Capacity of Concrete-Filled Rectangular Stainless Steel Tubular Columns under Axial Load and Eccentric Axial Load. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. P. 8946. doi:10.3390/su14148946.
11. Du Y., Chen Z., Xiong M.-X. Experimental behavior and design method of rectangular concrete-filled tubular columns using Q460 high-strength steel. *Journal Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 125. Pp. 856–872.
12. Krishan A.L., Troshkina E.A., Astafeva M.A. Strength of compressed concrete filled steel tube elements of circular and square cross-section. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 451. No. 012053. doi:10.1088/1757-899X/451/1/012053.
13. Zhu J.-Y., Chan T.-M. Experimental investigation on steel-tube-confined-concrete stub column with different cross-section shapes under uniaxial-compression. *Journal of Constructional Steel Research*. 2019. Vol. 162. P. 105729.
14. Wei Y, Zhang Y., Chai J., Wu G., Dong Z. Experimental investigation of rectangular concrete-filled fiber reinforced polymer (FRP)-steel composite tube columns for various corner radii. *Composite Structures*. 2020. Vol. 244. P. 112311. doi:10.1016/j.compstruct.2020.112311
15. Goode C.D., Kuranovas A., Kvedaras A.K. Buckling of Slender Composite Concrete-Filled Steel Columns. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2010. Vol. 16. Pp. 230–236.
16. Huang Z., Li D., Uy B., Wang J. Behaviour and design of ultra-high-strength CFST members subjected to compression and bending. *Journal of Constructional Steel Research*. September 2020. doi:10.1016/j.jsr.2020.106351.
17. Le T.T, Asteris P.G and Lemonis M.E. Prediction of axial load capacity of rectangular concrete-filled steel tube columns using machine learning techniques. *Engineering with Computers*. 2021. doi:10.1007/s00366-021-01461-0
18. Shaker F.M.F., Ghanem G.M., Deifalla A.F., Hussei, I.S., Fawzy M.M. Influence of loading method and stiffening on the behavior of short and long CFST columns. *Steel and Composite Structures*. 2022. Vol. 44. Pp. 281–293.
19. Uy B., Tao Z., Han L.-H. Behaviour of short and slender concrete-filled stainless steel tubular columns. *Journal of Constructional Steel Research*. 2011. Vol. 67. Pp. 360–378.
20. Ding F., Ying X., Zhou L., Yu Z. Unified calculation method and its application in determining the uniaxial mechanical properties of concrete. *Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China*. 2011. Vol. 5. Pp. 381–393. doi:10.1007/s11709-011-0118-6.
21. Кришан А.Л., Рымшин В.И., Астафьева М.А. Сжатые трубобетонные элементы. Теория и практика. Москва: АСБ; 2020. 375 с.

REFERENCES

1. Gupta P., Singh, H. Numerical study of confinement in short concrete filled steel tube columns. *Latin American Journal of Solids and Structures*. 2014. Vol. 11. Pp. 1445–1462. doi:10.1590/S1679-78252014000800010.
2. Huang C.S., Yeh Y.-K., Liu G.-Y., Hu H.-T., Tsai K.C., Weng Y.T., Wang S.H., Wu M.-H. Axial Load Behavior of Stiffened Concrete-Filled Steel Columns. *Journal of Structural Engineering-asce*. 2002. Vol. 128. Pp. 1222–1230. doi:10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:9(1222).
3. Giakoumelis G., La, D. Axial capacity of circular concrete-filled tube columns. *Journal of Constructional Steel Research*. 2004. Vol. 60. Pp. 1049–1068.

4. Lv J., Zhou, T., Li, K. Investigation and Application of a New Low-Carbon Material (Preplaced Aggregate Concrete) in Concrete-Filled Steel Tube Stub Columns. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 1768.
5. Schneider S.P. Axially Loaded Concrete-Filled Steel Tubes. *Journal of Structural Engineering*. 1998. Vol. 124. Pp. 1125–1138.
6. Yu Z.-W., Ding F.-X., Cai C. Experimental behavior of circular concrete-filled steel tube stub columns. *Journal of Constructional Steel Research*. 2007. Vol. 63. Pp. 165–174.
7. Zhang Q., Kamiński P., Deifalla A.F., Sufian M., Dyczko A., Ben Kahla N., Atig M. Compressive Strength of Steel Fiber-Reinforced Concrete Employing Supervised Machine Learning Techniques. *Materials*. 2022. Vol. 15. P. 4209.
8. Ahmed M, Liang Q.Q, Patel V.I, Hadi M.N.S. Experimental and numerical studies of square concrete-filled double steel tubular short columns under eccentric loading. *Journal Engineering Structures*. 2019. Vol. 197. P. 109419.
9. Auogh P., Sulong N.H.R., Ibrahim Z., Hsiao P-C. Nonlinear analysis of concrete-filled square double-skin steel tubular columns under axial compression. *Engineering Structures*. 2020. Vol. 216. doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110678.
10. Cao B., Zhu L., Jiang X., Wang C. An Investigation of Compression Bearing Capacity of Concrete-Filled Rectangular Stainless Steel Tubular Columns under Axial Load and Eccentric Axial Load. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. P. 8946. doi:10.3390/su14148946.
11. Du Y., Chen Z., Xiong M.-X. Experimental behavior and design method of rectangular concrete-filled tubular columns using Q460 high-strength steel. *Journal Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 125. Pp. 856–872.
12. Krishan A.L., Troshkina E.A., Astafeva M.A. Strength of compressed concrete filled steel tube elements of circular and square cross-section. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 451. No. 012053. doi:10.1088/1757-899X/451/1/012053.
13. Zhu J-Y, Chan T-M. Experimental investigation on steel-tube-confined-concrete stub column with different cross-section shapes under uniaxial-compression. *Journal of Constructional Steel Research*. 2019. Vol. 162. P. 105729.
14. Wei Y, Zhang Y., Chai J., Wu G., Dong Z. Experimental investigation of rectangular concrete-filled fiber reinforced polymer (FRP)-steel composite tube columns for various corner radii. *Composite Structures*. 2020. Vol. 244. P. 112311. doi:10.1016/j.compstruct.2020.112311
15. Goode C.D., Kuranovas A., Kvedaras A.K. Buckling of Slender Composite Concrete-Filled Steel Columns. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2010. Vol. 16. Pp. 230–236.
16. Huang Z., Li D., Uy B., Wang J. Behaviour and design of ultra-high-strength CFST members subjected to compression and bending. *Journal of Constructional Steel Research*. September 2020. doi:10.1016/j.jsr.2020.106351.
17. Le T.T, Asteris P.G and Lemonis M.E. Prediction of axial load capacity of rectangular concrete-filled steel tube columns using machine learning techniques. *Engineering with Computers*. 2021. doi:10.1007/s00366-021-01461-0
18. Shaker F.M.F., Ghanem G.M., Deifalla A.F., Hussei, I.S., Fawzy M.M. Influence of loading method and stiffening on the behavior of short and long CFST columns. *Steel and Composite Structures*. 2022. Vol. 44. Pp. 281–293.
19. Uy B., Tao Z., Han L-H. Behaviour of short and slender concrete-filled stainless steel tubular columns. *Journal of Constructional Steel Research*. 2011. Vol. 67. Pp. 360–378.
20. Ding F., Ying X., Zhou L., Yu Z. Unified calculation method and its application in determining the uniaxial mechanical properties of concrete. *Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China*. 2011. Vol. 5. Pp. 381–393. doi:10.1007/s11709-011-0118-6.
21. Krishan A.L., Rimshin V.I., Astafyeva M.A. Compressed pipe concrete elements. Theory and practice. Moscow: DIA; 2020. 375 p.

Информация об авторах:

Кришан Анатолий Леонидович

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
г. Магнитогорск, Россия,
доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и строительства зданий.
E-mail: kris_al@mail.ru

Римшин Владимир Иванович

Московский государственный строительный университет (МГСУ), г. Москва, Россия,
Член-корр. РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры жилищно-коммунального комплекса.
E-mail: v.rimshin@niisf.ru

Астафьева Мария Анатольевна

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
г. Магнитогорск, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования и строительства зданий.
E-mail: skymanika@mail.ru

Ступак Александра Алексеевна

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
г. Магнитогорск, Россия,
аспирант кафедры проектирования и строительства зданий.
E-mail: aleksandra.stupak@mail.ru

Анпилов Сергей Михайлович

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (НГАСУ), г. Новосибирск, Россия,
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры железобетонных конструкций.
E-mail: anpilovsm@gmail.com

Information about authors:

Krishan Anatoly L.

Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Magnitogorsk, Russia,
doctor of technical sciences, professor of the department of design and construction of buildings.
E-mail: kris_al@mail.ru

Rimshin Vladimir Iv.

Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), Moscow, Russia,
Corresponding member of the RAASN, doctor of technical sciences, professor of the department of housing and communal complex.
E-mail: v.rimshin@niisf.ru

Astafieva Maria An.

Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Magnitogorsk, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor of the department of design and construction of buildings.
E-mail: skymanika@mail.ru

Stupak Alexandra Al.

Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Magnitogorsk, Russia,
postgraduate student of the department of design and construction of buildings.
E-mail: aleksandra.stupak@mail.ru

Anpilov Sergey M.

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (NGASU), Novosibirsk, Russia,
doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department of reinforced concrete structures.
E-mail: anpilovsm@gmail.com

О.Г. КУМПЯК¹, З.Р. ГАЛЯУТДИНОВ¹, Д.Р. ГАЛЯУТДИНОВ¹¹ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» (ТГАСУ), г. Томск, Россия

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ БАЛКИ С УЧЕТОМ РЕАКЦИИ РАСПОРА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Аннотация. В статье представлены результаты теоретических исследований железобетонных балок с учетом ограничения горизонтального смещения на опорах при кратковременном динамическом нагружении. В исследованиях деформирование конструкции рассмотрено в условно упругой и пластической стадиях. Установлено, что наличие распора приводит к значительному увеличению прочности и снижению деформативности конструкций, как условно упругой, так и пластической стадиях. В работе отражены результаты численного расчета железобетонных балочных конструкций с распором при кратковременном динамическом нагружении на основе полученных аналитических зависимостей. Рассмотрено влияние реакции распора, а именно жесткости опорного контура на коэффициент динамичности железобетонных конструкций по сравнению с конструкциями без распора. Результаты численных исследований свидетельствуют о положительном влиянии реакции распора в динамически нагруженных конструкциях на всех стадиях их динамического деформирования.

Ключевые слова: железобетонная балка, распор, кратковременная динамическая нагрузка, уравнение движения балки, функция динамичности, коэффициент динамичности.

O.G. KUMPYAK¹, Z.R. GALYAUTDINOV¹, D.R. GALYAUTDINOV¹¹Tomsk State University of Architecture and Building (TSUAB), Tomsk, Russia

REINFORCED CONCRETE BEAMS TAKING INTO ACCOUNT THE REACTION OF THE THRUST UNDER SHORT-TERM DYNAMIC LOADING

Abstract. The article presents the results of theoretical studies of reinforced concrete beams, taking into account the limitation of horizontal displacement on supports under short-term dynamic loading. In studies, the deformation of the structure is considered in the conditionally elastic and plastic stages. It has been established that the presence of thrust leads to a significant increase in strength and a decrease in the deformability of structures, both in the conditionally elastic and plastic stages. The paper reflects the results of a numerical calculation of reinforced concrete beam structures with thrust under short-term dynamic loading based on the obtained analytical dependencies. The effect of the thrust reaction, namely the rigidity of the support contour, on the dynamic coefficient of reinforced concrete structures is considered in comparison with structures without expansion. The results of numerical studies indicate a positive effect of the expansion reaction in dynamically loaded structures at all stages of their dynamic deformation.

Keywords: reinforced concrete beam, thrust, short-term dynamic load, beam motion equation, dynamic function, dynamic coefficient.

© Кумпяк О.Г., Галяутдинов З.Р., Галяутдинов Д.Р., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тонких Г.П., Кумпяк О.Г., Галяутдинов З.Р. Особенности проектирования убежищ гражданской обороны с податливыми опорами в виде сминаемых вставок кольцевого сечения // Технологии гражданской безопасности. 2022. № 19. С. 25-30.
2. Трекин Н.Н. Учет податливости узловых сопряжений в железобетонных конструктивных системах // Вестник. ВНИИЖТа. 2003. № 5. С. 27-29.

3. Краснощеков Ю.В., Комлев А.А. Распорность элементов конструктивных систем как случайное явление // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2014. № 1(35). С. 45-49.
4. Галяутдинов З.Р., Кумпяк О.Г., Галяутдинов Д.Р., Шпилова Е.В. Динамический расчет железобетонных балок на податливых опорах за пределами упругости // Строительная механика и расчет сооружений. 2022. № 5(304). С. 33-41.
5. Гвоздев А.А., Дмитриев С.А., Крылов С.М. Новое о прочности железобетона. Москва: Стройиздат, 1976. 272 с.
6. Дербенцев И.С., Карякин А.А. Метод определения усилия распора при сдвиге монолитных шпоночных межпанельных вертикальных стыков // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С. 257-257.
7. Зайцев Л.Н. Влияние распора на распределение усилий, несущую способность и деформативность статически неопределимых железобетонных балок // Трещиностойкость и деформативность обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций: сб. трудов НИИЖБ. Москва: Стройиздат, 1965. С. 137-168.
8. Корсун В.И., Недорезов А.В., Виноградова Т.Н. Влияние распора на несущую способность железобетонных балок // Лолейтовские чтения – 150 – Москва: Издательство МИСИ-МГСУ, 2018. С. 180-186.
9. Кузнецов В.С., Шапошникова Ю.А. Прочность преднапряженного монолитного безбалочного перекрытия в стадиях изготовления и разрушения // Системные технологии. 2016. № 1(18). С. 89-92.
10. Кумпяк О.Г., Галяутдинов З.Р. Экспериментальные исследования опертых по контуру железобетонных плит с распором // Вестник ТГАСУ. 2015. № 3. С. 113-120.
11. Кумпяк О.Г., Галяутдинов Д.Р. Экспериментальные исследования железобетонных балок с распором на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении. Вестник ТГАСУ. 2021. № 23(6). С. 143-156.
12. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Расчет железобетонных конструкций на действие кратковременных динамических нагрузок. Москва: Стройиздат, 1964. 151 с.
13. Тихонов И.Н. Принципы расчета прочности и конструирования армирования балок перекрытий зданий из монолитного железобетона для предотвращения прогрессирующего разрушения // Научно-технический и производственный журнал «Жилищное строительство». 2013. № 2. С. 40-45.
14. Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R., Galyautdinov D.R. Experimental study of beams on yielding supports with thrust // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 143. doi:10.1051/1.4973016.
15. Huynh L., Foster S., Valipour H., Rendall R. High strength and reactive powder concrete columns subjected to impact: Experimental investigation // Construction and Building Materials. 2015. Vol. 78. Pp. 153-171.
16. Christiansen, K. P. The effect of membrane stresses on the ultimate strength of the interior panel in a reinforced concrete slab // The Structural Engineer. 1963. Vol. 41. No. 8. Pp. 261–265.
17. Виноградова Т.Н. Влияние распора на работу железобетонных балочных конструкций при кратковременных динамических воздействиях: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1977. 155 с.

REFERENCES

1. Tonkikh G.P., Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R. Osobennosti proyektirovaniya ubezshishch grazhdanskoy oborony s podatlivymi oporami v vide sminayemykh vstavok kol'tseвого secheniya // Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti. 2022. No. 19. Pp. 25-30. (rus)
2. Trekin N.N. Uchet podatlivosti usloviykh sopryazheniy v zhelezobetonnykh konstruktivnykh sistemakh // Vestnik. VNIIZHTa. 2003. No. 5. Pp. 27-29. (rus)
3. Krasnoshchekov YU.V., Komlev A.A. Raspornost' elementov konstruktivnykh sistem kak slu-chaynoye yavleniye // Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii. 2014. No. 1(35). Pp. 45-49. (rus)
4. Galyautdinov Z.R., Kumpyak O.G., Galyautdinov D.R., Shipilova Ye.V. Dinamicheskiy raschet zhelezobetonnykh balok na podatlivykh oporakh za predelami uprugosti // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. 2022. No. 5(304). Pp. 33-41. (rus)
5. Gvozdev A.A., Dmitriyev S.A., Krylov S.M. Novoye o prochnosti zhelezobetona. Moskva: Stroyizdat, 1976. 272 p. (rus)
6. Derbentsev I.S., Karyakin A.A. Metod opredeleniya usiliya raspora pri sdvige monolitnykh shponochnykh mezhpanel'nykh vertikal'nykh stykov // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. No. 1. Pp. 257-257. (rus)
7. Zaytsev L.N. Vliyaniye raspora na raspredeleniye usiliy, nesushchuyu sposobnost' i deforma-tivnost' staticheski neopredelimykh zhelezobetonnykh balok // Treshchinostoykost' i deformativnost' obychnykh i predvaritel'no napryazhennykh zhelezobetonnykh konstruktсий: sb. trudov NIIZHB. Moskva: Stroyizdat, 1965. Pp. 137-168. (rus)
8. Korsun V.I., Nedorezov A.V., Vinogradova T.N. Vliyaniye raspora na nesushchuyu sposobnost' zhelezobetonnykh balok // Loleytovskie chteniya – 150 – Moskva: Izdatel'stvo MISI-MGSU, 2018. Pp 180-186. (rus)
9. Kuznetsov V.S., Shaposhnikova YU.A. Prochnost' prednapryazhennogo monolitnogo bezbaloch-nogo perekrytiya v stadiyakh izgotovleniya i razrusheniya // Sistemnyye tekhnologii. 2016. No. 1(18). Pp. 89-92. (rus)

10. Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R. Eksperimental'nyye issledovaniya opertykh po konturu zhelezobetonnykh plit s rasporom // Vestnik TGASU. 2015. No. 3. Pp. 113-120. (rus)
11. Kumpyak O.G., Galyautdinov D.R. Eksperimental'nyye issledovaniya zhelezobetonnykh balok s rasporom na podatlivykh oporakh pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzhenii. Vestnik TGASU. 2021. No. 23(6). Pp. 143-156. (rus)
12. Popov N.N., Rastorguyev B.S. Raschet zhelezobetonnykh konstruktsiy na deystviye kratkovre-mennykh dinamicheskikh nagruzok. Moskva: Stroyizdat, 1964. 151 p. (rus)
13. Tikhonov, I.N. Printsipy rascheta prochnosti i konstruirovaniya armirovaniya balok pere-krytiy zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona dlya predotvrashcheniya progressiruyushchego razrusheniya // Nauchno-tekhnichestkiy i proizvodstvennyy zhurnal «Zhilishchnoye stroitel'stvo». 2013. No. 2. Pp. 40-45. (rus)
14. Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R., Galyautdinov D.R. Experimental study of beams on yielding supports with thrust // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 143. doi:10.1051/1.4973016.
15. Huynh L., Foster S., Valipour H., Rendall R. High strength and reactive powder concrete columns subjected to impact: Experimental investigation // Construction and Building Materials. 2015. Vol. 78. Pp. 153-171.
16. Christiansen K.P. The effect of membrane stresses on the ultimate strength of the interior panel in a reinforced concrete slab // The Structural Engineer. 1963. Vol. 41. No. 8. Pp. 261–265.
17. Vinogradova T.N. Vliyaniye raspora na rabotu zhelezobetonnykh balochnykh konstruktsiy pri kratkovremennykh dinamicheskikh vozdeystviyakh: Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Moskva, 1977. 155 p. (rus)

Информация об авторах:

Кумпяк Олег Григорьевич

ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск, Россия, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры железобетонные и каменные конструкции. E-mail: OGKumpyak@yandex.ru

Галаяутдинов Заур Рашидович

ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск, Россия, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой железобетонные и каменные конструкции. E-mail: GazR@yandex.ru

Галаяутдинов Дауд Рашидович

ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск, Россия, ассистент кафедры железобетонные и каменные конструкции. E-mail: DaudG@yandex.ru

Information about authors:

Kumpyak Oleg G.

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, doctor in technical sciences, professor, professor of the department of reinforced concrete and stone structures. E-mail: OGKumpyak@yandex.ru

Galyautdinov Zaur R.

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, doctor in technical sciences, docent, head of the department of reinforced concrete and stone structures. E-mail: GazR@yandex.ru

Galyautdinov Daud R.

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, assistant of the department of reinforced concrete and stone structures. E-mail: DaudG@yandex.ru

Н.В. МАТВЕЕНКО¹, В.Н. МАЛИНОВСКИЙ¹, Е.С. МАТВЕЕНКО¹

¹УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛОМАНОВОГО ОЧЕРТАНИЯ

Аннотация. Несмотря на широкое применение балок ломаного очертания остаются малоизученными особенности их напряженно-деформированного состояния, в том числе в местахблизи переломов граней. Многочисленные экспериментальные исследования показали, что в двускатных балках наклонные трещины образуются не только в приопорной зоне, но и в середине пролета непосредственно у конька даже при отсутствии поперечной силы.

На основании выполненных натурных испытаний двускатных балок и численного моделирования построены эпюры касательных и поперечных напряжений. Полученные данные выявили различия в распределении напряжений в двускатных балках и балках с параллельными гранями. Особенности напряженно-деформированного состояния балок ломаного очертания связаны с возникновением касательных напряжений от действия изгибающего момента и продольной силы из-за переменной высоты сечения элемента, а также с формированием локальных полей напряжений в зонах близости переломов граней.

Предложенные аналитические зависимости позволяют вычислить касательные и поперечные напряжения в коньковой зоне двускатных балок и определить момент возникновения наклонных трещин в указанной зоне.

Ключевые слова: двускатная балка, касательные напряжения, трещиностойкость наклонных сечений, эпюра.

N.V. MATWEENKO¹, V.N. MALINOVSKIY¹, E.S. MATWEENKO¹

¹Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus

SHEAR CRACK RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE TAPERED BEAMS

Abstract. Despite the widespread use of tapered beams, the features of their stress-strain state remain poorly understood, including in regions near curvatures of the faces. A lot of experimental studies have shown that in tapered beams, shear cracks occur not only in the support zone, but also in the middle of the span directly at the apex, even without shear force.

Based on the full-scale tests of tapered beams and finite element analyses, diagrams of shear and transverse stresses are constructed. The data obtained revealed differences in the stress distribution in tapered and linear beams. The features of the stress-strain state of the tapered beams are associated with the occurrence of shear stresses from the action of the bending moment and longitudinal force due to the variable depth of the section of the element, as well as with the formation of local stress fields in areas near the curvatures of the faces.

The proposed analytical dependences allow us to calculate shear and transverse stresses in the apex zone of tapered beams and determine the moment of occurrence of shear cracks in the specified zone.

Keywords: tapered beam, shear crack, reinforced concrete, variable depth.

© Матвеенко Н.В., Малиновский В.Н., Матвеенко Е.С., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малиновский В.Н., Кривицкий П.В., Матвеенко Н.В. Усовершенствованный вариант конструктивного решения железобетонных стропильных балок // Вестник Брестского государственного технического университета. 2013. № 1 (79) : Строительство и архитектура. С. 128–131.

2. Magnel G. Les applications du béton précontraint en Belgique // *Bulletin technique de la Suisse romande*. Mars., 1949. année 75 (No. 7). Pp. 77–82.
3. Leonhardt F Continuous Prestressed Concrete Beams // *Journ. of ACI*. Mar., 1953. Vol. 22. No. 7. Pp. 617–634.
4. Горожанский Ю.Ф. Преимущества замены статической схемы сборных железобетонных рам для одноэтажного промышленного строительства // Республиканской научно-технической конференции: тезисы докладов. Брест: БИСИ, 1968. С. 42–47.
5. Debaiky S.Y., Elniema E.I. Behavior and Strength of Reinforced Concrete Haunched Beams in Shear // *Journ. of ACI*. May-June, 1982. Vol. 79. No. 3. Pp. 184–194.
6. Mseer F., Alwash N. The behavior of tapered one-way continuous two-span reinforced concrete slabs under repeated load // *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. June 2022. Vol. 10. No. 3. Pp. 387–396.
7. Tena-Colunga A. Archundia-Aranda H.I., Grande-Vega A., González-Cuevas O.M. Cyclic shear behavior of reinforced concrete haunched beams // *Proceedings of Ninth Canadian Conference on Earthquake Engineering*. Ottawa, Ontario, Canada, 2007. Pp. 184–194.
8. 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.
9. Shuo T., Okubo K., Niwa J. The Shear Behavior of RC Tapered Short Beams with Stirrups // *Journal of Advanced Concrete Technology*. September 2019. Vol. 17. Pp. 506–517. <http://doi.org/10.3151/jact.17.9.506>.
10. Hou Ch., Nakamura T., Iwanaga T., Niwa J. Shear behavior of reinforced concrete and prestressed concrete tapered beams without stirrups // *Journal of JSCE*. 2017. Vol. 5. Pp. 170–189.
11. Saba S.H.A., Mazin B. A., Bassam A. T. Response of Reinforced Concrete Tapered Beams Strengthened Using NSM-CFRP Laminates // *Tikrit Journal of Engineering Sciences*. 2022. No. 29 (1). Pp. 99–110. <http://doi.org/10.25130/tjes.29.1.8>.
12. Jasim M. Dh., Nimmim H. T. Structural behavior of reinforced concrete pre-stressed tapered beams // *Periodicals of Engineering and Natural Sciences* February. 2023. Vol. 11. No. 1. Pp. 223–238.
13. Матвеев Н.В., Малиновский В.Н. К исследованию напряженно-деформированного состояния коньковой зоны балок криволинейного очертания // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2018. Т. 4. № 5. С. 9–17.
14. Кривицкий П.В., Матвеев Н.В. Экспериментальные исследования сопротивления изгибу с поперечной силой преднапряженных железобетонных балок прямолинейного и ломаного очертания // *Вестник Полоцкого государственного университета*. 2021. № 8 : Серия F. Строительство. Прикладные науки. С. 87–93.
15. Jolly A. Vijayan V. Structural behaviour of reinforced concrete haunched beam a study on ANSYS and ETABS // *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. August 2016. Vol. 3 Issue 8. Pp. 495–500.
16. Pham T. D., Hong W. K. Investigation of strain evolutions in prestressed reinforced concrete beams based on nonlinear finite element analyses considering concrete plasticity and concrete damaged plasticity // *Journal Of Asian Architecture And Building Engineering*. 2022. Vol. 21. No. 2. Pp. 448–468. <https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1869014>.
17. Khaleel I.S., Movahedi R.M. Reliability-based probabilistic numerical plastically limited analysis of reinforced concrete haunched beams // *Sci Rep* 13, 2670 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29930-0>.
18. Никулина Ю.А. Определение трещиностойкости предварительно напряженных железобетонных балок трапециевидного поперечного сечения // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2021. № 11. С. 41–48. [doi:10.34031/2071-7318-2021-6-11-41-48](https://doi.org/10.34031/2071-7318-2021-6-11-41-48).
19. Снежкина О.В. Трещиностойкость железобетонных балок с малым и средним пролетом среза // *Regional architecture and engineering*. 2021. № 3. С. 123–128.
20. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. М. : Высшая школа, 2003. 560 с.
21. Залесов А.С., Ильин О.Ф. Трещиностойкость наклонных сечений железобетонных элементов // *Предельные состояния элементов железобетонных конструкций : сб. науч. тр. / НИИЖБ ; под ред. С. А. Дмитриева*. М. : Стройиздат, 1976. С. 56–68.

REFERENCES

1. Malinovsky V.N., Krivitsky P.V., Matveenko N.V. Usovershenstvovannyi variant konstruktivnogo resheniia zhelezobetonnykh stropil'nykh balok [Improved version of the constructive decision reinforced concrete beams]. *Vestnik of Brest State Technical University*. 2013. No. 1 (79) : Building and Architecture. Pp. 128–131. (rus).
2. Magnel G. Les applications du béton précontraint en Belgique. *Bulletin technique de la Suisse romande*. Mars., 1949. année 75 (No. 7). P. 77–82.
3. Leonhardt F Continuous Prestressed Concrete Beams. *Journ. of ACI*. Mar., 1953. Vol. 22.No. 7. Pp. 617–634.

4. Gorozhanskiĭ I.U. F. Preimushchestva zameny staticheskoi skhemy sbornyykh zhelezobetonnykh ram dlia odnoetazhnogo promyshlennogo stroitel'stva [Benefits of replacing the static scheme of precast concrete frames for single-story industrial construction] // Respublikanskoĭ nauchno-tekhnicheskoi konferentsii: tezisy dokladov [Republican scientific and technical conference: abstracts]. Brest: BISI, 1968. Pp. 42–47. (rus).
5. Debaiky S.Y., Elniema E.I. Behavior and Strength of Reinforced Concrete Haunched Beams in Shear. *Journ. of ACI*. May-June, 1982. Vol. 79. No. 3. Pp. 184–194.
6. Mseer F., Alwash N. The behavior of tapered one-way continuous two-span reinforced concrete slabs under repeated load. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. June 2022. Vol. 10. No. 3. Pp. 387–396.
7. Tena-Colunga A. Archundia-Aranda H. I., Grande-Vega A., González-Cuevas O. M. Cyclic shear behavior of reinforced concrete haunched beams. *Proceedings of Ninth Canadian Conference on Earthquake Engineering*. Ottawa, Ontario, Canada, 2007. Pp. 184–194.
8. 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.
9. Shuo T., Okubo K., Niwa J. The Shear Behavior of RC Tapered Short Beams with Stirrups. *Journal of Advanced Concrete Technology*. September 2019. Vol. 17. Pp. 506–517. <http://doi.org/10.3151/jact.17.9.506>.
10. Hou Ch., Nakamura T., Iwanaga T., Niwa J. Shear behavior of reinforced concrete and prestressed concrete tapered beams without stirrups. *Journal of JSCE*. 2017. Vol. 5. Pp. 170–189.
11. Saba S.H.A., Mazin B. A., Bassam A. T. Response of Reinforced Concrete Tapered Beams Strengthened Using NSM-CFRP Laminates. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*. 2022. No. 29 (1). Pp. 99–110. <http://doi.org/10.25130/tjes.29.1.8>.
12. Jasim M. Dh., Nimnim H. T. Structural behavior of reinforced concrete pre-stressed tapered beams. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences February*. 2023. Vol. 11. No. 1. Pp. 223–238.
13. Matveenko N.V., Malinovsky V.N. K issledovaniyu napriazhenno-deformirovannogo sostoianiia kon'kovoĭ zony balok krivolinei'nogo ochertaniia [To research of the stress-strain state of ridge area of the curved beam]. *Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2018. Vol. 4. No. 5. Pp. 9–17. (rus).
14. Krivitsky P.V., Matveenko N.V. Ėksperimental'nye issledovaniia soprotivleniia izgibu s poperechnoi siloi prednapriazhennykh zhelezobetonnykh balok priamolineinogo i lomanogo ochertaniia [Experimental studies of the flexure with shear force resistance of straight and broken configuration prestressed concrete beams]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2021. № 8 : Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. Pp. 87–93. (rus).
15. Jolly A. Vijayan V. Structural behaviour of reinforced concrete haunched beam a study on ANSYS and ETABS. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. August 2016. Vol. 3 Issue 8. Pp. 495–500.
16. Pham T. D., Hong W. K. Investigation of strain evolutions in prestressed reinforced concrete beams based on nonlinear finite element analyses considering concrete plasticity and concrete damaged plasticity. *Journal Of Asian Architecture And Building Engineering*. 2022. Vol. 21. No. 2. Pp. 448–468. <https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1869014>.
17. Khaleel I.S., Movahedi R.M. Reliability-based probabilistic numerical plastically limited analysis of reinforced concrete haunched beams. *Sci Rep* 13, 2670 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29930-0>.
18. Nikulina Yu.A. Opredelenie treshchinostoĭkosti predvaritel'no napriazhennykh zhelezobetonnykh balok trapetsi-evidnogo poperechnogo secheniia [Determination of crack resistance of prestressed reinforced concrete beams of trapezoidal cross-section]. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2021. No. 11. Pp. 41–48. doi:10.34031/2071-7318-2021-6-11-41-48.
19. Snezhkina O.V. Treshchinostoĭkost' zhelezobetonnykh balok s malym i srednim proletom sreza [Cracking resistance of reinforced concrete beams with small and medium span]. *Regional architecture and engineering*. 2021. No. 3. Pp. 123–128.
20. Aleksandrov A.V., Potapov V.D., Derzhavin B.P. Soprotivlenie materialov [Material resistance]. M. : Vysshiaia shkola, 2003. 560 p.
21. Zalesov A.S., Il'in O.F. Treshchinostoĭkost' naklonnykh sechenii zhelezobetonnykh elementov [Crack resistance of inclined sections of reinforced concrete elements]. *Predel'nye sostoianiia elementov zhelezobetonnykh konstruktsii : sb. nauch. tr. [Limit states of elements of reinforced concrete structures: collection of scientific papers]*. Moscow. 1976. Pp. 56–68.

Информация об авторах:

Матвеенко Никифор Викторович

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, старший научный сотрудник отраслевой лаборатории «Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве».

E-mail: nikifarych@yandex.ru

Малиновский Василий Николаевич

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь,
кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры строительных конструкций.

E-mail: 1@mail.ru

Матвеевко Елизавета Сергеевна

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь,
преподаватель-стажер кафедры строительных конструкций.

E-mail: elizabeth.brenkoich@yandex.ru

Information about authors:

MatweenkoNikifor V.

Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus,
senior researcher of industry laboratory «Research Center for Innovations in Building».

E-mail: nikifarych@yandex.ru

Malinovsky Vasilij N.

Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus,
candidate in technical sciences, docent, professor of the department of building constructions.

E-mail: 1@mail.ru

Matweenko Elizaveta S.

Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus,
trainee teacher of the department of building constructions.

E-mail: elizabeth.brenkoich@yandex.ru

И.П. ПАВЛОВА¹, И.В. БЕЛКИНА²¹УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь²УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ НАПРЯГАЮЩЕГО ФИБРОБЕТОНА НА СТАДИИ РАСШИРЕНИЯ

Аннотация. Одним из главных преимуществ напрягающего бетона является его способность компенсировать один из основных недостатков, присущий минеральным вяжущим, – усадочные деформации. При этом подходы к прогнозированию свойств напрягающего бетона не являются универсальными, поскольку базируются в основном на феноменологических подходах и эмпирических зависимостях. Основными подходами к прогнозированию деформаций и напряжений, возникающих в расширяющемся бетоне, являются энергетический и деформационный. Ряд исследователей подтверждает эффективность применения деформационного подхода для определения собственных деформаций и напряжений. Модифицирование модели для определения собственных напряжений и деформаций позволило перейти от случая одноосного стержневого армирования к двух- и трёхосно-ограниченным элементам. На основании положений деформационного подхода была предложена деформационная модель для определения собственных деформаций и напряжений напрягающего фибробетона. Сформулированы основные предпосылки и допущения предлагаемой модели. Приведена блок-схема алгоритма итерационной процедуры, позволяющая выполнить расчет собственных деформаций и напряжений напрягающего фибробетона. Проведены параметрические исследования собственных деформаций и напряжений напрягающего фибробетона на стадии расширения. Представлены нормализованные зависимости связанных деформаций от варьируемых параметров. Установлена область эффективного использования стальной фибры с целью достижения эффекта «связывания» свободного расширения в напрягающем бетоне разной энергоактивности. Определено влияние изменения количества вводимой фибры на развитие связанных деформаций напрягающего бетона в разные временные интервалы. Полученные результаты могут быть использованы в проектных, учебных и научно-исследовательских учреждениях.

Ключевые слова: напрягающий фибробетон, собственные деформации, самонапряжение, объемное ограничение, модифицированная деформационная модель.

I.P. PAVLOVA¹, I.V. BELKINA²¹Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus²Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Republic of Belarus

PARAMETRIC RESEARCH OF RESTRAINED STRAINS AND STRESSES OF SELF-STRESSED FIBER-REINFORCED CONCRETE AT THE STAGE OF EXPANSION

Abstract. One of the main advantages of self-stressed concrete is its ability to compensate for one of the main disadvantages inherent in mineral binders – shrinkage strains. However, approaches to predicting the properties of self-stressed concrete are not universal, since they are based mainly on phenomenological approaches and empirical dependencies. The main approaches to predicting strains and stresses arising in expansive concrete are energy- and deformation approaches. A number of researchers confirm the effectiveness of applying the deformation approach to determine intrinsic strains and stresses. Modification of the model for determining its own stresses and strains made it possible to move from the case of uniaxial bar reinforcement to two- and three-axis-limited elements.

Based on the provisions of the deformation approach, a deformation model was proposed to determine the intrinsic strains and stresses of self-stressed fiber-reinforced concrete. The main prerequisites and assumptions of the proposed model are formulated. A block diagram of the algorithm of the iterative procedure is given, which makes it possible to calculate the intrinsic strains and stresses of self-stressed fiber-reinforced concrete. Parametric studies of self-strains and stresses of self-stressed fiber-reinforced concrete at the stage of expansion were carried out. The normalized dependences of the bounded strains on the varied parameters are presented. The area of effective use of steel fibers to achieve "binding" effect of free expansion in self-stressed concrete of different energy-activity has been determined. Influence of change of introduced fiber amount on development of bound strains of self-stressed concrete at different time intervals has been determined. The obtained results can be used in design, educational and research institutions.

Keywords: fiber reinforced self-stressed concrete, restrained expansion strains, self-stressing, volumetric restraint, modified strains development model.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов В.В., Литвер С.Л. Расширяющиеся и напрягающиеся цементы и самонапряжённые конструкции. М.: Стройиздат, 1974. 389 с.
2. Tsuji Y. Methods of estimating chemical prestress and expansion distribution in expansive concrete subjected to uniaxial restraint *Concrete Library of JSCE*, 1984. № 3. Pp. 131-143.
3. Тур В.В., Семенюк О.С. Модели, применяемые для расчета связанных деформаций и самонапряжений в элементах из напрягающего бетона // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. № 1. С. 53–69.
4. Ito H., Maruyama I., Tanimura M., Sato R. Early age deformation and resultant induced stress in expansive high strength concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*. 2004; (2). Pp. 155–174.
5. Semianiuk V., Tur V., Herrador M. F. Early age strains and self-stresses of Expansive concrete members under uniaxial restraint conditions. *Construction and Building Materials*. 2017;(131). Pp. 39–49.
6. Sannikava V. Tur V. The modified early age strains development model for the case of two-way restraint conditions // *MATEC Web of Conferences*. 2021. Vol. 350. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202135000010>
7. Chang X., Huang C., Zhang P. Expansive behaviors of self-stressing concrete under different restraining conditions. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 26(4). 2011. Pp. 780–785.
8. Бондаренко В. М. Проектирование самонапряжённых сталетрубобетонных элементов // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. № 1. С. 85–89.
9. Алексеев В.А., Баженов Ю.М., Баженова С.И., Баженова О.Ю., Бисембаев Р.С., Мирончук Н.С. Добавки с самостоятельной гидравлической активностью для набрызгбетона // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 8 (1008). С. 61–63.
10. Елсуфьева М.С., Соловьев В.Г., Бурьянов А.Ф. Оценка долгосрочного изменения свойств сталефибробетонов с расширяющими добавками // *Строительные материалы*. 2015. № 7. С. 21-23.
11. He H.A., Wang B.X., Lin J.T. Performance on steel fiber reinforced self-stressing concrete. *Key Engineering Materials. Trans Tech Publications Ltd*. 2009. Vol. 400. Pp. 427-432. doi:10.4028/www.scientific.net/kem.400-402.427.
12. Харченко А.И. [и др.]. Применение расширяющихся цементов для набрызгбетона в тоннельном строительстве // Вестник МГСУ. 2019. № 11. С. 1438-1448.
13. Sengul O. Mechanical properties of slurry infiltrated fiber concrete produced with waste steel fibers // *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 186. Pp. 1082–1091. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.08.042
14. Елсуфьева М.С. Применение расширяющихся добавок в сталефибробетоне / М.С. Елсуфьева, В.Г. Соловьев, А.Ф. Бурьянов // *Строительные материалы*. 2014. № 8. С. 60-63.
15. Павлова И.П., Белкина И.В. Собственные деформации напрягающего бетона с дисперсным армированием: часть 1. Моделирование // *Известия вузов. Строительство*. 2022. № 9. С. 5–17.

REFERENCES

1. Mikhailov V., Litver S. *Rasshiryayushchiesya i naprygayushchiesya cementy i samonapryazhyonnye konstrukcii* [Expansive and self-stressing cements and self-stressed reinforced structures]. Moscow: Stroyizdat, 1974. 389 p. (rus)
2. Tsuji Y. Methods of estimating chemical prestress and expansion distribution in expansive concrete subjected to uniaxial restraint. *Concrete Library of JSCE*, 1984. No. 3. Pp. 131-143.
3. Tur V., Semianiuk V. Modeli, primenyaemye dlya rascheta svyazannyh deformacij i samonapryazhenij v elementah iz naprygayushchego betona [Models for restrained strains and self-stressing stresses in the members made of expansive concrete calculation]. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2016. No. 1. Pp. 53–69. (rus)

4. Ito H., Maruyama I., Tanimura M., Sato R. Early age deformation and resultant induced stress in expansive high strength concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*. 2004;(2). Pp. 155–174.
5. Semianiuk V., Tur V., Herrador M. F. Early age strains and self-stresses of Expansive concrete members under uniaxial restraint conditions. *Construction and Building Materials*. 2017;(131). Pp. 39–49.
6. Sannikava V., Tur V. The modified early age strains development model for the case of two-way restraint conditions. *MATEC Web of Conferences*. 2021. Pp. 350.
7. Chang X., Huang C., Zhang P. Expansive behaviors of self-stressing concrete under different restraining conditions. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 26(4). 2011. Pp. 780–785.
8. Bondarenko V. M. Proektirovanie samonapryazhyonnyh staletrubobetonnyh elementov [Design of self-stressing CFST elements]. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2012. No. 1. Pp. 85–89. (rus)
9. Alekseev V.A., Bazhenov Yu.M., Bazhenova S.I., Bazhenova O.Yu., Bisembaev R.S., Mironchuk N.S. Additive having hydraulic activity forshotcrete. [Additives with independent hydraulic activity for sprinkling]. *BST: Bulletin of Construction Equipment*. 2018; 8(1008):61-63. (rus)
10. Elsufieva M. S., Soloviev V. G., Buryanov A. F. Evaluation of the long-term change in the properties of steel fiber concrete with expanding additives [Ocenka dolgosrochnogo izmeneniya svoystv stalefibrobetonov s rasshiryayushchimi dobavkami]. *Construction Materials*. 2015. No. 7. Pp. 21-23. (rus)
11. He H. A., Wang B. X., Lin J. T. Performance on steel fiber reinforced self-stressing concrete. *Key Engineering Materials. Trans Tech Publications Ltd*. 2009. Vol. 400. Pp. 427-432. doi:10.4028/www.scientific.net/kem.400-402.427.
12. Harchenko A.I. [et al.]. The use of expanding cements for concrete spraying in tunnel construction. [Primenenie rasshiryayushchihsya cementov dlya nabryzgbetona v tonnel'nom stroitel'stve]. *Vestnik MGSU*. 2019. Vol. 14. No. 11 (134). Pp. 1438-1448. (rus)
13. Sengul O. Mechanical properties of slurry infiltrated fiber concrete produced with waste steel fibers. *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 186. Pp. 1082–1091. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.08.042
14. Elsufieva M.S., Soloviev V.G., Buryanov A.F. Primenenie rasshiryayushchihsya dobavok v stalefibrobetone [The use of expanding additives in steel fiber concrete]. *Construction Materials*. 2014. No. 8. Pp. 60-63. (rus)
15. Pavlova I.P., Belkina I.V. Sobstvennye deformacii napryagayushchego betona s dispersnym armirovaniem: chast' 1. Modelirovanie [The restrained expansion strains of self-stressed concrete with disperse reinforcement: part 1. Modeling]. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2022. No. 9. Pp. 5–17. (rus) doi:10.32683/0536-1052-2022-765-9-5-17

Информация об авторах:

Павлова Инесса Павловна

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов.
E-mail: pavlinna@tut.by

Белкина Ирина Владимировна

УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь,
магистр технических наук, старший преподаватель кафедры строительного производства.
E-mail: lutaja-95@mail.ru

Information about authors:

Pavlova Inessa P.

Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus,
PhD in technical sciences, associated professor, associated professor of the department of concrete technology and building materials.
E-mail: pavlinna@tut.by

Belkina Irina V.

Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Republic of Belarus,
master in technical sciences, senior lecturer of the department of construction production.
E-mail: lutaja-95@mail.ru

А.А. ЛИЗОГУБ¹, А.В. ТУР¹, В.В. ТУР¹

¹УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЖИВУЧЕСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ИЗ СБОРНОГО И МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Аннотация. В рамках вероятностного моделирования рассмотрены вопросы связанные с оценкой живучести конструктивных систем из сборного и монолитного железобетона в особой расчетной ситуации.

В работе рассмотрена концепция анализа надежности конструктивных систем и дифференциации рисков в особых расчетных ситуациях. Проанализированы существующие вероятностные модели базисных (основных) переменных, входящих в функции нагрузок и сопротивлений. Получены и интегрированы в виде базисной переменной при вероятностном моделировании статистические параметры неопределенности модели сопротивления.

Выполнено вероятностное моделирование по методу Монте-Карло конструктивных систем из сборного и монолитного железобетона, запроектированных по действующим нормам Республики Беларусь. Определены функции предельного состояния конструктивной системы в особой расчетной ситуации при внезапном удалении центральной колонны первого этажа. В результате для рассматриваемых конструктивных систем получены значения вероятностей отказа и соответствующих индексов надежности.

Ключевые слова: живучесть, вероятностный подход, вероятность отказа, индекс надежности.

A.A. LIZAHUB¹, A.V. TUR¹, V.V. TUR¹

¹Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus

PROBABILISTIC APPROACH FOR ASSESSING THE ROBUSTNESS OF STRUCTURAL SYSTEMS MADE OF PRECAST AND MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE

Abstract. With the help of probabilistic modeling, the issues related to the assessment of the robustness of structural systems made of prefabricated and monolithic reinforced concrete in an accidental design situation are considered.

The paper considers the concept of analyzing the reliability of structural systems and differentiating risks in accidental design situations. The existing probabilistic models of the basic variables included in the functions of loads and resistances are analyzed. Statistical parameters of the uncertainty of the resistance model are obtained and integrated in the form of a basic variable with probability modeling.

Probabilistic modeling of structural systems made of precast and monolithic reinforced concrete, designed according to the current standards of the Republic of Belarus, was carried out using the Monte Carlo method. The functions of the limiting state of the structural system in an accidental design situation with the sudden removal of the central column of the first floor are determined. As a result, values of failure probabilities and corresponding reliability indices were obtained for the considered constructive systems.

Keywords: robustness, probabilistic approach, probability of failure, reliability index.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СН 2.01.01-2022. Основы проектирования строительных конструкций. Минск. 2022.
2. СП 5.03.01-2020. Бетонные и железобетонные конструкции. Минск. 2020.
3. Ellingwood B.R., Smilowitz R., Dusenberry D.O., Duthinh D., Lew H.S., Carino N.J. Best practices for reducing the potential for progressive collapse in buildings. NISTIR 7396. National Institute of Science and Technology, US Department of Commerce. 2007. 194 p.
4. Tur V.V., Tur A.V., Derechennik S.S. Checking of structural system robustness based on pseudo-static full probabilistic approach // *Proceedings of the fib Symposium 2019: Concrete-Innovations in Materials, Design and Structures*. 2019. Pp. 2126-2133.
5. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. М: Изд-во Ассоц. строит. Вузов, 2007. 255 с.
6. Holicky M. Reliability analysis for structural design. Stellenbosch: SUN MeDIA Stellenbosch, 2009. 199 p. doi:10.18820/9781920689346.
7. Van Coile R., Hopkin D., Elhami Khorasani N., Lange D., Gernay T. Permanent and live load model for probabilistic structural fire analysis: a review // *In 3rd International Conference on Structural Safety under Fire and Blast*. 2019. Pp. 1-10.
8. Guo Q., Shi K., Jia Z., Jeffers A. E. Probabilistic evaluation of structural fire resistance // *Fire technology*. 2013. No. 49 (3). Pp. 793-811.
9. Iqbal S., Harichandran R.S. Capacity reduction and fire load factors for design of steel members exposed to fire // *Journal of structural engineering*. 2010. No. 136 (12). Pp. 1554-1562.
10. Ellingwood B. R. Load combination requirements for fire-resistant structural design // *Journal of Fire Protection Engineering*. 2005. No. 15 (1). Pp. 43-61.
11. Van Coile R., Caspeele R., Taerwe L. Reliability-based evaluation of the inherent safety presumptions in common fire safety design // *Engineering structures*. 2014. No. 77. Pp. 181-192.
12. Holicky M., Schleich J. B. Accidental combinations in case of fire // *In: Implementation of Eurocodes: Handbook 5*. 2005. 257 p. Available online at: eurocodes.jrc.ec.europa.eu.
13. Chen Z., Zhu Y., Lu X., Lin K.A simplified method for quantifying the progressive collapse fragility of multi-story RC frames in China // *Engineering Failure Analysis*. 2023. No. 143. Pp. 106924. doi:10.1016/j.engfailanal.2022.106924.
14. Hossler D., Weilert A., Klinzmann C., Schnetgöke R., Albrecht C. Sicherheitskonzept zur Brandschutzbemessung // Braunschweig, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz. 2008.
15. Gernay T., Van Coile R., Khorasani N.E., Hopkin D. Efficient uncertainty quantification method applied to structural fire engineering computations // *Engineering Structures*. 2019. No. 183. Pp.1-17.
16. Tur V.V., Tur A.V., Lizahub A.A. Experimental and theoretical study of the reinforced concrete flat slabs with the central support loss // *Building and Reconstruction*. 2023. No. 1 (1). Pp. 77-103. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2023-105-1-77-103>.
17. Тур В.В., Тур А.В., Лизогуб А.А. Проверка живучести конструктивных систем из сборного железобетона по методу энергетического баланса // *Вестник МГСУ*. 2021. № 8 (16). С. 1015–1033. doi:10.22227/1997-0935.2021.8.1015-1033.
18. Joint Committee of Structural Safety. JCSS Probabilistic Model Code. Part 2: Load Models. 2001.
19. Tur A., Tur V., Derechennik S., Lizahub A. An innovative approach to a safety format for the estimation of structural robustness // *Budownictwo i Architektura*. 2020. No. 4 (19). Pp. 67-84.
20. Qian K., Li B. Load-resisting mechanism to mitigate progressive collapse of flat slab structures // *Magazine of concrete research*. 2015. No. 7 (67). Pp. 349-363.
21. Qian K., Li B. Experimental Study of Drop-Panel Effects on Response of Reinforced Concrete Flat Slabs after Loss of Corner Column // *ACI Structural Journal*. 2013. No. 2 (110). Pp. 319-330.

REFERENCES

1. SN 2.01.01-2022. Osnovy proektirovaniya stroitel'nyh konstrukcij [Basics of design of building structures]. Minsk. 2022. (In Russian)
2. SP 5.03.01-2020. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii [Concrete and reinforced concrete structures]. Minsk. 2020. (In Russian)
3. Ellingwood B R., Smilowitz R., Dusenberry D.O., Duthinh D., Lew H.S., Carino N.J. Best practices for reducing the potential for progressive collapse in buildings. NISTIR 7396. National Institute of Science and Technology, US Department of Commerce. 2007. 194 p.
4. Tur V.V., Tur A.V., Derechennik S.S. Checking of structural system robustness based on pseudo-static full probabilistic approach. *Proceedings of the fib Symposium 2019: Concrete-Innovations in Materials, Design and Structures*. 2019. Pp. 2126-2133.

5. Perelmuter A.V. Izbrannye problemy nadezhnosti i bezopasnosti stroitel'nyh konstrukcij [Selected problems of reliability and safety of building structures]. M: Publishing House of Assoc. builds. Universities, 2007. 255 p. (In Russian)
6. Holicky M. Reliability analysis for structural design. Stellenbosch: SUN MeDIA Stellenbosch, 2009. 199 p. doi:10.18820/9781920689346.
7. Van Coile R., Hopkin D., Elhami Khorasani N., Lange D., Gernay T. Permanent and live load model for probabilistic structural fire analysis: a review. *In 3rd International Conference on Structural Safety under Fire and Blast*. 2019. Pp. 1-10.
8. Guo Q., Shi K., Jia Z., Jeffers A. E. Probabilistic evaluation of structural fire resistance. *Fire technology*. 2013. Vol. 3. No. 49. Pp. 793-811.
9. Iqbal S., Harichandran R. S. Capacity reduction and fire load factors for design of steel members exposed to fire. *Journal of structural engineering*. 2010. Vol. 12. No. 136. Pp. 1554-1562.
10. Ellingwood B.R. Load combination requirements for fire-resistant structural design. *Journal of Fire Protection Engineering*. 2005. Vol. 1. No. 15. Pp. 43-61.
11. Van Coile R., Caspeele R., Taerwe L. Reliability-based evaluation of the inherent safety presumptions in common fire safety design. *Engineering structures*. 2014. No. 77. Pp. 181-192.
12. Holicky M., Schleich J.B. Accidental combinations in case of fire. Implementation of Eurocodes: Handbook 5. 2005. Vol. 5. 257 p.
13. Chen Z., Zhu Y., Lu X., Lin K. A simplified method for quantifying the progressive collapse fragility of multi-story RC frames in China. *Engineering Failure Analysis*. 2023. No. 143. Pp. 106924. doi:10.1016/j.engfailanal.2022.106924.
14. Hosser D., Weilert A., Klinzmann C., Schnetgöke R., Albrecht C. Sicherheitskonzept zur Brandschutzbemessung. Braunschweig, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz. 2008.
15. Gernay T., Van Coile R., Khorasani N.E., Hopkin D. Efficient uncertainty quantification method applied to structural fire engineering computations. *Engineering Structures*. 2019. No. 183. Pp. 1-17.
16. Tur V.V., Tur A.V., Lizahub A.A. Experimental and theoretical study of the reinforced concrete flat slabs with the central support loss. *Building and Reconstruction*. 2023. Vol. 1. No. 1. Pp. 77-103. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2023-105-1-77-103>.
17. Tur V.V., Tur A.V., Lizahub A.A. Proverka zhivuchesti konstruktivnyh sistem iz sbornogo zhelezobetona po metodu energeticheskogo balansa. [Checking of the robustness of precast structural systems based on the energy balance method]. Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2021. Vol. 8. No.16. Pp. 1015-1033. doi:10.22227/1997-0935.2021.8.1015-1033. (In Russian).
18. Joint Committee of Structural Safety. JCSS Probabilistic Model Code. Part 2: Load Models. 2001.
19. Tur A., Tur V., Derechennik S., Lizahub A. An innovative approach to a safety format for the estimation of structural robustness. *Budownictwo i Architektura*. 2020. Vol. 19. No. 4. Pp. 67-84.
20. Qian K., Li B. Load-resisting mechanism to mitigate progressive collapse of flat slab structures. *Magazine of concrete research*. 2015. No. 7. Pp. 349-363.
21. Qian K., Li B. Experimental Study of Drop-Panel Effects on Response of Reinforced Concrete Flat Slabs after Loss of Corner Column. *ACI Structural Journal*. 2013. Vol. 110. No. 2. Pp. 319-330.

Информация об авторах:

Лизогуб Александр Александрович

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь,
м.т.н., младший научный сотрудник ОЛ «НИЦИС».
E-mail: p_332_14lizogub@mail.ru

Тур Андрей Викторович

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь,
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой архитектуры.
E-mail: aturphd@gmail.com

Тур Виктор Владимирович

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь,
заслуженный работник образования РБ, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
технологии бетона и строительных материалов.
E-mail: profturvic@gmail.com

Information about authors:

Lizahub Aliaksandr Al.

Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus,
master of eng. science, junior research fellow of BL «RCIC».

E-mail: p_332_14lizogub@mail.ru

Tur Andrei V.

Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus,
PhD, associate professor, head the department of architecture.

E-mail: aturphd@gmail.com

Tur Viktor V.

Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus,
doctor in technical sciences, head the department of concrete technology and construction materials.

E-mail: profturvic@gmail.com

Н.С. КУРЧЕНКО¹, С.Ю. САВИН¹¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СТАЛЬНЫЕ РАМЫ ЗДАНИЙ ПРИ ДЕФОРМИРУЕМОМ ОСНОВАНИИ

Аннотация. Статья посвящена актуальной в настоящее время проблематике оценки живучести стальных рамных конструктивных систем на деформируемом основании в условиях случайных ударных воздействий. Для таких воздействий заранее не определены точка приложения, направление и интенсивность. Полагается, что для существующего проектного решения возникновение таких воздействий не должно приводить к прогрессирующему обрушению. Выполнен ряд расчетов в квазистатической постановке для выявления наиболее опасных случайных воздействий, а затем произведен проверочный расчет в динамической постановке. Расчет в квазистатической постановке выполняется на основе моделей деформационной теории пластичности, а расчет в динамической постановке с учетом ассоциированного закона течения стали. Ударная нагрузка представляется в виде импульса силы, статически эквивалентной динамическому воздействию от неупругого удара жестким телом по конструктивной системе. Предложенные процедуры позволяют проектировать стальные рамные конструкции, устойчивые к случайным аварийным ударным воздействиям.

Ключевые слова: риск аварии, численное моделирование, стальные рамы, колонны, конечно элементный анализ, динамическое догружение, ударное воздействие, импульс, безопасность.

N.S. KURCHENKO¹, S.YU. SAVIN¹¹National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

MODELING OF IMPACTS ON STEEL FRAMES OF BUILDINGS ON A DEFORMABLE SOIL BASE

Abstract. The article focuses on the currently relevant problem of assessing the safety of steel frame systems on a deformable soil base under accidental impacts. The article considers a case when impact actions can be random, i.e., such parameters as application point, direction and intensity of impact are not determined preliminarily. It is supposed that for the existing design solution the occurrence of such impacts should not lead to progressive collapse, and the structure as a whole should have the property of robustness. In order to estimate this property, it is suggested to carry out a number of calculations for the stress-strain state under the most dangerous random loads and then to carry out a verification analysis in the dynamic statement. For the steel frame, a search problem is solved according to the criterion of minimization of integral safety margin of structural elements. The calculations account for the possibility to prevent the frame buckling. The quasi-static analysis is performed on the basis of the models of the deformation theory of plasticity, and the dynamic analysis is done with regard to the associated law of steel yielding. The proposed procedures allow designing steel frame structures which are resistant to random accidental loads. A shock load is represented in the form of a force impulse which is statically equivalent to the dynamic effect of an inelastic impact of a rigid body on a structural system. An example of design and performance evaluation of a steel frame structure of a two-story building is considered.

Keywords: accident risk, numerical simulation, steel frames, columns, finite element analysis, dynamic loading, impact, impulse, safety.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tur A.V., Tur V.V., Lizahub A.A. Experimental and theoretical study of the reinforced concrete flat slabs with the central support loss // *Building and reconstruction*. 2023. Vol. 105. No. 1. С. 77–103.
2. Травуш В.И., Колчунов В.И., Ключева Н.В. Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений // *Промышленное и гражданское строительство*. 2015. № 3. С. 4–11.
3. Тамразян А.Г., Попов Д.С. Напряженно-деформированное состояние коррозионно-поврежденных железобетонных элементов при динамическом нагружении // *Промышленное и гражданское строительство*. 2019. № 2. С. 19–26.
4. Kabantsev O., Mitrovic B. Deformation and power characteristics monolithic reinforced concrete bearing systems in the mode of progressive collapse // *MATEC Web of Conferences* / ed. Volkov A., Pustovgar A., Adamtsevich A. 2018. Vol. 251. Pp. 02047.
5. Алексейцев А.В. Анализ устойчивости колонны при горизонтальных ударных воздействиях // *Железобетонные конструкции*. 2023. Т. 2. № 2. С. 3–12.
6. Алексейцев А.В., Курченко Н.С., Антонов М.Д., Морозова Д.В. Несущая способность аварийно догружаемых железобетонных колонн с начальными несовершенствами // *Строительство и реконструкция*. 2022. № 6. С. 104–115. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-104-6-104-115>
7. Алексейцев А.В., Антонов М.Д. Динамика безбалочных железобетонных каркасов сооружений при повреждении плит продавливанием // *Строительство и реконструкция*. 2021. № 4. С. 23–34. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-96-4-23-34>
8. СП 296.1325800.2017 “Здания и сооружения. Особые воздействия”. Изм.1, 2. Москва: Стандартинформ, 2020.
9. CEN Comité Européen de Normalisation. EN 1991-1-7: eurocode 1 – actions on structures – part 1–7: general actions – accidental actions. Brussels (Belgium): CEN, 2006.
10. ASCE/SEI 7-10. Minimum design loads for buildings and other structures / American Society of Civil Engineers. p. cm. - (ASCE standard.) “Revision of ASCE 7-10.” 2010. P. 658.
11. UFC. UFC 4-023-03. Design of Buildings to Resist Progressive Collapse // *Design of Buildings to Resist Progressive Collapse*. 2016. № November. Pp. 34–37.
12. General services administration alternate path analysis & design guidelines for progressive collapse resistance approved for public release; distribution unlimited GSA Alternate Path Analysis and Design Guidelines for Progressive Collapse Resistance. 2013.
13. СП 385.132580.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения. Москва: Минстрой России, Стандартинформ, 2018.
14. Kiakojouri F. et al. Progressive collapse of framed building structures: Current knowledge and future prospects // *Eng Struct*. Elsevier, 2020. Vol. 206. December 2019. Pp. 110061.
15. Tagel-Din H., Rahman N.A. Simulation of the Alfred P. Murrah federal building collapse due to blast loads // *AEI 2006: Building Integration Solutions - Proceedings of the 2006 Architectural Engineering National Conference*. 2006. Vol. 2006. Pp. 32.
16. Sadeghi A., Kazemi H., Samadi M. Reliability and reliability-based sensitivity analyses of steel moment-resisting frame structure subjected to extreme actions // *Frattura ed Integrità Strutturale*. 2021. Vol. 15. No. 57.
17. Mirkarimi S.P., Mohammadi Dehcheshmeh E., Broujerdian V. Investigating the Progressive Collapse of Steel Frames Considering Vehicle Impact Dynamics // *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*. 2022. Vol. 46. No. 6.
18. Sadeghi A. et al. Fragility analysis of steel moment-resisting frames subjected to impact actions // *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*. 2022. Vol. 7. No. 1.
19. Radwan M., Kövesdi B. Equivalent Geometric Imperfections for Local Buckling of Slender Box-section Columns // *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2021. Vol. 65. No. 4. Pp. 1279–1287.
20. Rzeszut K. Post-Buckling Behaviour of Steel Structures with Different Types of Imperfections // *Applied Sciences (Switzerland)*. 2022. Vol. 12. No. 18.
21. Alekseytsev A.V., Kurchenko N.S. Safety of Reinforced Concrete Columns: Effect of Initial Imperfections and Material Deterioration under Emergency Actions // *Buildings*. 2023. Vol. 13. No. 4. Pp. 1054.
22. Brandis A., Kraus I., Petrovčič S. Nonlinear Static Seismic Analysis and Its Application to Shallow Founded Buildings with Soil-Structure Interaction // *Buildings*. 2022. Vol. 12. No. 11.
23. Brandis A., Kraus I., Petrovčič S. Simplified numerical analysis of soil–structure systems subjected to monotonically increasing lateral load // *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021. Vol. 11. No. 9.
24. Wei D., Suizi J. Restoring Force Model for Composite-Shear Wall with Concealed Bracings in Steel-Tube Frame // *Buildings*. 2022. Vol. 12. No. 9.
25. Forcellini D. A novel framework to assess soil structure interaction (Ssi) effects with equivalent fixed-based models // *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021. Vol. 11. No. 21.
26. Alekseytsev A.V. Mechanical safety of reinforced concrete frames under complex emergency actions // *Magazine of Civil Engineering*. 2021. Vol. 103. No. 3.
27. Тер-Мартirosян А.З., Сидоров В.В. Особенности моделирования работы основания при динамических нагрузках при эксплуатации метрополитена // *Жилищное строительство*. 2022. № 12. С. 26–33.

REFERENCES

1. Tur A.V., Tur V.V., Lizahub A.A. Experimental and theoretical study of the reinforced concrete flat slabs with the central support loss. *Building and reconstruction*. 2023. Vol. 105. No. 1. Pp. 77–103.
2. Travush V.I., Kolchunov V.I., Klyueva N.V. Some directions of development of survivability theory of structural systems of buildings and structures. *Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroitel'stvo*. 2015. No. 3. Pp. 4–11.
3. Tamrazyan A.G., Popov D.S. Stress-strain state of corrosion-damaged reinforced concrete elements under dynamic loading. *Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroitel'stvo*. 2019. No. 2. Pp. 19–26.
4. Kabantsev O., Mitrovic B. Deformation and power characteristics monolithic reinforced concrete bearing systems in the mode of progressive collapse. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 251. Pp. 02047.
5. Alekseytsev A.V. Stability of the RC Column under Horizontal Impacts. *Reinforced concrete structures*. 2023. Vol. 2. No. 2. Pp. 3–12.
6. Alekseytsev A.V. et al. Bearing capacity of emergency loaded reinforced concrete columns with initial imperfections. *Building and reconstruction*. 2022. Vol. 104. No. 6. Pp. 104–115.
7. Alekseytsev A.V., Antonov M.D. Dynamics of reinforced concrete non-beam frames in case of damage to slabs punching. *Building and reconstruction*. 2021. Vol. 96. No. 4. Pp. 23–34.
8. Building Code of RF SP 296.1325800.2017 Buildings and structures. Accidental actions. With amendments 1, 2. Moscow: Standardinform, 2020.
9. CEN Comité Européen de Normalisation. EN 1991-1-7: eurocode 1 – actions on structures – part 1–7: general actions – accidental actions. Brussels (Belgium): CEN, 2006.
10. ASCE/SEI 7-10. Minimum design loads for buildings and other structures / American Society of Civil Engineers. p. cm. - (ASCE standard.) "Revision of ASCE 7-10." 2010. P. 658.
11. UFC. UFC 4-023-03. Design of Buildings To Resist Progressive Collapse // Design of Buildings To Resist Progressive Collapse. 2016. November. Pp. 34–37.
12. General services administration alternate path analysis & design guidelines for progressive collapse resistance approved for public release; distribution unlimited GSA Alternate Path Analysis and Design Guidelines for Progressive Collapse Resistance. 2013.
13. Building Code of RF SP 385.132580.2018 Protection of buildings and structures against progressive collapse. Design code. Basic statements. Moscow: Standardinform, 2018.
14. Kiakojouri F. et al. Progressive collapse of framed building structures: Current knowledge and future prospects. *Eng Struct*. 2020. Vol. 206. December 2019. P. 110061.
15. Tagel-Din H., Rahman N.A. Simulation of the Alfred P. Murrah federal building collapse due to blast loads. AEI 2006: Building Integration Solutions - Proceedings of the 2006 Architectural Engineering National Conference. 2006. Vol. 2006. P. 32.
16. Sadeghi A., Kazemi H., Samadi M. Reliability and reliability-based sensitivity analyses of steel moment-resisting frame structure subjected to extreme actions. *Frattura ed Integrità Strutturale*. 2021. Vol. 15. No. 57.
17. Mirkarimi S.P., Mohammadi Dehcheshmeh E., Broujerdian V. Investigating the Progressive Collapse of Steel Frames Considering Vehicle Impact Dynamics. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*. 2022. Vol. 46. No. 6.
18. Sadeghi A. et al. Fragility analysis of steel moment-resisting frames subjected to impact actions. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*. 2022. Vol. 7. No. 1.
19. Radwan M., Kövesdi B. Equivalent Geometric Imperfections for Local Buckling of Slender Box-section Columns. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2021. Vol. 65. No. 4. Pp. 1279–1287.
20. Rzeszut K. Post-Buckling Behaviour of Steel Structures with Different Types of Imperfections. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2022. Vol. 12. No. 18.
21. Alekseytsev A.V., Kurchenko N.S. Safety of Reinforced Concrete Columns: Effect of Initial Imperfections and Material Deterioration under Emergency Actions. *Buildings*. 2023. Vol. 13. No. 4. P. 1054.
22. Brandis A., Kraus I., Petrovčič S. Nonlinear Static Seismic Analysis and Its Application to Shallow Founded Buildings with Soil-Structure Interaction. *Buildings*. 2022. Vol. 12. No. 11.
23. Brandis A., Kraus I., Petrovčič S. Simplified numerical analysis of soil–structure systems subjected to monotonically increasing lateral load. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021. Vol. 11. No. 9.
24. Wei D., Suizi J. Restoring Force Model for Composite-Shear Wall with Concealed Bracings in Steel-Tube Frame. *Buildings*. 2022. Vol. 12. No. 9.
25. Forcellini D. A novel framework to assess soil structure interaction (Ssi) effects with equivalent fixed-based models. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021. Vol. 11. No. 21.
26. Alekseytsev A.V. Mechanical safety of reinforced concrete frames under complex emergency actions. *Magazine of Civil Engineering*. 2021. Vol. 103. No. 3.
27. Ter-Martirosyan A.Z., Sidorov V.V. Features of Modeling the Operation of the Base under Dynamic Loads During the Operation of the Subway. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo*. 2022. No. 12. Pp. 26–33.

Информация об авторах:

Курченко Наталья Сергеевна

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

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

E-mail: ms.kurchenko@mgsu.ru

Савин Сергей Юрьевич

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

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

E-mail: savinsyu@mgsu.ru

Information about authors:

Kurchenko Natalia S.

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

candidate in technical sciences, associate professor of the department of Reinforced Concrete and Stone Structures.

E-mail: ms.kurchenko@mgsu.ru

Savin Sergey Yu.

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

candidate in technical sciences, associate professor, associate professor of the department of Reinforced Concrete and Stone Structures.

E-mail: savinsyu@mgsu.ru

А.Е. ЕНИН¹, А.Э. ЗАПЛАВНАЯ¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Россия

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЛАНИРОВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЖИЛОЙ СРЕДЫ ГОРОДСКОГО ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

Аннотация. В современных крупных городах, обладающими статусом или признаками исторического, происходят глобальные преобразования в архитектурно-планировочной структуре, которые носят как позитивный, так и негативный характер в отношении функциональной организации жилой среды. Современные проблемы исторического городского центра, являющиеся причиной или следствием реконструктивных вмешательств, обусловлены как спецификой его функционально-планировочной организации, так и актуальным социально-экономическим спросом. Несмотря на это, технические возможности модернизации количественных параметров городской среды исторического центра достаточно специфичны: историческая застройка, выраженная в малоэтажной и среднеэтажной застройке, подлежит сохранению, и некорректно подобранные методы и приёмы реализации данного процесса в настоящее время приводят не только к проблемам визуального и идентификационного восприятия историко-культурной городской среды, но и к функциональным, которым посвящена настоящая статья.

Методы исследования определяются принципами демозкологического подхода, по которому жилая среда представляет собой сложную самодостаточную систему. В основе исследования лежит системный подход: выявлены принципы функционального преобразования жилой среды в архитектурно-планировочной структуре современного исторического городского центра.

Выявленная типология функционально-неопределённых структурных планировочных элементов жилой среды, которые в настоящее время являются площадками по корректной функциональной модернизации, проанализирована системным подходом в результате чего был определен термин «функциональное регулирование» и «функциональное интегрирование».

Ключевые слова: жилая среда, реконструкция, исторический городской центр, деградация территории, функциональная дифференциация.

A.E. ENIN¹, A.E. ZAPLAVNAYA¹

¹Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

FUNCTIONAL APPROACH IN THE CONDITIONS OF RECONSTRUCTION PLANNING ELEMENTS OF THE RESIDENTIAL ENVIRONMENT OF THE CITY HISTORICAL CENTER

Abstract. In modern large cities with the status or signs of the historical, there are global transformations in the architectural and planning structure, which are both positive and negative in relation to the functional organization of the living environment. The modern problems of the historical urban center, which are the cause or consequence of reconstructive interventions, are due to both the specifics of its functional and planning organization and the current socio-economic demand. Despite this, the technical possibilities of modernizing the quantitative parameters of the urban environment of the historical center are quite specific: historical buildings, expressed in low-rise and medium-rise buildings, are subject to preservation, and incorrectly selected methods and techniques for implementing this process currently lead not only to problems of visual and identification perception of the historical and cultural urban environment, but also to functional, to which this article is devoted.

The research methods are determined by the principles of the demoeological approach, according to which the living environment is a complex self-sufficient system.

The research is based on a systematic approach: the principles of functional transformation of the residential environment in the architectural and planning structure of the modern historical city center are revealed. The revealed typology of functionally indeterminate structural planning elements of the residential environment, which are currently sites for correct functional modernization, is analyzed by a systematic approach, as a result of which the term "functional regulation" and "functional integration" was defined.

Keywords: residential environment, reconstruction, historical urban center, degradation of the territory, functional differentiation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдоткин Л.Н. Применение вычислительной техники в градостроительном проектировании [Текст] / Сост. канд. архитектуры Л. Н. Авдоткин. Москва : [б. и.], 1972. 32 с.
2. Вавилонская Т.В. Стратегия обновления архитектурно-исторической среды : монография / Т.В. Вавилонская. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный архитектурно-строительный университет", 2008. 369 с.
3. Волкова Т.Ф. Методы реконструкции городской среды // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 4-5 (48). С. 113-117.
4. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. М. : Стройиздат, 1984. 256 с.
5. Енин А.Е. Актуальные системные проблемы формирования застройки центра г. Воронежа // Архитектурные исследования. 2015. №1 (1). С. 4-10.
6. Енин А.Е. Понятие эксперимента в архитектуре как деятельности, направленной на гармонизацию взаимосвязи и взаимовлияния населения и среды его жизнедеятельности [Текст]: Градостроительство. 2012. № 4 (20). С. 22-29.
7. Енин А.Е., Заплавная А.Э. Специфика функционально-пространственной организации жилой среды в историческом центре г. Воронежа // Всероссийская научно-практическая конференция «Студент-наука» : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции / отв. ред. А. В. Сергеев – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». 2022. С. 312-314.
8. Заплавная А.Э., Енин А.Е. Принципы реконструкции историко-культурной городской среды современных городов // Архитектурные исследования. 2021. № 4 (28). С. 69-79.
9. Заплавная А.Э., Енин А.Е., Танкеев А.С. Функционально-пространственная организация жилой среды в архитектурно-планировочной структуре исторического центра г. Воронежа // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития: материалы международной научно-практической конференции. Тюмень, 2022. С. 231-235.
10. Колгашкина В.А. Специфика функционально-планировочной организации многофункциональных жилых комплексов с интегрированной деловой составляющей // Архитектура и современные информационные технологии. 2013. № 2(23). С. 11.
11. Лаврик Г.И. Методологические основы районной планировки. Введение в демоэкологию : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Архитектура". Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2007. 115 с.
12. Лаврик Г.И. Методы оценки качества жилища. Исследование, проектирование, экспертиза : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Архитектура". Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В.Г. Шухова. – Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. 100 с.
13. Федченко И.Г. Современные закономерности формообразования жилых планировочных единиц // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 4. С. 75-82. doi:10.22337/2077-9038-2019-4-75-82
14. Федченко И.Г. Современные направления морфологических исследований жилых территорий городов // Современная архитектура мира. 2022. № 1(18). С. 119-144. doi:10.25995/NIPTIAG.2022.18.1.007
15. Хасиева С.А. Архитектура городской среды : учебник для вузов. М.: Стройиздат, 2001. 200 с.
16. Шевченко Э.А. Градостроительные проблемы сохранения историко-культурного ресурса России // Academia. Архитектура и строительство. 2012. № 1. С. 99-104.
17. Biddau G.M., Marotta A., Sanna G. Abandoned landscape project design // City Territ Archit. 2020. Vol. 7. Iss. 10. Pp. 1–17. doi:10.1186/s40410-020-00118-7
18. Colavitti A.M., Serra S. Non financial compensation for the redevelopment of the historic urban landscape: the case study of Villasor in Sardinia (Italy) // City Territ Archit. 2020. Vol. 7. Iss. 15. Pp. 1–15. doi:10.1186/s40410-020-00124-9
19. Mozas J., Mozas J., Per A.F., J. Hybrids III Arpa. Residential mixed-use buildings. Architecture Technology magazine // Vitoria-Gasteiz. 2009. 270 p.

20. 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
21. 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

REFERENCES

1. Avdotyin L.N. Application of computer technology in urban planning design [Text] / Comp. cand. architecture L. N. Avdot'in. - Moscow : [B. I.], 1972. 32 p.
2. Vavylonskaya T.V. Strategy of updating the architectural and historical environment : monograph / T. V. Babylonskaya. Samara State University of Architecture and Civil Engineering. – Samara : Federal State Budgetary educational Institution of Higher Professional Education "Samara State University of Architecture and Civil Engineering", 2008. 369 p.
3. Volkova T.F. Methods of urban environment reconstruction // *Modern scientific research and innovation.* 2015. No. 4-5 (48). Pp. 113-117.
4. Gutnov A. E. Evolution of urban planning. M. : Stroyizdat, 1984. 256 p.
5. Enin A.E. Actual system problems of the development of the Voronezh city center // *Architectural research.* 2015. No. 1 (1). Pp. 4-10.
6. Enin A.E. The concept of experiment in architecture as an activity aimed at harmonizing the relationship and mutual influence of the population and its environment [Text]: Urban planning. 2012. No. 4 (20). Pp. 22-29.
7. Enin A.E., Zaplavnaya A.E. Specifics of the functional and spatial organization of the residential environment in the historical center of Voronezh // *All-Russian Scientific and Practical Conference "Student-Science" : proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference / ed. A.V. Sergeev – Voronezh: Voronezh State Technical University university".* 2022. Pp. 312-314.
8. Enin A.E., Enin A.E. Principles of reconstruction of the historical and cultural urban environment of modern cities // *Architectural studies.* 2021. No. 4 (28). Pp. 69-79.
9. Zaplavnaya A.E., Enin A.E., Tankeev A.S. Functional and spatial organization of the residential environment in the architectural and planning structure of the historical center of Voronezh // *Architecture and architectural environment: issues of historical and modern development: materials of the international scientific and practical conference.* Tyumen, 2022. Pp. 231-235.
10. Kolgashkina V.A. Specifics of the functional planning organization of multifunctional residential complexes with an integrated business component // *Architecture and modern information technologies.* 2013. No. 2(23). P. 11.
11. Lavrik G.I. Methodological foundations of district planning. Introduction to demoecology : textbook for university students studying in the direction of "Architecture". Federal Agency for Education, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. – Belgorod : V. G. Shukhov BSTU, 2007. 115 p.
12. Lavrik G.I. Methods of assessing the quality of housing. Research, design, expertise : textbook for university students studying in the direction of "Architecture". Federal Agency for Education, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. – Belgorod : V.G. Shukhov BSTU, 2007. 100 p.
13. Fedchenko I.G. Modern patterns of formation of residential planning units // *Academia. Architecture and Construction.* 2019. No. 4. Pp. 75-82. doi:10.22337/2077-9038-2019-4-75-82
14. Fedchenko I.G. Modern directions of morphological studies of residential areas of cities // *Modern architecture of the world.* 2022. No. 1(18). Pp. 119-144. doi:10.25995/NIITIAG.2022.18.1.007
15. Khasieva S.A. Architecture of the urban environment : textbook for universities. M.: Stroyizdat, 2001. 200 p.
16. Shevchenko E.A. Town-planning problems of preserving the historical and cultural resource of Russia // *Academia. Architecture and construction.* 2012. No. 1. Pp. 99-104.
17. Biddau G.M., Marotta A., Sanna G. Abandoned landscape project design // *City Territ Archit.* 2020. Vol. 7. Iss. 10. Pp. 1–17. doi:10.1186/s40410-020-00118-7.
18. Colavitti A.M., Serra S. Non financial compensation for the redevelopment of the historic urban landscape: the case study of Villasor in Sardinia (Italy) // *City Territ Archit.* 2020. Vol. 7. Iss. 15. Pp. 1–15. doi:10.1186/s40410-020-00124-9
19. Mozas J., Mozas J., Per A.F., J. Hybrids III Arpa. Residential mixed-use buildings. *Architecture Technology magazine* // Vitoria-Gasteiz. 2009. 270 p.
20. 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
21. 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

Информация об авторах:

Енин Александр Егорович

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Россия,
кандидат архитектуры, профессор, декан факультета архитектуры и градостроительства.

E-mail: a_yenin@mail.ru

Заплавная Алеся Эдуардовна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Россия,
аспирант факультета архитектуры и градостроительства.

E-mail: A.zaplavnaya@yandex.ru

Information about authors:

Enin Alexander Eg.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia,
candidate of architecture, professor, dean of the Faculty of Architecture and Urban Planning.

E-mail: a_yenin@mail.ru

Zaplavnaya Alesya Ed.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia,
post-graduate student of the Faculty of Architecture and Urban Planning.

E-mail: A.zaplavnaya@yandex.ru

А.В. АЛЕКСАНИН¹

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТА

Аннотация. На строительных площадках многие функции человека выполняют строительные машины и механизмы, ручной труд сводится к минимуму. Постепенно внедряются роботизированные комплексы, что с течением нескольких десятилетий может полностью исключить участие рабочего во многих процессах на уровне исполнителя. Изменяются подходы к проектированию и управлению реализацией инвестиционно-строительных проектов - увеличивается количество компаний, которые внедряют в свою деятельность высокотехнологичные цифровые решения, требующие наличия персонала, способного эффективно выполнять работу в цифровой информационной среде на каждом из этапов жизненного цикла здания. В рамках данного исследования рассматривается вопрос создания и внедрения цифровой информационной модели объекта на этапе строительства объекта капитального строительства. Приводится структура цифровой информационной модели и описывается ее влияние на организационно-технологическое проектирование в рамках реализации строительного проекта. Указываются факторы, сдерживающие внедрение технологий информационного моделирования на этапах возведения объекта капитального строительства.

Ключевые слова: строительная модель, информационное моделирование, информатизация, организационно-технологическое проектирование.

A.V. ALEKSANIN¹

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

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES AT THE FACILITY CONSTRUCTION STAGE

Abstract. On construction sites, many human functions are performed by construction machines and mechanisms, manual labor is minimized. Robotic complexes are gradually being introduced, which over the course of several decades can completely exclude the participation of a worker in many processes at the level of the performer. Approaches to the design and management of the implementation of investment and construction projects are changing - the number of companies that introduce high-tech digital solutions into their activities, requiring personnel capable of effectively performing work in a digital information environment at each stage of the building's life cycle, is increasing. Within the framework of this study, the issue of creating and implementing a digital information model of an object at the construction stage is considered. The structure of the model is given and its influence on the organizational and technological design within the framework of the construction project is described. The factors constraining the introduction of information modeling technologies at the stages of construction of a capital construction object are indicated.

Keywords: building model, information modeling, informatization, organizational and technological design.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительство в России. 2022: Стат. Сб. / Росстат. М., 2022. 148 с.
2. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Вопросы комфортности и безопасности городской среды и их решение в рамках законодательных и нормативных документов // Строительство и реконструкция. 2021. № 2. С. 74-85.
3. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Гордон В.А., Кормина А.А. Статистические зависимости показателей благоприятной среды жизнедеятельности биосферосовместимого города // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 5. С. 545-556.
4. Зильберова И.Ю., Маилян В.Д., Петров К.С., Беланова М.А. Реновация как разновидность модернизации городских территорий // Инженерный вестник Дона. 2019. № 9. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_141__7y2019_zilberova.pdf_d97fea8ecd.pdf
5. Ильичева Е.Д., Кузьмина Т.К. Слабые стороны проекта организации строительства при прохождении московской государственной экспертизы в условиях реновации // Инженерный вестник Дона. 2021. № 5. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40__4_Ilicheva.pdf_6156baf618.pdf
6. Алексанин А.В. Актуальность проблемы управления строительными отходами при реновации территорий // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 77-80.
7. Светловская А.А. Реновация бывших промышленных территорий // Инновации. Наука. Образование. 2022. № 52. С. 532-539.
8. Марыгина Л.В., Пестрикова О.А. Повышение эффективности управления инвестиционно-строительными проектами на основе цифровизации // Инженерный вестник Дона. 2022. № 2. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40__2_Marygina_Pestrikova.docx.pdf_3224201386.pdf
9. Ерофеев В.Т., Пиксайкина А.А., Булгаков А.Г., Ермолаев В.В. Цифровизация в строительстве, как эффективный инструмент современного развития отрасли // Эксперт: теория и практика. 2021. № 3 (12). С. 9-14.
10. Киевский И.Л., Жаров Я.В., Юргайтис А.Ю. Новеллы первого объединенного евразийского конгресса по технологиям информационного моделирования // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 2. С. 43-50.
11. Алексанин А.В., Жаров Я.В. Потенциал использования цифровых информационных моделей в рамках управления строительством // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 1. С. 52-55.
12. Крюков К.М., Шаповалов А.В. Использование технологии цифровых двойников в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2022. № 5. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_31__5_Krukova.pdf_ea8060033c.pdf
13. Zhang J., Cheng J. C. P., Chen W., Chen K. Digital Twins for Construction Sites: Concepts, LoD Definition, and Applications // Journal of Management in Engineering. 2022. Vol. 38. Pp. 1-16.
14. Opoku D. G. J., Perera S., Osei-Kyei R., Rashidi M., Famakinwa T., Bamdad K. Drivers for Digital Twin Adoption in the Construction Industry: A Systematic Literature Review // Buildings. 2022. Vol. 22. Pp. 1-19.
15. Алексанин А.В., Екимовская В.А., Дударева А.Ю. Повышение эффективности технологических процессов и эксплуатации предприятий промышленной отрасли за счет внедрения технологий индустрии 4.0 // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2022. № 4 (40). С. 81-91.
16. Elghaish F., Matarneh S.T., Edwards D.J., Rahimian F. P., El-Gohary H., Ejohwomu O. Applications of Industry 4.0 digital technologies towards a construction circular economy: gap analysis and conceptual framework // Construction Innovation. 2022. Pp. 1-31.
17. Sacks R., Girolami M., Brilakis I. Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech // Developments in the Built Environment. 2020. Vol. 4. Pp. 1-9.

REFERENCES

1. Stroitel'stvo v Rossii [Construction in Russia]. 2022: Stat. Sb. / Rosstat. M., 2022. 148 p.
2. Il'ichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Voprosy komfortnosti i bezopasnosti gorodskoy sredy i ikh reshenie v ramkakh zakonodatel'nykh i normativnykh dokumentov [Issues of comfort and safety of the urban environment and their solution within the framework of legislative and regulatory documents]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2021. No. 2. Pp. 74-85. (rus)
3. Il'ichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Kormina A.A. Statisticheskie zavisimosti pokazateley blagopriyatnoy sredy zhiznedeятel'nosti biosferosovместimogo goroda [Statistical dependences of indicators of a favorable environment for the life of a biosphere-compatible city]. *Vestnik MGSU*. 2021. T. 16. No. 5. Pp. 545-556. (rus)
4. Zil'berova I.Yu., Mailyan V.D., Petrov K.S., Belanova M.A. Renovatsiya kak raznovidnost' modernizatsii gorodskikh territoriy [Renovation as a kind of modernization of urban areas]. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2019. No. 9. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_141__7y2019_zilberova.pdf_d97fea8ecd.pdf (rus)
5. Il'icheva E.D., Kuz'mina T.K. Slabye storony proekta organizatsii stroitel'stva pri prokhozhenii moskovskoy gosudarstvennoy ekspertizy v usloviyakh renovatsii [Weaknesses of the construction organization project

- during the passage of the Moscow state examination in the conditions of renovation]. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2021. No. 5. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40__4_Ilicheva.pdf_6156b af618.pdf (rus)
6. Aleksanin A.V. Aktual'nost' problemy upravleniya stroitel'nymi otkhodami pri reno-vatsii territoriy [The relevance of the problem of construction waste management in the renovation of territories]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017. No. 9. Pp. 77-80. (rus)
7. Svetlovskaya A.A. Renovatsiya byvshikh promyshlennykh territoriy [Renovation of former industrial areas]. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*. 2022. No. 52. Pp. 532-539. (rus)
8. Marygina L.V., Pestrikova O.A. Povyshenie effektivnosti upravleniya investitsionno-stroitel'nymi proektami na osnove tsifrovizatsii [Improving the efficiency of managing investment and construction projects based on digitalization]. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2022. No. 2. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40__2_Marygina_Pestrikova.docx.pdf_3224201386.pdf (rus)
9. Erofeev V.T., Piksaykina A.A., Bulgakov A.G., Ermolaev V.V. Tsifrovizatsiya v stroitel'stve, kak effektivnyy instrument sovremennogo razvitiya otrasli [Digitalization in construction as an effective tool for the modern development of the industry]. *Ekspert: teoriya i praktika*. 2021. No. 3 (12). Pp. 9-14. (rus)
10. Kievskiy I.L., Zharov Ya.V., Yurgaytis A.Yu. Novelly pervogo ob"edinennogo evraziyskogo kongressa po tekhnologiyam informatsionnogo modelirovaniya [Novels of the First United Eurasian Congress on Information Modeling Technologies]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2022. No. 2. Pp.43-50. (rus)
11. Aleksanin A.V., Zharov Ya.V. Potentsial ispol'zovaniya tsifrovyykh informatsionnykh modeley v ramkakh upravleniya stroitel'stvom [Potential for using digital information models in construction management]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2022. No. 1. Pp. 52-55. (rus)
12. Kryukov K.M., Shapovalov A.V. Ispol'zovanie tekhnologii tsifrovyykh dvoynikov v stroitel'stve [The use of digital twin technology in construction]. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2022. No. 5 URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_31__5_Krukova.pdf_ea8060033c.pdf (rus)
13. Zhang J., Cheng J. C. P., Chen W., Chen K. Digital Twins for Construction Sites: Concepts, LoD Definition, and Applications. *Journal of Management in Engineering*. 2022. Vol. 38. Pp. 1-16.
14. Opoku D. G. J., Perera S., Osei-Kyei R., Rashidi M., Famakinwa T., Bamdad K. Drivers for Digital Twin Adoption in the Construction Industry: A Systematic Literature Review // *Buildings*. 2022. Vol. 22. Pp. 1-19.
15. Aleksanin A.V., Ekimovskaya V.A., Dudareva A.Yu. Povyshenie effektivnosti tekhnologi-cheskikh protsessov i ekspluatatsii predpriyatiy promyshlennoy otrasli za schet vnedreniya tekhnologii industrii 4.0 [Improving the efficiency of technological processes and the operation of industrial enterprises through the introduction of industry 4.0 technologies]. *Biosfer'naya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2022. No. 4 (40). Pp. 81-91. (rus)
16. Elghaish F., Matarneh S.T., Edwards D.J., Rahimian F. P., El-Gohary H., Ejohwomu O. Applications of Industry 4.0 digital technologies towards a construction circular economy: gap analysis and conceptual framework. *Construction Innovation*. 2022. Pp. 1-31.
17. Sacks R., Girolami M., Brilakis I. Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech. *Developments in the Built Environment*. 2020. Vol. 4. Pp. 1-9.

Информация об авторе:

Александр Александр Вячеславович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии, организации и управления в строительстве. E-mail: statpubl@mail.ru

Information about author:

Aleksanin Aleksandr V.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, candidate in technical sciences, docent, associate professor of the department of technology, organization and management in construction. E-mail: statpubl@mail.ru

В.Ф. МУЩАНОВ¹, А.М. ЮГОВ¹¹ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, Россия

СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Аннотация. Рассмотрено текущее состояние и основные проблемы строительного комплекса Донецкой Народной Республики, обусловленные процессом интеграции в хозяйственный комплекс Российской Федерации на современном этапе. Материалы исследования основаны на анализе деятельности строительных организаций республики и результатах научной и проектной деятельности ФГБОУ ВО «ДОННАСА», являющейся базовой организацией Минстроя ДНР в вопросах научно-технической политики. Приведены сведения об основных концептуальных и проектных разработках, определяющих деятельность строительного комплекса на ближайшую перспективу. Сформулированы рекомендации, направленные на преодоление кризисных явлений в строительном комплексе.

Ключевые слова: территориальное планирование, строительство, реконструкция, капитальный ремонт, нормативное обеспечение строительства.

V.F. MUSHCHANOV¹, A.M. YUGOV¹¹Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Russia

STATE AND MAIN PROBLEMS OF A CONSTRUCTION COMPLEX OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC

Abstract. The current state and main problems of the construction complex of the Donetsk People's Republic caused by the process of integration into the economic complex of the Russian Federation at the present stage are considered. The research materials are based on the analysis of the activities of the construction organizations of the republic and the results of the scientific and design activities of the FSBEI HE "DONNASA", which is the basic organization of the Ministry of Construction of the DPR in matters of scientific and technical policy. Information is provided on the main conceptual and design developments that determine the activities of the construction complex in the near future. Recommendations aimed at overcoming the crisis phenomena in the construction complex are formulated.

Keywords: territorial planning, construction, reconstruction, major repairs, regulatory support of construction.

© Мущанов В.Ф., Югов А.М., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Югов А.М., Шевченко В.Д., Тимошко А.А. Из опыта изготовления, транспортировки и монтажа крупногабаритных стальных конструкций в Донбассе // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. Донецк, 2019. № 52. С. 50-57.
2. Новиков Н.С., Югов А.М. Рекомендации по ремонту и восстановлению железобетонных конструкций // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2018. 6(134). С. 35-39.
3. Югов А.М., Радионов Т.В., Андреева С.А. Концептуальные подходы архитектурной модернизации комплексов зданий медицинских учреждений в условиях реконструкции // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2019. 2(136). С. 54-59.
4. Авдеев К. В., Бобров В. В., Скакун П. В., Левин Д. И., Домарова Е. В. Обследование и восстановление поврежденных конструкций зданий вследствие взрывных и температурных воздействий // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 7. С. 36-42. doi: 10.33622/0869-7019.2023.07.36-42
5. Кабанцев О. В., Симачов О. А., Нецадимов В. А., Штырлов Д. А. Усиление несущих стен из каменной кладки поврежденных многоэтажных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 7. С. 29-35. doi: 10.33622/0869-7019.2023.07.29-35
6. Тамразян А. Г. Живучесть как степень работоспособности конструкций при повреждении // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 7. С. 22-28. doi: 10.33622/0869-7019.2023.07.22-28.

7. Колчунов В. И., Тур В. В. Направления проектирования конструктивных систем в особых расчетных ситуациях // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 7. С. 5-15. doi: 10.33622/0869-7019.2023.07.05-15.
8. Мушчанов В.Ф. К анализу основных положений нормативных документов по предотвращению лавинообразного обрушения конструкций зданий (часть 1) // Металлические конструкции. 2022. 3(28). С. 63-78.
9. Мушчанов В.Ф. К анализу основных положений нормативных документов по предотвращению лавинообразного обрушения конструкций зданий (часть 1) // Металлические конструкции. 2022. 2(28). С. 107-129.
10. Закон Донецкой Народной Республики «О лицензировании отдельных видов хозяйственной деятельности» (Принят Постановлением Народного Совета 27.02.2015г/ №18). [Электронный ресурс]. URL:<https://gisnpa-dnr.ru/npa/0002-18-ihc-20150227/> (дата обращения 10.03.2023г).
11. Приказ Минстроя ДНР от 10.11.2022 г. №177 «О внесении изменений во Временный порядок выполнения подготовительных, восстановительных, строительных работ, приема в эксплуатацию законченных строительством объектов и объектов, пострадавших при проведении боевых действий, утвержденный Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства ДНР от 30.04.2015 г. №1». [Электронный ресурс]. URL:<https://minstroy-dnr.ru/177-npa-ot-10.11.2022g.-o-vnesenii-izmenenij-vo-vremennyj-poryadok-vypolneniya> (дата обращения 10.03.2023г).
12. Временный порядок выполнения восстановительных, строительных работ, приема в эксплуатацию законченных строительством объектов и объектов, пострадавших при проведении боевых действий (утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики 30 апреля 2015г. №1). [Электронный ресурс]. URL:https://minstroy-dnr.ru/assets/doc/prikazy/PrikazMinStroy_N1npa_30042015.pdf (дата обращения 10.03.2023г).
13. Постановление Совета Министров Донецкой Народной Республики от 06.11.2017 г. №14-39 «Об утверждении Временного положения об архитектурно-строительной деятельности в Донецкой Народной Республике». [Электронный ресурс]. URL:<https://minstroy-dnr.ru/14-39-ot-06.11.2017-ob-utverzhenii-vremennogo-polozheniya-ob-arkhitekurno-stroitelnoj-deyatelnosti> (дата обращения 10.03.2023г).
14. "Градостроительный кодекс Российской Федерации". Федеральный закон от 29.12.2004 N 190-ФЗ. [Электронный ресурс]. URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения 10.03.2023г).
15. Топчий Д. В., Муря В. А., Валитова Ю. Р. Подготовка специалистов по контрольной и надзорной деятельности для строительства на новых российских территориях // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 7. С. 64-69. doi: 10.33622/0869-7019.2023.07.64-69

REFERENCES

1. Yugov A.M., Shevchenko V.D., Timoshko A.A. From the experience of manufacturing, transportation and assembling of large-sized steel structures in Donbas. Proceedings of Donetsk institut railway transport. Donetsk, 2019. No. 52. Pp. 50-57
2. Novikov N.S., Yugov A.M. Recommendations for repair and restoration reinforced concrete structures. *Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury*. 2018. 6(134). Pp. 35-39.
3. Yugov A.M., Radionov T.V., Andreyeva S.A. Conceptual approaches to the architectural modernization of buildings of medical institutions in the context of reconstruction. *Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury*. 2019. 2(136). Pp. 54-59.
4. Avdeev K. V., Bobrov V. V., Skakun P. V., Levin D. I., Domarova E. V. Inspection and Restoration of Damaged Structures of Buildings Due to Explosive and Temperature Effects. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2023, no. 7, pp. 36-42. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2023.07.36-42
5. Kabancev O. V., Simakov O. A., Neschadimov V. A., Shtyrlov D. A. Reinforcement of Bearing Masonry Walls of Damaged Multi-Storey Buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2023, no. 7, pp. 29-35. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2023.07.29-35
6. Tamrazyan A. G. Survivability as the Degree of Operability of Structures in Case of Damage. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2023, no. 7, pp. 22-28. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2023.07.22-28
7. Kolchunov V. I., Tur V. V. Directions for the Design of Structural Systems in Accidental Design Situations. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2023, no. 7, pp. 5-15. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2023.07.05-15
8. Mushchanov V.F. To the analysis of the main provisions of regulatory documents for the prevention of progressive collapse of building structures (part 1). *Metallicheskiye konstruksii*. 2022. 3(28). Pp. 63-78
9. To the analysis of the main provisions of regulatory documents for the prevention of progressive collapse of building structures (part 2). *Metallicheskiye konstruksii*. 2022. 2(28). Pp. 107-129
10. Zakon Doneczkoj Narodnoj Respubliki «O licenzirovanii otdel'ny'x vidov xozyajstvennoj deyatel'nosti» (Prinyat Postanovleniem Narodnogo Soveta 27.02.2015g/ No.18). [About modification of the Temporary order of performance preparatory, About licensing of separate types of economic activity]. URL:<https://gisnpa-dnr.ru/npa/0002-18-ihc-20150227/> (available om 10.03.2023)
11. Prikaz Minstroya DNR ot 10.11.2022 g. No.177 "O vnesenii izmenenij vo Vremennyj poryadok vy`polneniya podgotovitel'ny`x, vosstanovitel'ny`x, stroitel'ny`x rabot, priema v e`kspluatatsiyu zakonchenny`x stroitel'stvom ob`ektov i ob`ektov, postradavshix pri provedenii boevy`x dejstvij, utverzhdenij Prikazom Ministerstva stroitel'stva i zhilishhno-

kommunal'nogo khozyajstva DNR ot 30.04.2015 g. No.1". [About modification of the Temporary order of performance of the preparatory, recovery, construction works, inclusion in operation finished with construction of facilities and the objects which were injured when conducting fighting, the approved Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the DPR of 30.04.2015 No. 1]. URL:<https://minstroy-dnr.ru/177-npa-ot-10.11.2022g.-o-vnesenii-izmenenij-vo-vremennyj-poryadok-vypolneniya> (available on 10.03.2023).

12. Vremennyj poryadok vy`polneniya vosstanovitel'ny`x, stroitel'ny`x rabot, priema v e`kspluataciyu zakonchenny`x stroitel'stvom ob`ektov i ob`ektov, postradavshix pri provedenii boevy`x dejstvij (utverzhen Prikazom Ministerstva stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo khozyajstva Doneczkoj Narodnoj Respubliki 30 aprelya 2015g. No.1). [Temporary order of performance of the recovery, construction works, inclusion in operation finished with construction of facilities and the objects which were injured when conducting fighting]. URL:https://minstroy-dnr.ru/assets/doc/prikazy/PrikazMinSroy_N1npa_30042015.pdf (available 10.03.2023)

13. Postanovlenie Soveta Ministrov Doneczkoj Narodnoj Respubliki ot 06.11.2017 g. No.14-39 «Ob utverzhdenii Vremennogo polozheniya ob arxitekturno-stroitel'noj deyatel'nosti v Doneczkoj Narodnoj Respublike». [About the adoption of Provisional regulations for architectural and construction activity in the Donetsk People's Republic] [E`lektronnyj resurs]. URL:<https://minstroy-dnr.ru/14-39-ot-06.11.2017-ob-utverzhdenii-vremennogo-polozheniya-ob-arxitekturno-stroitelnoj-deyatelnosti> (available on 10.03.2023).

14. "Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii". Federal'nyj zakon ot 29.12.2004 No.190-FZ. [Town Planning Code of the Russian Federation]. URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (available on 10.03.2023).

15. Topchy D. V., Murya V. A., Valitova Yu. R. Training of Specialists in Control and Supervisory Activities for Construction in New Russian Territories. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2023, no. 7, pp. 64-69. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2023.07.64-69

Информация об авторах:

Мущанов Владимир Филиппович

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, Россия, доктор технических наук, профессор, проректор.

E-mail: mvf@donnasa.ru

Югов Анатолий Михайлович

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, Россия, доктор технических наук, профессор, заведующий – профессор кафедры «Технология и организация строительства».

E-mail: amyrus@mail.ru

Information about author:

Mushchanov Vladimir F.

Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Russia, doctor of technical sciences, professor, Vice-Rector.

E-mail: mvf@donnasa.ru

Yugov Anatoly M.

Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Russia, doctor of technical sciences, professor, head – professor of the department «Technology and Organization of Construction».

E-mail: amyrus@mail.ru

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 сверху – 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. Орел, 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. Орел, ул. Московская, 77.
+79065704999
<http://oreluniver.ru/science/journal/sir>
E-mail: str_and_rek@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции.
Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор О.В. Юрова
Компьютерная верстка О.В. Юрова

Подписано в печать 24.08.2023 г.
Дата выхода в свет 19.09.2023 г.
Формат 70×108/16. Печ. л. 9,4
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 202

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