

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

ISSN 2073-7416

BUILDING AND RECONSTRUCTION

№3 (107) 2023

Теория инженерных сооружений.
Строительные конструкции

The theory of engineering
constructions. Construction
design

Безопасность зданий
и сооружений

Building and structure
safety

Архитектура
и градостроительство

Architecture
and urban development

Строительные материалы
и технологии

Building materials
and technology



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

Главный редактор:

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

Заместители главного редактора:

Гордон В.А., *советник РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*

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)*

Редакция:

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

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

Бок Т., *д-р техн. наук, проф. (Германия)*

Булгаков А.Г., *д-р техн. наук, проф. (Германия)*

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

Емельянов С.Г., *чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. (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)*

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

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

Серник И.Н., *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 объединенному каталогу «Пресса России»
на сайтах www.ppressa-ru.ru и www.akc.ru

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2023

Содержание

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

- Курнавина С.О., Цацулин И.В.** Особенности деформирования сечений изгибаемых железобетонных элементов при действии нагрузок большой интенсивности 3
- Надольский В.В.** Статистические характеристики погрешности численных моделей несущей способности для стальных элементов 17
- Трошин М.Ю., Турков А.В.** Влияние шага поперечных слоев на деформативность и распределение напряжений в пятислойных плитах древесины перекрестно-клееной 35
- Шапошникова Ю.А., Кузнецов В.С.** Влияние конструктивных и технологических факторов на показатели поперечного армирования железобетонных балок 42

Безопасность зданий и сооружений

- Федоров В.С., Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н., Терехов И.А.** Критерии для оценки категории технического состояния железобетонных колонн, ригелей, балок и ферм 58
- Федорова Н.В., Савин С.Ю., Колчунов В.И., Московцева В.С., Амелина М.А.** Конструктивная система быстровозводимого здания из индустриальных панельно-рамных элементов 70

Архитектура и градостроительство

- Бакаева Н.В., Романов Н.А.** Социально-диагностическое исследование проблемы формирования историко-культурных ландшафтов (на примере города Суздаль) 82
- Волыченко О.В., Литягина А.В.** Мультикомфортная среда в архитектуре быстровозводимых зданий 96
- Морозова Л.В., Енин А.Е.** Структура агломераций как онтологическая основа территориального планирования 111
- Шеина С.Г., Федоровская А.А.** Исследование влияния возобновляемых источников энергии на экологический потенциал территории субъекта РФ 122

Строительные материалы и технологии

- Крутских А.В., Петропавловская В.Б., Петропавловский К.С., Новиченкова Т.Б.** Модифицированные цементные бетоны с дискретным армированием 131

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)

Emelyanov S.G., doc. sc. tech., prof. (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)

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

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

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

Serpik I.N., 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:

ПИ №ФС 77-67169 from 16.09.2016 r.

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

© Orel State University, 2023

Contents

Theory of engineering structures.

Building units

- Kurnavina S.O., Tsatsulin I.V.** Features of sections deformation of bend reinforced concrete elements under loads of high intensity..... 3
- Nadolski V.V.** Statistical characteristics of the numerical model uncertainties for steel elements..... 17
- Troshin M.Y., Turkov A.V.** The effect of the step of transverse layers on the deformability and stress distribution in five-layer slabs of clt-panels..... 35
- Shaposhnikova Yu.A., Kuznetsov V.S.** Influence of structural and technological factors on indicators of transversal reinforcement of reinforced concrete beams..... 42

Building and structure safety

- Fedorov V.S., Trekin N.N., Kodysch E.N., Terekhov I.A.** Criteria for assessing the category of technical condition of reinforced concrete columns, crossbars, beams and trusses..... 58
- Fedorova N.V., Savin S.Yu., Kolchunov V.I., Moskovtseva V.S., Amelina M.A.** Building structural system made of industrial frame-panel elements..... 70

Architecture and town-planning

- Bakaeva N.V., Romanov N.A.** Socio-diagnostic research of the problem of the formation of historical and cultural landscapes (on the example of the city of Suzdal)..... 82
- Volichenko O.V., Lityagina A.V.** Multi-comfort environment in the architecture of pre-restructured buildings..... 96
- Morozova L.V., Enin A.E.** Structure of agglomerations as ontological basis of territorial planning..... 111
- Sheina S.G., Fedorovskaya A.A.** Study for the impact of renewable energy sources on the environmental potential of the territory of the russian federal subject..... 122

Construction materials and technologies

- Krutskikh A.V., Petropavlovskaya V.B., Petropavlovskii K.S., Novichenkova T.B.** Modified cement concrete with discrete reinforcement..... 131

С.О. КУРНАВИНА¹, И.В. ЦАЦУЛИН²

¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

²ООО «Институт «Мосинжпроект», г. Москва, Россия

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЕЧЕНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗОК БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

***Аннотация.** Многие здания подвергаются особым я нагрузкам большой интенсивности. При расчете железобетонных конструкций, как на особые нагрузки аварийного характера, так и на сейсмические воздействия, в них уже на стадии проектирования предполагается развитие пластических деформаций в арматуре. Проведены экспериментальные исследования влияния пластических деформаций арматуры на напряженно-деформированное состояние нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов. По результатам эксперимента установлено, что гипотеза плоских сечений соблюдается не во всех случаях. Более точной является аппроксимация эпюры деформаций по высоте сечения билинейной зависимостью, характер которой меняется в процессе нагружения, т.е. гипотеза билинейных сечений. Определена зависимость коэффициента A гипотезы билинейных сечений от коэффициента пластичности по деформациям арматуры для балок с одиночным и симметричным армированием по результатам численных расчетов в конечно элементном программном комплексе Abaqus. Проведено сравнение полученных численных результатов с экспериментальными данными, которое показало их удовлетворительную сходимость. Максимальное отклонение не превышает 13 %. Дана оценка влияния коэффициента гипотезы билинейных сечений на величину предельного коэффициента пластичности по кривизне, соответствующего началу разрушения бетона сжатой зоны.*

***Ключевые слова:** пластические деформации, геометрическая гипотеза, особые воздействия.*

S.O. KURNAVINA¹, I.V. TSATSULIN²

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

²Mosinzhproekt Institute LLC, Moscow, Russia

FEATURES OF SECTIONS DEFORMATION OF BEND REINFORCED CONCRETE ELEMENTS UNDER LOADS OF HIGH INTENSITY

***Abstract.** Many buildings are exposed to special effects of high intensity. When calculating reinforced concrete constructions both for special emergency loads and for seismic loads, the development of plastic strains in reinforcement is supposed just at the design stage. The experimental investigation of plastic deformations influence of the stress-strain state of normal sections of bending reinforced concrete elements has been made. According to the results of experiments, it has been found, that the hypothesis of plane sections is not observed in all cases. The approximation of deformations graph along the cross-section height by the bilinear function, variable during the load process, i.e. hypothesis of bilinear sections, is more accurate. The dependence of coefficient A of the hypothesis of bilinear sections on the coefficient of plasticity for reinforcement deformations has been determined based on the results of numerical calculations of beams with symmetric reinforcement and beams without compressed reinforcement in a finite element software package Abaqus. The comparison of obtained numerical results with experimental data has been made, which has shown their satisfactory*

convergence. The maximum deviation does not exceed 13 %. The assessment of influence of coefficient of hypothesis of bilinear sections on the limit value of coefficient of plasticity for curvature, corresponding to the beginning of the destruction of compressed area of concrete is given.

Keywords: *plastic strains, geometric hypothesis, special effects.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bermejo M., Goicolea J.M., Gabaldon F., Santos A. Impact and explosive loads on concrete buildings using shell and beam type elements, COPDYN 2011, 3rd ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamic and Earthquake Engineering // Corfu, Greece, 2011. Pp. 1-14.
2. Невская Е. Основные методы оценки параметров взрывных волн при аварийных взрывах. Принципы проектирования взрывоустойчивых зданий и сооружений // Безопасность труда в промышленности. 2017. № 9. С. 20-29.
3. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С., Забегаев А.В. Расчет конструкций на динамические специальные нагрузки. М: Высшая школа, 1992. 319 с.
4. Бирбрайер А.Н., Роледер А.Ю. Экстремальные воздействия на сооружения // Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета. 2009. 587 с.
5. Расторгуев Б.С., Плотников А.И., Хуснутдинов Д.З. Проектирование зданий и сооружений при аварийных взрывных воздействиях. Москва: АСВ, 2007. 152 с.
6. Anderson S., Karlsson H. Structural response of reinforced concrete beams subjected to explosions // Gothenburg, Sweden: Chalmers University of technology. 2012. 236 p.
7. Ванус Д.С. К оценке безопасности железобетонных плит, опертых по контуру при действии особой динамической нагрузки в виде мгновенного импульса // Технология текстильной промышленности. 2018. № 2. С. 233-238.
8. Расторгуев Б.С., Ванус Д.С. Оценка безопасности железобетонных конструкций при чрезвычайных ситуациях техногенного характера // Строительство и реконструкция. 2014. № 6. С. 83-89.
9. Шульгин В.Н., Ларионов В.И. Динамический расчет изгибаемых конструкций защитных сооружений в пластической стадии // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2007. № 4. С. 31-34.
10. СП 88.13330.2014 «Защитные сооружения гражданской обороны. Актуализированная редакция СНиП II-11-77*». ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) и ОАО «ЦНИИПромзданий», Москва, 2014.
11. Радайкин О.В. Теоретические основы диаграммного метода расчета стержневых элементов из армированного бетона // Строительство и реконструкция. 2020. № 6. С. 26-42.
12. Жарницкий В.И., Беликов А.А., Курнавина С.О. Экспериментальные исследования сопротивления железобетонных балок перерезывающей силе // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 3. С. 18-20.
13. Крылов А.С. Прочность железобетонных балок с жесткой арматурой из высокопрочных бетонов: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.23.01 / Крылов Алексей Сергеевич; [АО НИЦ «Строительство»]. Москва, 2019. 23 с.
14. Garnitstky V.I., Golda Yu.L., Kurnavina S.O. The evaluation of the seismic resistance of buildings and their constructions based on the dynamic calculation with regard to the elastic-plastic deformations of materials” in *Earthquake-resistant construction. Safety of structures* (Russian Association for Earthquake-Resistant Construction and Protection from Natural and Man-made Impacts (RUSS), Moscow: 1999). Vol. 4. Pp. 7-8.
15. Жарницкий В.И., Забегаев А.В. Развитие теории сейсмостойкости железобетонных конструкций // Бетон на рубеже третьего тысячелетия: сб. докладов 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона. Т.2. М: 2001. С. 665-658.
16. Курнавина С.О., Цацулин И.В. Влияние пластических деформаций на высоту несомкнутой остаточной трещины в сжатой зоне бетона // Строительство и реконструкция. 2020. № 5(91). С. 13-21. doi:10.33979/2073-7416-2020-91-5-13-21
17. Kurnavina S.O., Tsatsulin I.V. The influence of open cracks in compressed area of concrete on behaviour of bending elements of frame buildings under special alternating loads// Journal of Physics: Conference Series : International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis 2019, MMSA 2019, Moscow, 13–15 ноября 2019 года. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012037. doi:10.1088/1742-6596/1425/1/012037
18. Kabanzev O., Mitrovic B. Deformation and power characteristics monolithic reinforced concrete systems in the mode of progressive collapse / MATEC Web of Conferences 251, 02047 (2018) IPICSE-2018-<https://doi.org/10.1051/mateconf/201825102047>
19. Кабанцев О.В., Усеинов Э.С., Шарипов Ш. О методике определения коэффициента допускаемых повреждений сейсмостойких конструкций // Вестник ТГАСУ. 2016. № 2. С. 117-129.

REFERENCES

1. Bermejo M., Goicolea J.M., Gabaldon F. A. Santos «Impact and explosive loads on concrete buildings using shell and beam type elements», COPDYN 2011, 3rd ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamic and Earthquake Engineering // Corfu, Greece, 2011. Pp. 1-14.
2. Nevskaya E. Osnovniye otsenki parametrov vzrивnich voln pri avariynikh vzrивach // Bezopasnost truda v promyshlennosti. 2017. No. 9. Pp. 20-29.
3. Popov N.N., Ratoguyev B.S., Zabegayev A.V. «Raschet konstruktsiy na dinamicheskiye nagruzki». Moscow: Visshaya shkola, 1992. 319 p. (rus)
4. Birbrayer A.N., Roleder A.Iu. Tkstremal'niyy vozdeystviya na sooruzheniya. Saint Petersburg: Izdatel'stvo Politekhnicheskogo universiteta, 2009. 587 p. (rus)
5. Ratoguyev B.S., Plotnikov A.I., Husnutdinov D.Z. Proektirovaniye zdaniy I sooruzheniy pri avariynikh vzrивnich vozdeystviyach. Moscow: ASV, 2007. 152 p. (rus)
6. Anderson S., Karlsson H. Structural response of reinforced concrete beams subjected to explosions. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of technology, 2012. 236 p. (eng)
7. Vanus D.S. K otsenke bezopasnosti zhelezobetonnykh plit, opertykh po konturu pri deystvii osoboy dinamicheskoy nagruzki v vide mgnovennogo impul'sa // Textile industry technology. 2018. No. 2. Pp. 233-238.
8. Ratoguyev B.S., Vanus D.S. Otsenka bezopasnosti zhelezobetonnykh konstruktsiy pri chrezvychaynykh situatsiyakh tekhnogennogo kharaktera // Building and Reconstruction. 2014. No. 6. Pp. 83-89.
9. Shul'gin V.N., Larionov V.I. Dinamicheskiy raschet izgibaemikh konstruktsiy zashchitnykh sooruzheniy v plasticheskoy stadii // Construction mechanics of engineering structures and structures. 2007. No. 4. Pp. 31-34.
10. SP 88.13330.2014 «Zashchitniye sooruzheniya grazhdanskoy oborony. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIP II-11-77*». FGBU VNII GOCHS (FC), Moscow, 2014
11. Radaykin O.V. Teoreticheskiye osnovy diagrammnogo metoda rascheta sterzhnevnykh elementov iz armirovannogo betona // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2020. No. 6. Pp. 26-42.
12. Garnitsky V.I., Belikov A.A., Kurnavina S.O. Eksperimentalniye issledovaniya soprotivleniya gelezobetonnykh balok pererezivayushey sile // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2011. No. 3. Pp. 18-20.
13. Krylov A.S. Prochnost' zhelezobetonnykh balok s zhestkoy armaturoy iz vysokoprochnykh beronov: abstract of the dissertation of the Candidate of technical sciences: 05.23.01 / [AO NITS «Construction»]. Moscow, 2019. 23 p.
14. Garnitsky V.I., Golda Yu.L., Kurnavina S.O. The evaluation of the seismic resistance of buildings and their constructions based on the dynamic calculation with regard to the elastic-plastic deformations of materials" in *Earthquake-resistant construction. Safety of structures* (Russian Association for Earthquake-Resistant Construction and Protection from Natural and Man-made Impacts (RUSS), Moscow: 1999). Vol. 4. Pp. 7-8.
15. Garnitsky V.I., Zabegayev A.V. Razvitie teorii seismostoykosti gelezobetonnykh konstruktsiy // Proceedings of the I All Russian Conference on concrete and reinforced concrete. Moscow, 2001. Vol. 2. Pp. 655-658.
16. Kurnavina S.O., Tsatsulin I.V. Vliyaniye plasticheskikh deformatsiy na vysotu nesomknutoy ostatochnoy treshchiny v szhatoy zone betona // Building and Reconstruction. 2020. No. 5(91). Pp. 13-21. doi:10.33979/2073-7416-2020-91-5-13-21
17. Kurnavina S.O., Tsatsulin I.V. The influence of open cracks in compressed area of concrete on behaviour of bending elements of frame buildings under special alternating loads // Journal of Physics: Conference Series : International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis 2019, MMSA 2019, Moscow, 13–15 ноября 2019 года. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012037. doi:10.1088/1742-6596/1425/1/012037
18. Kabanzev O., Mitrovic B. Deformation and power characteristics monolithic reinforced concrete systems in the mode of progressive collapse / MATEC Web of Conferences 251, 02047 (2018) IPICSE-2018-<https://doi.org/10.1051/mateconf/201825102047>
19. Kabantsev O.V., Useinov E.S., Sharipov S. O metodike opredeleniya koeffitsienta dopuskayemikh povregdeniy seismostoykikh konstruktsiy [Determination of allowable damage factor of antiseismic structures] // Vestnik TGASU, 2016. No. 2. Pp. 117-126.

Информация об авторах:

Курнавина Софья Олеговна

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: sofyK@yandex.ru

Цацулин Илья Владимирович

ООО «Институт «Мосинжпроект», г. Москва, Россия, руководитель группы.

E-mail: ilya.vladimirovich.t@mail.ru

Information about authors:

Kurnavina Sofya Ol.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, candidate of technical sciences, docent, associate professor of the department of reinforced concrete and stone structures.

E-mail: sofyK@yandex.ru

Tsatsulin Ilya Vladimirovich

Mosinzhproekt Institute LLC, Moscow, Russia, team leader.

E-mail: ilya.vladimirovich.t@mail.ru

В.В. НАДОЛЬСКИЙ¹

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

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОГРЕШНОСТИ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. Применение численных моделей для оценки несущей способности и эксплуатационной пригодности как новых, так и существующих строительных конструкций является одним из наиболее важных достижений последних десятилетий для инженеров-строителей. Численная модель, как и любая другая модель, обладает погрешностью, которую необходимо установить и учесть при обеспечении проектной (конструкционной) надёжности конструкций. При этом статистические характеристики погрешности численных моделей остаются наименее изученными. Целью исследования является развитие и научное обоснование проектирования на основе численных моделей несущей способности. Объектом исследования являются параметры численных моделей и статистические характеристики погрешности (неопределённости) численного результата. Основные задачи тематического исследования включают (i) анализ чувствительности несущей способности от вариаций параметров численных моделей, (ii) верификацию параметров численных моделей на основе экспериментальных данных и (iii) вычисление статистических характеристик погрешности численной модели, предполагаемых в дальнейшем к использованию при развитии формата безопасности и нормировании значений частных коэффициентов надёжности.

Ключевые слова: численная модель несущей способности, формат безопасности, надёжность, неопределённость, погрешность моделирования, метод конечных элементов.

V.V. NADOLSKI¹

¹Brest State Technical University, Brest, Belarus

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE NUMERICAL MODEL UNCERTAINTIES FOR STEEL ELEMENTS

Abstract. The use of numerical models to assess the resistance (load bearing capacity) and serviceability of new and existing structures is one of the most important achievements of recent decades for civil engineers. The numerical model, like any other model, has uncertainties that need to be established and taken into account when ensuring the structural reliability. At the same time, the statistical characteristics of the uncertainty of numerical models remain the least studied. The purpose of the study is to develop and scientifically substantiate the design based on numerical models of load-bearing capacity. The object of the study is the parameters of numerical models and statistical characteristics of the uncertainty of the numerical result. The main objectives of the case study include: (i) analysis of the sensitivity of the results from variations in the parameters of numerical models; (ii) verification of the parameters of numerical models based on experimental data; (iii) calculation of statistical characteristics of the uncertainty of the numerical model, which are expected to be used in the future in the development of the safety format and the normalization of the values of partial reliability factors.

Keywords: numerical model of load-bearing capacity, safety format, reliability, uncertainty, modeling error, finite element method.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Graciano C., Ayestará, A. Steel plate girder webs under combined patch loading, bending and shear. *Journal of Constructional Steel Research*. 2013. Vol. 80. Pp. 202–212. doi:10.1016/j.jcsr.2012.09.018.
2. Kövesdi B., Alcaine J., Dunai L., Braun B. Interaction behaviour of steel I-girders Part I: Longitudinally unstiffened girders. *Journal of Constructional Steel Research*. 2014. Vol. 103. Pp. 327–343. doi:10.1016/j.jcsr.2014.06.018.
3. Kövesdi B., Alcaine J., Dunai L., Braun B. Interaction behaviour of steel I-girders; part II: Longitudinally stiffened girders. *Journal of Constructional Steel Research*. 2014. Vol. 103. Pp. 344–353. doi:10.1016/j.jcsr.2014.06.017.
4. Kövesdi B., Kuhlmann U., Dunai L. Combined shear and patch loading of girders with corrugated webs. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2010. Vol. 54(2). Pp. 79–88.
5. Seitz M. Tragverhalten längsversteifter Blechträger unter quergerichteter Krafteinleitung (Longitudinally stiffened girder webs subjected to patch loading). Institute for Structural Design. Universität Stuttgart. 2005.
6. Kovacevic S., Markovic N., Sumarac D., Salatic R. Influence of patch load length on plate girders. Part II: Numerical research. *Journal of Constructional Steel Research*. 2019. Vol. 158. P. 213–229. doi:10.1016/j.jcsr.2019.03.025.
7. Rogač M., Aleksić S., Lučić D. Influence of patch load length on resistance of I-girders. Part-II: Numerical research. *Journal of Constructional Steel Research*. 2021. Vol. 176. Pp. 106–138. doi:10.1016/j.jcsr.2020.106369.
8. Pavlović L., Detzel A., Kuhlmann U., Beg D. Shear resistance of longitudinally stiffened panels. Part I: Tests and numerical analysis of imperfections. *Journal of Constructional Steel Research*. 2007. Vol. 63(3). Pp. 337–350.
9. Nadolski V., Marková J., Podymako V., Sykora M. Pilot numerical analysis of resistance of steel beams under combined shear and patch loading. *Proceedings of conference Modelling in Mechanics 2022*, Technical University of Ostrava. 2021. Pp. 21–29.
10. Sinur F., Beg D. Moment–shear interaction of stiffened plate girders. Tests and numerical model verification. *Journal of Constructional Steel Research*. 2013. Vol. 85. Pp. 116–129. doi:10.1016/j.jcsr.2013.03.007.
11. Riahi F., Behravesh A., Fard M. Y., Armaghani A. Shear Buckling Analysis of Steel Flat and Corrugated Web I-girders. *KSCIE Journal of Civil Engineering*. 2018. Vol. 22(12). Pp. 5058–5073.
12. Estrada I., Real E., Mirambell E. General behaviour and effect of rigid and non-rigid end post in stainless steel plate girders loaded in shear. Part II: Extended numerical study and design proposal. *Journal of Constructional Steel Research*. 2007. Vol. 63. Pp. 985–996. doi:10.1016/j.jcsr.2006.08.0.
13. Ботян С.С., Жамойдик С.М., Кудряшов В.А., Олесюк Н.М., Писченков И.А. Оценка огнестойкости стальных строительных конструкций с учетом влияния теплообмена с примыкающими смежными конструкциями // *Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси*. 2021. Т. 5. № 3. С. 278–288. doi:10.33408/2519-237X.2021.5-3.278.
14. Надольский В.В. Расчет и конструирование фланцевого соединения элементов прямоугольного сечения, подверженных центральному растяжению. *Вестник Полоцкого государственного университета*. 2018. № 16. С. 121–130.
15. Саиян С.Г., Паушкин А.Г. Численное параметрическое исследование напряженно-деформированного состояния двутавровых балок с различными типами гофрированных стенок // *Вестник МГСУ*. 2021. Т. 16. № 6. С. 676–687.
16. Мартынов Ю.С., Надольский В.В., Верева Ф.А. Стеновые панели на основе кассетных профилей. Часть 1. Теоретические исследования // *Строительство и реконструкция*. 2019. № 4 (84). С. 26–37.
17. Афенченко Д. С., Петрова Ю. Н., Устинова М. Э., Олейникова Р.Е. Верификация аналитического расчёта несущей способности перфорированного стержня средствами конечно-элементного комплекса // *Вестник Керченского государственного морского технологического университета*. 2019. № 4. С. 118–129.
18. Надольский В.В. Неопределенности расчетных моделей сопротивления стальных конструкций // *Вестник Полоцкого государственного университета*. 2016. № 8. С. 66–72.
19. Sykora M., Marková J., Nadolski V. Application of Semi-Probabilistic Methods to Verification of Series System. *Transactions of the Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*. 2021. Vol. 21/2. Pp. 80–85. doi:10.35181/tces-2021-0018.
20. Тур В.В., Надольский В.В. Концепция проектирования строительных конструкций на основе численных моделей сопротивления // *Строительство и реконструкция*. 2022. № 6 (104). С. 78–90. doi:10.33979/2073-7416-2022-104-6-78-90.
21. Надольский В.В. Анализ расчетных моделей сопротивления локальной нагрузке стальных элементов // *Вестник БрГТУ*. 2016. № 1(97). С. 167–171.
22. Надольский В.В. Надежность стального элемента при потере местной устойчивости стенки // *Вестник МГСУ*. 2022. Т. 17. Вып. 5. С. 569–579. doi:10.22227/1997-0935.2022.5.569-579.
23. Braun B. Stability of steel plates under combined loading. *Mitteilungen. Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart*. 2010. 226 p.
24. Gozzi J. Patch loading resistance of plated girders - ultimate and serviceability limit state : Doctoral Thesis. Sweden, Luleå University of Technology. 2007.
25. Hansen T. Theory of Plasticity for Steel Structures - Solutions for Fillet Welds, Plate Girders and Thin Plates. Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Report No. R-146. 2006. 239 p.
26. Flores R. Resistance of Transversally Stiffened Hybrid Steel Plate Girders to Concentrated Loads: Doctoral Thesis. Barcelona, Polytechnic University of Catalonia. 2009. 221 p.

27. Basler K., Yen B. T., Mueller J. A. Web buckling tests on welded plate girders, Part 3: Tests on plate girders subjected to shear. WRC Bulletin 64, No. 165 (60-5), Paper 1689. 1960.
28. Lee S.C., Yoo C.H. Experimental Study on Ultimate Shear Strength of Web Panels. Journal of Structural Engineering. 1999. Vol. 125(8). Pp. 838–846. doi:10.1061/(ASCE)0733-9445(1999)125:8(838)
29. Roberts T.M. Combined Shear and Patch Loading of Plate Girders. J. Struct. Engrg, ASCE. 2000. Vol. 126. Pp. 316–321.
30. ТКП EN 1993-1-5:2009 (02250). Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-5. Пластинчатые элементы конструкций. Минск : МАиС, 2014. 51 с.
31. СНиП II-23-81* Стальные конструкции. Госстрой СССР. Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1991. 96 с.
32. ANSI/AISC-360-05. Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Construction, 2005. 256 p.
33. CAN/CSA-S16-01. Limit States Design of Steel Structures, Includes Update No. 1 (2010), Update No. 2 (2001). Mississauga, Ontario: Canadian Standards Association, 2009. 198 p.
34. Барышников М.П., Чукин М.В., Бойко А.Б. Анализ программных комплексов для расчета напряженно-деформированного состояния композиционных материалов в процессах обработки давлением // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. ГИ Носова. 2012. № 4. С. 72–74.
35. Riks E. An incremental approach to the solution of snapping and buckling problems. International Journal of Solids Structures. 1979. No. 15. Pp. 529–551.
36. Надольский В.В., Вихляев А.И. Оценка несущей способности балок с гофрированной стенкой методом конечных элементов при действии локальной нагрузки // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 6. С. 693-706. doi:10.22227/1997-0935.202.
37. Надольский В.В., Подымако В.И. Оценка несущей способности стальной балки методом конечных элементов при совместном действии локальных и сдвиговых усилий // Строительство и реконструкция. 2022. № 2 (100). С. 26–43.
38. Tryland T. Steel girders subjected to concentrated loading – validation of numerical simulations. J. Constr. Steel Res. 1999. Vol. 50. Pp. 199–216.
39. BSK. Boverkets Handbok om Stålkonstruktioner, BSK 07, November 2007.
40. Yun X., Gardner L. Stress-strain curves for hot-rolled steels. J. Construct. Steel Res. 2017. Vol. 133. Pp. 36–46.
41. Estrada I. Shear design of stainless steel plate girders. Doctoral thesis. Barcelona (Spain). Department of Construction Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya; 2005.
42. Roberts T.M. Slender plate girders subjected to edge loading. Proc Inst Civ Eng. 1981. Vol. 2(71). P. 805-819.
43. D'apice M., Fielding D., Cooper P. Statics tests on longitudinally stiffened plate girders. Welding Research Council. (Bulletin No. 117). 1966.
44. Cooper P., Lew B., Yen B. Welded constructional alloy steel plate girder. Journal of the Structural Division-ASCE. 1964. Vol. 90(1). Pp. 1–36.
45. Nishino F., Okumura T. Experimental investigation of strength of plate girders in shear. Congress AIPC New York. 1968. Pp. 451–463.
46. Dubas P., Tschamper H. Stabilité des âmes soumises a une charge concentrée et a une flexion globale. Construction Metallique. 1990. Vol. 27(2). Pp. 25–39.
47. Roberts T.M., Shahabian F. Ultimate resistance of slender web panels to combined bending shear and patch loading. Journal of Constructional Steel Research. 2001. Vol. 57(7). Pp. 779-790.
48. COMBRI. Competitive Steel and Composite Bridges by Improved Steel Plated Structures. Final Report, RFCS research project RFS-CR-03018, 2007.
49. Glassman D. A compression model for ultimate postbuckling shear strength. Thin-Walled Structures. 2016. Vol. 102. Pp. 258-272. doi:10.1016/j.tws.2016.01.016.
50. Bergfeldt A., Hovik J. Thin-walled deep plate girders under static loads. Proceedings of the IABSE Colloquium, New York. 1968. Vol. 8. Pp. 465-478.
51. Kamtekar A.G. Tests on Hybrid Plate Girders. Report No. CUED/C-Struct/TR28, Cambridge University, Cambridge, 1972.
52. Rockey K.C. The ultimate load behaviour of plate girders loaded in shear. Structural Engineers. 1972. Vol. 50(1). Pp. 29-48.
53. Evans H.R., Rockey K.C., Porter D.M. Tests on longitudinally reinforced plate girders subjected to shear. Proceedings of Conference on Structural Stability, Liege. 1977.
54. Narayanan R., Rockey K.C. Ultimate load capacity of plate girders with webs containing circular cut-outs. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. 1981. Vol. 71. Pp. 845–862.
55. Sakai F. Failure tests of plate girders using large-sided models. University of Tokyo, Department of Civil Engineering, Structural Engineering Report, Tokyo. 1966.
56. Moon J. Shear strength and design of trapezoidally corrugated steel webs. Journal of Constructional Steel Research. 2009. Vol. 65(5). Pp. 1198-1205.
57. Driver R. G., Abbas H. H., Sause R. Shear behavior of corrugated web bridge girders. J. Struct. Eng. ASCE. 2006. Vol. 132(2). Pp. 195-203. doi:10.1061/(ASCE)0733-9445(2006)132:2(195).

REFERENCES

1. Graciano C., Ayestará, A. Steel plate girder webs under combined patch loading, bending and shear. *Journal of Constructional Steel Research*. 2013. Vol. 80. Pp. 202–212. doi:10.1016/j.jcsr.2012.09.018.
2. Kövesdi B., Alcaine J., Dunai L., Braun B. Interaction behaviour of steel I-girders Part I: Longitudinally unstiffened girders. *Journal of Constructional Steel Research*. 2014. Vol. 103. Pp. 327–343. doi:10.1016/j.jcsr.2014.06.018.
3. Kövesdi B., Alcaine J., Dunai L., Braun B. Interaction behaviour of steel I-girders; part II: Longitudinally stiffened girders. *Journal of Constructional Steel Research*. 2014. Vol. 103. Pp. 344–353. doi:10.1016/j.jcsr.2014.06.017.
4. Kövesdi B., Kuhlmann U., Dunai L. Combined shear and patch loading of girders with corrugated webs. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2010. Vol. 54(2). Pp. 79–88.
5. Seitz M. Tragverhalten längsversteifter Blechträger unter quergerichteter Krafteinleitung (Longitudinally stiffened girder webs subjected to patch loading). Institute for Structural Design. Universität Stuttgart. 2005.
6. Kovacevic S., Markovic N., Sumarac D., Salatic R. Influence of patch load length on plate girders. Part II: Numerical research. *Journal of Constructional Steel Research*. 2019. Vol. 158. Pp. 213–229. doi:10.1016/j.jcsr.2019.03.025.
7. Rogać M., Aleksić S., Lučić D. Influence of patch load length on resistance of I-girders. Part-II: Numerical research. *Journal of Constructional Steel Research*. 2021. Vol. 176. Pp. 106–138. doi:10.1016/j.jcsr.2020.106369.
8. Pavlović L., Detzel A., Kuhlmann U., Beg D. Shear resistance of longitudinally stiffened panels. Part 1: Tests and numerical analysis of imperfections. *Journal of Constructional Steel Research*. 2007. Vol. 63(3). Pp. 337–350.
9. Nadolski V., Marková J., Podymako V., Sykora M. Pilot numerical analysis of resistance of steel beams under combined shear and patch loading. *Proceedings of conference Modelling in Mechanics 2022*, Technical University of Ostrava. 2021. Pp. 21–29.
10. Sinur F., Beg D. Moment–shear interaction of stiffened plate girders. Tests and numerical model verification. *Journal of Constructional Steel Research*. 2013. Vol. 85. Pp. 116–129. doi:10.1016/j.jcsr.2013.03.007.
11. Riahi F., Behraves A., Fard M. Y., Armaghani A. Shear Buckling Analysis of Steel Flat and Corrugated Web I-girders. *KSCIE Journal of Civil Engineering*. 2018. Vol. 22(12). Pp. 5058–5073.
12. Estrada I., Real E., Mirambell E. General behaviour and effect of rigid and non-rigid end post in stainless steel plate girders loaded in shear. Part II: Extended numerical study and design proposal. *Journal of Constructional Steel Research*. 2007. Vol. 63. Pp. 985–996. doi:10.1016/j.jcsr.2006.08.0.
13. Botyan S.S., ZHamojdik S.M., Kudryashov V.A., Olesiyuk N.M., Pischenkov I.A. Ocenka ognе-stojkosti stal'nyh stroitel'nyh konstrukcij s uchetom vliyaniya teploobmena s primykayushchimi smezh-nymi konstrukcijami [Assessment of fire resistance of steel building structures taking into account the influence of heat exchange with adjacent structures]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MCHS Belarusi*. 2021. T. 5. No. 3. Pp. 278-288. doi:10.33408/2519-237X.2021.5-3.278.
14. Nadol'skij V.V. Raschet i konstruirovaniye flancevogo soedineniya elementov pryamo-ugol'nogo secheniya, podverzhennyh central'nomu rastyazheniyu [Calculation and design of the flange connection of straight-angle cross-section elements subject to central tension]. *Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta*. 2018. No. 16. Pp. 121–130.
15. Saiyan S.G., Paushkin A.G. CHislennoe parametricheskoe issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya dvutavrovyyh balok s razlichnymi tipami gofrirovannyh stenok [Numerical parametric study of the stress-strain state of I-beams with various types of corrugated walls]. *Vestnik MGSU*. 2021. T. 16. No. 6. Pp. 676–687.
16. Martynov YU.S., Nadol'skij V.V., Verevka F.A. Stenovye paneli na osnove kassetnyh profilej. CHast' 1. Teoreticheskie issledovaniya [Wall panels based on cassette profiles. Part 1. Theoretical research. Construction and reconstruction]. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2019. No.4 (84). Pp. 26–37.
17. Afenchenko D. S., Petrova YU. N., Ustinova M. E., Olejnikova R.E. Verifikaciya analitichesko-raschyota nesushchej sposobnosti perforirovannogo sterzhnya sredstvami konechno-elementnogo kompleksa [Verification of the analytical calculation of the bearing capacity of a perforated rod by means of a finite element complex]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2019. No. 4. Pp.118–129.
18. Nadol'skij V.V. Neopredelennosti raschetnyh modelej soprotivleniya stal'nyh konstrukcij [Uncertainties of calculated models of resistance of steel structures]. *Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta*. 2016. No. 8. Pp. 66–72.
19. Sýkora M., Marková J., Nadolski V. Application of Semi-Probabilistic Methods to Verification of Series System. *Transactions of the Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*. 2021. Vol. 21/2. Pp. 80–85. doi:10.35181/tces-2021-0018.
20. Tur V.V., Nadol'skij V.V. Konceptiya proektirovaniya stroitel'nyh konstrukcij na osno-ve chislennyh modelej soprotivleniya [The concept of design of building structures based on numerical resistance models]. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2022. No. 6 (104). Pp.78-90. doi:10.33979/2073-7416-2022-104-6-78-90.
21. Nadol'skij V.V. Analiz raschetnyh modelej soprotivleniya lokal'noj nagruzke stal'nyh elementov [Analysis of calculated models of resistance to local load of steel elements]. *Vestnik BrGTU*. 2016. No. 1(97). Pp. 167–171.
22. Nadol'skij V.V. Nadezhnost' stal'nogo elementa pri potere mestnoj ustojchivosti stenki [Reliability of a steel element with loss of local wall stability]. *Vestnik MGSU*. 2022. T. 17. Vyp. 5. Pp. 569–579. doi:10.22227/1997-0935.2022.5.569-579.
23. Braun B. Stability of steel plates under combined loading. *Mitteilungen. Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart*. 2010. 226 p.

24. Gozzi J. Patch loading resistance of plated girders - ultimate and serviceability limit state : Doctoral Thesis. Sweden, Luleå University of Technology. 2007.
25. Hansen T. Theory of Plasticity for Steel Structures - Solutions for Fillet Welds, Plate Girders and Thin Plates. Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Report. No. R-146. 2006. 239 p.
26. Flores R. Resistance of Transversally Stiffened Hybrid Steel Plate Girders to Concentrated Loads : Doctoral Thesis. Barcelona, Polytechnic University of Catalonia. 2009. 221 p.
27. Basler K., Yen B.T., Mueller J.A. Web buckling tests on welded plate girders, Part 3: Tests on plate girders subjected to shear. *WRC Bulletin* 64. No. 165 (60-5) P. 1689. 1960.
28. Lee S.C., Yoo C.H. Experimental Study on Ultimate Shear Strength of Web Panels. *Journal of Structural Engineering*. 1999. Vol. 125(8). Pp. 838–846. Doi: 10.1061/(ASCE)0733-9445(1999)125:8(838)
29. Roberts T.M. Combined Shear and Patch Loading of Plate Girders. *J. Struct. Engrg, ASCE*. 2000. Vol. 126. Pp. 316–321.
30. ТКП EN 1993-1-5:2009 (02250). Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-5. Пластинчатые элементы конструкций. Минск : МАиС, 2014. 51 с.
31. СНиП II-23-81* Стальные конструкции. Госстрой СССР. Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. 96 с.
32. ANSI/AISC-360-05. Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Construction, 2005. 256 p.
33. CAN/CSA-S16-01. Limit States Design of Steel Structures, Includes Update No. 1 (2010), Update. No. 2 (2001). Mississauga, Ontario: Canadian Standards Association, 2009. 198 p.
34. Baryshnikov M.P., Chukin M.V., Bojko A.B. Analiz programnykh kompleksov dlya rascheta napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kompozitsionnykh materialov v processah obrabotki davle-niem [Analysis of software systems for calculating the stress-strain state of composite materials in pressure treatment processes]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. GI Nosova*. 2012. No. 4. Pp.72–74.
35. Riks E. An incremental approach to the solution of snapping and buckling problems. *International Journal of Solids Structures*. 1979. No.15. Pp. 529–551.
36. Nadol'skij V. V., Vihlyayev A.I. Ocenka nesushchej sposobnosti balok s gofirovannoj sten-koj metodom konechnyh elementov pri dejstvii lokal'noj nagruzki[Evaluation of the load-bearing capacity of beams with a corrugated wall by the finite element method under the action of a local load]. *Vestnik MGSU*. 2022. T. 17. Vyp. 6. Pp. 693–706. doi:10.22227/1997-0935.202.
37. Nadol'skij V.V., Podymako V.I. Ocenka nesushchej sposobnosti stal'noj balki metodom konechnyh elementov pri sovmestnom dejstvii lokal'nyh i sdvigovyh usilij[Evaluation of the bearing capacity of a steel beam by the finite element method under the combined action of local and shear forces]. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2022. No. 2 (100). Pp. 26–43.
38. Tryland T. Steel girders subjected to concentrated loading – validation of numerical simulations. *J. Constr. Steel Res*. 1999. Vol. 50. Pp. 199–216.
39. BSK. Boverkets Handbok om Stålkonstruktioner, BSK 07, November 2007.
40. Yun X., Gardner L. Stress-strain curves for hot-rolled steels. *J. Construct. Steel Res*. 2017. Vol. 133. Pp. 36–46.
41. Estrada I. Shear design of stainless steel plate girders. Doctoral thesis. Barcelona (Spain). Department of Construction Engineering, Universitat Polit'ecnica de Catalunya; 2005.
42. Roberts T. M. Slender plate girders subjected to edge loading. *Proc Inst Civ Eng*. 1981. Vol. 2(71). P. 805-819.
43. D'apice M., Fielding D., Cooper P. Statics tests on longitudinally stiffened plate girders. *Welding Research Council*. (Bulletin No. 117). 1966.
44. Cooper P., Lew B., Yen B. Welded constructional alloy steel plate girder. *Journal of the Structural Division-ASCE*. 1964. Vol. 90(1). Pp. 1–36.
45. Nishino F., Okumura T. Experimental investigation of strength of plate girders in shear. *Congress AIPC New York*. 1968. Pp. 451–463.
46. Dubas P., Tschamper H. Stabilité des âmes soumises a une charge concentrée et a une flexion globale. *Construction Metallique*. 1990. Vol. 27(2). Pp. 25–39.
47. Roberts T. M., Shahabian F. Ultimate resistance of slender web panels to combined bending shear and patch loading. *Journal of Constructional Steel Research*. 2001. Vol. 57(7). Pp. 779-790.
48. COMBRI. Competitive Steel and Composite Bridges by Improved Steel Plated Structures. Final Report, RFCS research project RFS-CR-03018, 2007.
49. Glassman D. A compression model for ultimate postbuckling shear strength. *Thin-Walled Structures*. 2016. Vol. 102. Pp. 258-272. doi:10.1016/j.tws.2016.01.016.
50. Bergfelt A., Hovik J. Thin-walled deep plate girders under static loads. *Proceedings of the IABSE Colloquium*, New York. 1968. Vol. 8. Pp. 465–478.
51. Kamtekar A.G. Tests on Hybrid Plate Girders. Report No. CUED/C-Struct/TR28, Cambridge University, Cambridge, 1972.
52. Rockey K.C. The ultimate load behaviour of plate girders loaded in shear. *Structural Engineers*. 1972. Vol. 50(1). Pp. 29–48.
53. Evans H.R., Rockey K.C., Porter D.M. Tests on longitudinally reinforced plate girders subjected to shear. *Proceedings of Conference on Structural Stability*, Liege. 1977.

54. Narayanan R., Rockey K. C. Ultimate load capacity of plate girders with webs containing circular cut-outs. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. 1981. Vol. 71. Pp. 845–862.
55. Sakai F. Failure tests of plate girders using large-sided models. University of Tokyo, Department of Civil Engineering, Structural Engineering Report, Tokyo. 1966.
56. Moon J. Shear strength and design of trapezoidally corrugated steel webs. *Journal of Constructional Steel Research*. 2009. Vol. 65(5). Pp. 1198-1205.
57. Driver R. G., Abbas H. H., Sause R. Shear behavior of corrugated web bridge girders. *J. Struct. Eng. ASCE*. 2006. Vol. 132(2). Pp. 195-203. doi:10.1061/(ASCE)0733-9445(2006)132:2(195).

Информация об авторе:

Надольский Виталий Валерьевич

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии строительного производства».
E-mail: nadolskiyv@mail.ru

Information about author:

Nadolski Vitali V.

Brest State Technical University, Brest, Belarus,
candidate of technical science (PhD), docent, associated professor of the department of Building constructions.
E-mail: nadolskiyv@mail.ru

М.Ю. ТРОШИН¹, А.В. ТУРКОВ¹

¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия

ВЛИЯНИЕ ШАГА ПОПЕРЕЧНЫХ СЛОЕВ НА ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЯТИСЛОЙНЫХ ПЛИТАХ ДРЕВЕСИНЫ ПЕРЕКРЕСТНО-КЛЕЕНОЙ

Аннотация. Рассматривается влияние шага поперечных слоев пятислойных плит из древесины перекрестно-клееной (CLT-панелей) на деформации и распределение возникающих нормальных и касательных напряжений в слоях конструкции. Исследования выполнены в вычислительном комплексе SCAD+ методом конечных элементов (МКЭ). В результате проведенного исследования получены, систематизированы и наглядно показаны зависимости прогиба и напряжений от варьирования шага поперечных ламелей перекрестно-клееной плиты, состоящей из 5 слоев. Выявлено, что при увеличении расстояний между ламелями в поперечных слоях увеличиваются прогибы и значительно возрастают нормальное напряжение вдоль пролёта. При этом, в среднем слое напряжение растет незначительно, что свидетельствует о том, что основную нагрузку при изгибе воспринимают верхние и нижние слои, работающие на сжатие и растяжение соответственно.

Ключевые слова: деревянные конструкции, CLT-панели, древесина, распределение напряжений, прогиб.

M.Y. TROSHIN¹, A.V. TURKOV¹

¹Orel state University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia

THE EFFECT OF THE STEP OF TRANSVERSE LAYERS ON THE DEFORMABILITY AND STRESS DISTRIBUTION IN FIVE-LAYER SLABS OF CLT-PANELS

Abstract. The influence of the step of the transverse layers of five-layer slabs of cross-glued wood (CLT panels) on the deformation and distribution of the resulting normal and tangential stresses in the layers of the structure is considered. The research was carried out in the SCAD+ computing complex by the finite element method (FEM). As a result of the conducted research, the dependences of deflection and stresses on the variation of the pitch of the transverse lamellae of a cross-glued plate consisting of 5 layers are obtained, systematized and clearly shown. It is revealed that with increasing distances between lamellae in transverse layers, deflections increase and the normal stress along the span increases significantly. At the same time, the stress increases slightly in the middle layer, which indicates that the upper and lower layers, working for compression and stretching, respectively, perceive the main load during bending.

Keywords: wooden structures, CLT-panels, wood, stress distribution, thickness, deflection.

© Трошин М.Ю., Турков А.В., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. М.: Лесная промышленность, 1978. 224 с.
 2. Крестьянникова А.Ю., Юминова М.О. Материалы и конструкции для строительства деревянных домов // Наука через призму времени. 2017. № 9. С. 42–51. URL: <http://naupri.ru/journal/465>
 3. Yinlan Shen, Schneider Johannes, Stierner Siegfried F., Xueyong Ren. Failure Modes and Mechanical Properties of Bracket Anchor Connections for Cross-Laminated-Timber // MATEC Web of Conferences 275. 2019. Pp. 1-7. doi:10.1051/mateconf/201927501011
- № 3 (107) 2023

4. Václav Sebera, Lech Muszyński, Jan Tippner, Melanie Noyel, Thomas Pisaneschi & Benjamin Sundberg. FE analysis of CLT panel subjected to torsion and verified by DIC / *Materials and Structures*. 2015. No. 48. Pp. 451-459. doi:10.1617/s11527-013-0195-1
5. ZiruiHuang, DongshengHuang, Ying-HeiChui, YurongShen, HosseinDaneshvar, BaoluSheng, ZhongfanChen. Modeling of Cross-Laminated Timber (CLT) panels loaded with combined out-of-plane bending and compression / *Engineering Structures*. 2022. V. 250. doi:10.1016/j.engstruct.2022.115262
6. Ioannis P. Christovasilis, Michele Brunetti, Maurizio Follesa, Michela Nocetti, Davide Vassallo. Evaluation of the Mechanical Properties of Cross Laminated Timber with Elementary Beam Theories compression // *Engineering Structures*. 2016. V. 122. Pp. 202-213. doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.06.082
7. Weidong Lu, Jiahui Gu, Bibo Wang. Study on Flexural Behavior of Cross-Laminated Timber Based on Different Tree Species // *Advances in Materials Science and Engineering*. 2019. V. 2019, Article ID 1728258. <https://doi.org/10.1155/2019/1728258>
8. Alexander Opazo-Vega, Franco Benedetti, Mario Nuñez-Decap, Nelson Maureira-Carsalade, Claudio Oyarzo-Vera. Non-Destructive Assessment of the Elastic Properties of Low-Grade CLT Panels // *Forests*. 2021. No. 12. <https://doi.org/10.3390/f12121734>
9. Gagnon S., Popovski M.. Structural Design of Cross-Laminated Timber Elements. In: Chapter 3, CLT Handbook. FPIInnovations. Québec, Québec, Canada. 2011.
10. Погорельцев А.А., Филимонов М.А., Смирнов П.Н. Определение прочностных и упругих характеристик древесины перекрестно клееной (ДПК/CLT) и классификация по классам прочности. М.: Научно-исследовательский центр "Строительство", 2020. 175 с.
11. Погорельцев А.А. Проведение исследований по определению несущей способности стеновых панелей и плит перекрытия из древесины перекрестно клееной (ДПК/CLT) и разработка методики расчета / А.А. Погорельцев, П.Н. Смирнов, М.А. Филимонов - М.: Научно-исследовательский центр "Строительство", 2020. 268 с.
12. Рогожина А.В. Расчет деформативности CLT-панели перекрытия // *Инженерный вестник Дона*. 2022. № 6. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_89__5_Rogozhina.pdf_10c4252bae.pdf
13. Филимонов М.А., Смирнов П.Н. Исследования прочностных и упругих характеристик плит из древесины перекрестно-клееной (ДПК/CLT) Российского производства // *Сейсмическое строительство. Безопасность сооружений*. 2022. № 2. С. 81-97. doi:10.37153/2618-9283-2022-2-81-97
14. Мамедов Ш.М., Шабикова Е.Г., Нижегородцев Д.В., Казакевич Т.Н. Методика расчета панелей из перекрестно-клееной древесины / *Вестник гражданских инженеров*. 2020. № 5(82). С. 66-71. doi:10.23968/1999-5571-2020-17-5-66-71
15. Бубис А.А., Гизятуллин И.Р., Хворова А.Н., Петров И.Ю. Особенности поведения древесины перекрестно-клееной (ДПК/CLT) при статических и динамических нагрузках, моделирующих сейсмические воздействия // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2022. № 2. С. 62-80. doi:10.37153/2618-9283-2022-2-62-80
16. Чебыкин А.А., Фрицлер Ю.А., Кудрявцев С.В. Определение расчетных характеристик сечений древесных клееных плит из перекрестных досок / *Академический вестник УралНИИпроект РААСН*. 2017. № 2. С. 83-85. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-raschetnyh-harakteristik-secheniy-drevesnyh-kleenyh-plit-iz-perekrestnyh-dosok/viewer>
17. Змеев М.В. Определение толщины перекрытия из перекрестно-клееных досок на примере CLT-плит Binderholz (Austria) из условия жесткости // *Инженерный вестник Дона*. 2020. № 11. URL:http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_35__10_Zmeev.pdf_91b8606af3.pdf
18. Щелокова Т.Н. Современные тенденции улучшения свойств древесины и деревянных строительных конструкций // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2018. № 6. С. 39-45. URL:<http://dSPACE.bstu.ru/bitstream/123456789/1514/1/6.%20Щелокова.pdf>

REFERENCES

1. Ashkenazi E.K. Anizotropiya drevesiny i drevesnyh materialov [Anisotropy of wood and wood materials]. М.: *Lesnaya promyshlennost'* [Forest industry], 1978. 224 p. (In Russian)
2. Krestyanikova A.Yu., Yuminova M.O. Materialy i konstrukcii dlya stroitel'stva derevyannyh domov [Materials and structures for the construction of wooden houses] // *Nauka cherez prizmu vremeni* [Science through the prism of time]. 2017. No. 9. С. 42-51. URL: <http://naupri.ru/journal/465>
3. Yinlan Shen, Schneider Johannes, Stiemer Siegfried F., Xueyong Ren. Failure Modes and Mechanical Properties of Bracket Anchor Connections for Cross-Laminated-Timber // *MATEC Web of Conferences* 275. 2019. Pp. 1-7. doi:10.1051/matecconf/201927501011

4. Václav Sebera, Lech Muszyński, Jan Tippner, Melanie Noyel, Thomas Pisaneschi & Benjamin Sundberg. *FE analysis of CLT panel subjected to torsion and verified by DIC // Materials and Structures*. 2015. No. 48. Pp. 451-459. doi:10.1617/s11527-013-0195-1
5. ZiruiHuang, DongshengHuang, Ying-HeiChui, YurongShen, HosseinDaneshvar, BaoluSheng, ZhongfanChen. Modeling of Cross-Laminated Timber (CLT) panels loaded with combined out-of-plane bending and compression // *Engineering Structures*. 2022. V. 250. doi:10.1016/j.engstruct.2022.115262
6. Ioannis P. Christovasilis, Michele Brunetti, Maurizio Follesa, Michela Nocetti, Davide Vassallo. Evaluation of the Mechanical Properties of Cross Laminated Timber with Elementary Beam Theories compression // *Engineering Structures*. 2016. V. 122. Pp. 202-213. doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.06.082
7. Weidong Lu, Jiahui Gu, Bibo Wang. Study on Flexural Behavior of Cross-Laminated Timber Based on Different Tree Species // *Advances in Materials Science and Engineering*. 2019. V. 2019, Article ID 1728258. <https://doi.org/10.1155/2019/1728258>
8. Alexander Opazo-Vega, Franco Benedetti, Mario Nuñez-Decap, Nelson Maureira-Carsalade, Claudio Oyarzo-Vera. Non-Destructive Assessment of the Elastic Properties of Low-Grade CLT Panels // *Forests*. 2021. No. 12. <https://doi.org/10.3390/f12121734>
9. Gagnon S., Popovski M. Structural Design of Cross-Laminated Timber Elements. In: Chapter 3, CLT Handbook. *FPInnovations. Québec*, Québec, Canada. 2011.
10. Pogorel'cev A.A. Opredelenie prochnostnyh i uprugih karakteristik drevesiny perekrestno kleenoy (DPK/CLT) i klassifi-kaciya po klassam prochnosti [Determination of strength and elastic characteristics of cross-glued wood (WPC/CLT) and classification by strength classes] / A.A. Pogorel'cev, M.A. Filimonov, P.N. Smirnov – M.: *Nauchno-issledovatel'skij centr "Stroitel'stvo"* [Scientific Research Center "Construction"], 2020. 175 p. (In Russian)
11. Pogorel'cev A.A. Provedenie issledovaniy po opredeleniyu nesushchej sposobnosti stenovyh panelej i plit perekrytiya iz drevesiny perekrestno kleenoy (DPK/CLT) i razrabotka metodiki rascheta [Conducting research to determine the bearing capacity of wall panels and floor slabs made of cross-glued wood (WPC/CLT) and developing a calculation methodology] / A.A. Pogorel'cev, P.N. Smirnov, M.A. Filimonov - M.: *Nauchno-issledovatel'skij centr "Stroitel'stvo"* [Scientific Research Center "Construction"], 2020. 268 p. (In Russian)
12. Rogozhina A.V. Raschet deformativnosti CLT-paneli perekrytiya [Calculation of the deformability of the CLT overlap panel] // *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don]. 2022, No. 6. URL:http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_89__5_Rogozhina.pdf_10c4252bae.pdf (In Russian)
13. Filimonov M. A., Smirnov P.N. Issledovaniya prochnostnyh i uprugih karakteristik plit iz drevesiny perekrestno-kleenoy (DPK/CLT) Rossijskogo proizvodstva [Research of strength and elastic characteristics of russian-made cross laminated timber slabs] // *Seismicheskoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij* [Earthquake engineering. Construction safety]. 2022, No. 2. 81-97. doi:10.37153/2618-9283-2022-2-81-97 (In Russian)
14. Mamedov SH.M, SHabikova E.G., Nizhegorodcev D.V., Kazakevich T.N. Metodika rascheta panelej iz perekrestno-kleenoy drevesiny [Method for calculating cross laminated timber panels] // *Vestnik grazhdanskij inzhenerov* [Bulletin of civil engineers]. 2020. No. 5(82). Pp. 66-71. doi:10.23968/1999-5571-2020-17-5-66-71 (In Russian)
15. Bubis A.A., Giziatullin I.R., Hvorova A.N., Petrov I.Yu. Osobennosti povedeniya drevesiny perekrystno-kleenoy (DPK/CLT) pri staticheskij i dinamicheskij nagruzkah, modeliruyushchih sejsmi-cheskie vozdejstviya [Peculiarities of behavior of cross-laminated timber (CLT) under static and dynamic loads simulating seismic impacts]. *Seismicheskoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij* [Earthquake engineering. Construction safety]. 2022. No. 2. Pp. 62-80. doi:10.37153/2618-9283-2022-2-62-80 (In Russian)
16. Chebykin A.A., Fricler YU.A., Kudryavcev S.V. Opredelenie raschetnyh karakteristik sechenij drevesnyh kleenych plit iz pere-krestnyh dosok [Evaluation of cross section design properties for plates from cross laminated timber] // *Akademicheskij vestnik UralNIIproekt RAASN* [Academic Bulletin of UralNIIproekt RAASN]. 2017. No. 2. Pp. 83-85. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-raschetnyh-harakteristik-secheniy-drevesnyh-kleenych-plit-iz-perekrestnyh-dosok/viewer> (In Russian)
17. Zmeev M.V. Opredelenie tolshchiny perekrytiya iz perekrestno-kleenych dosok na primere CLT-plit Binderholz (Austria) iz uslo-viya zhestkosti [Determination of the floor thickness of cross-glued boards on example of CLT-plates Binderholz (Austria)] // *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don]. 2020. No. 11. URL:http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_35__10_Zmeev.pdf_91b8606af3.pdf (In Russian)
18. Shchelokova T.N. Sovremennye tendencii uluchsheniya svojstv drevesiny i derevyannyh stroitel'nyh konstrukcij [Modern trends of improvement of wood properties and wood constructions] // *Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova* [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov]. 2018. No.6. 39-45. URL:<http://dspace.bstu.ru/bitstream/123456789/1514/1/6.%20Шchelokova.pdf> (In Russian)

Информация об авторах:

Трошин Михаил Юрьевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия,
аспирант кафедры строительных конструкций и материалов.

E-mail: mtr997@mail.ru

Турков Андрей Викторович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия,
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры строительных конструкций и материалов.

E-mail: aturkov@bk.ru

Information about authors:

Troshin Mikhail Yr.

Oryol state University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,
postgraduate student, of the department of Building Structures and Materials.

E-mail: mtr997@mail.ru,

Turkov Andrey V.

Oryol state University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,
doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department of Building Structures and Materials.

E-mail: aturkov@bk.ru

Ю.А. ШАПОШНИКОВА¹, В.С. КУЗНЕЦОВ¹¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПОПЕРЕЧНОГО АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Аннотация. В работе рассматривается влияние различных факторов на реальную длину хомутов при конструировании сечений линейных изгибаемых железобетонных элементов. Целью работы является определение степени влияния хомутов различной конфигурации, а также иных факторов, на длину хомута при различных размерах сечения линейного изгибаемого элемента. Полученные данные и зависимости позволяют получать наиболее эффективные решения армирования наклонных сечений минимальной стоимости. Расчетно-аналитический, основанный на анализе результатов расчетов при различных видах поперечного армирования, соотношения диаметров продольной и поперечной арматуры, величин защитного слоя, радиуса загиба хомута и размеров сечения. Предложено выражение для расчета действительной длины хомута в зависимости от размеров сечения, коэффициента армирования и толщины защитного слоя с учетом применяемых оправок. Получены графики, которые говорят об экономии длины хомута от 6,7-7,4%, при использовании рабочей арматуры Ø6, до 12,2-37,9%, при использовании рабочей арматуры Ø40, в диапазоне размеров сечения от 20×40 см до 55×80 см и при коэффициенте армирования $0,1\% \leq \mu \leq 3\%$. Проанализированы зависимости уменьшения прочности в условиях неточной привязки рабочей продольной арматуры к хомутам. Полученные данные говорят об уменьшении прочности нормальных сечений балок от 0,33% до 10,78%. В работе рассмотрено влияние различных факторов при конструировании сечений линейных изгибаемых элементов на реальную длину хомутов в соответствии с принятыми нормами. Представленная работа уточняет расход поперечной арматуры для ее наиболее экономичного использования.

Ключевые слова: железобетонная балка, оправка, поперечная арматура, прочность наклонных сечений, прочность нормальных сечений, рабочая высота сечения, хомут.

YU.A. SHAPOSHNIKOVA¹, V.S. KUZNETSOV¹¹Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

INFLUENCE OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS ON INDICATORS OF TRANSVERSAL REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE BEAMS

Abstract. The paper considers the influence of various factors on the actual length of clamps in the design of sections of linear bending reinforced concrete elements. The aim of the work is to determine the degree of influence of clamps of various configurations and other factors on the length of the clamp at various cross-sectional dimensions of a linear bending element. The obtained data and dependences make it possible to obtain the most effective solutions for reinforcing inclined sections with minimal cost. The calculation-analytical research method was used, based on the analysis of the results of calculations for various types of transverse reinforcement, the ratio of the diameters of the longitudinal and transverse reinforcement, the values of the protective layer, the radius of the bend of the clamp and the dimensions of the section. An expression is proposed for calculating the actual length of the clamp, depending on the dimensions of the section, the coefficient of reinforcement and the thickness of the protective layer, taking into account the mandrels used.

Graphs of the change in the length of the collar for various section sizes $b \times h$ from 20×40 cm to 55×80 cm and with a reinforcement coefficient of $0.1\% \leq \mu \leq 3\%$ have been obtained. The graphs show savings in the length of the clamp from 6.7-7.4%, when using working fittings $\varnothing 6$, to 12.2-37.9%, when using working fittings $\varnothing 40$. The dependencies of strength reduction under conditions of inaccurate binding of the working longitudinal reinforcement to the collars are analyzed. The data obtained indicate a decrease in the strength of normal sections of beams from 0.33% to 10.78%. The paper considers the influence of various factors in the design of the sections of linear bending elements on the actual length of the clamps in accordance with accepted standards. Thanks to the obtained data and dependences, it is possible to refine the consumption of transverse reinforcement in beams for its more economical use.

Keywords: mandrel, reinforced concrete beam, reinforcement clamp, strength of inclined sections, strength of normal sections, transverse reinforcement, working height of the section.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tamrazyan A.G., Alekseytsev A.V. Optimization of reinforced concrete beams under local mechanical and corrosive damage // Engineering Optimization. 2022. doi.org/10.1080/0305215X.2022.2134356
2. Chakrabarty B.K. Models for optimal design of reinforced concrete beams // Journal of Structural Engineering. 1992. Vol. 118. No. 11. doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1992)118:11(3238)
3. Coello C.C., Hernandez F.S. and Farrera F.A. Optimal design of reinforced concrete beams using genetic algorithms // Journal of Intelligent Learning Systems and Applications. 2014. Vol. 6. No. 4. doi.org/10.1016/S0957-4174(96)00084-X
4. Garstecki A., Glema A., Ścigała J. Optimal design of reinforced concrete beams and frames // Computer Assisted Mechanics and Eng. Sciences. 1996. No. 3 (3). Pp. 223-231.
5. Demby M., Ścigała J. Design aspects of the safe structuring of reinforcement in reinforced concrete bending beams // Modern building materials, structures and techniques, MBMST 2016. Procedia Engineering 172. 2017. Pp. 211-217. doi:10.1016/j.proeng.2017.02.051
6. Kuznetsov V.S., Shaposhnikova Y.A., Yandiev A.A. Selection of the optimal parameters of a reinforced concrete rectangular beam with single reinforcement // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. No. 962 (2): 022055. doi: 10.1088/1757-899X/962/2/022055
7. Jensen B.C. and Łapko A. On shear reinforcement design of structural concrete beams on the basis of theory of plasticity // Journal of Civil Engineering and Management. 2009. No. 15 (4). Pp. 395-403. doi.org/10.3846/1392-3730.2009.15.395-403
8. Minelli F. and Plizzari G.A. Shear design of FRC members with little or no conventional shear reinforcement // Ailor Made Concrete Structures – Walraven & Stoelhorst (eds). 2008. doi:10.1201/9781439828410.ch100
9. Балакай А.А., Цыганов М.В., Алейник Д.В., Дмитренко Е.А. Зависимость несущей способности наклонных сечений на действие поперечной силы от изменения длины проекции наклонного сечения // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2020. № 4 (144). С. 50-55.
10. Филатов В.Б., Арцыбасов А.С., Багаутдинов М.А., Гордеев Д.И., Кортунов А.И., Никитин Р.А. Анализ расчетных моделей при расчете прочности наклонных сечений железобетонных балок на действие поперечных сил // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Том 16. № 4-3. С. 642-645.
11. Снежкина О.В., Егинов Э.В., Ладин Р.А. Оценка влияния вертикальных хомутов на прочность железобетонных балок при действии поперечных сил // Региональная архитектура и строительство. 2014. № 3. С. 57-61. Силантьев А.С., Лучкин Е.А. Работа изгибаемых элементов по наклонным сечениям с экстремально малым пролетом среза // Бетон и железобетон. 2020. № 2 (602). С. 28-33.
13. Тихонов И.Н., Саврасов И.П. Исследование прочности железобетонных балок с арматурой класса А500 при действии поперечных сил // Жилищное строительство. 2010. № 9. С. 32-37.
14. Аксёнов Н.Б., Задорожная А.В., Трофимова В.М., Синицина Т.В., Назаров А.В. Исследование влияния отклонений положения рабочей арматуры от проектного на прочность безбалочных перекрытий // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2 [Электронный ресурс] URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_113_Aksionov.pdf_91646016dd.pdf (дата обращения: 05.01.2023).
15. Яковлев С.Н., Поздеев В.М. Исследование железобетонных многопустотных плит перекрытий с дефектом смещения рабочей арматуры путем натуральных испытаний // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2016. № 5. С. 89-92.
16. Campione G., Monaco A., Minafò G. Shear strength of high-strength concrete beams: Modeling and design recommendations // Engineering Structures. 2014. No. 69 (9). Pp. 116-122. doi:10.1016/j.engstruct.2014.02.029

17. Zhuowei Wang A., Yufeng Liao and Weilun Wang. Effect of longitudinal reinforcement ratio and effective depth on shear capacity of PVA fiber high strength RC beams // *Advances in engineering research (AER)*. 2nd International Conference on Material Science, Energy and Environmental Engineering (MSEEE 2018). 2018. Vol. 169. doi:10.2991/mseee-18.2018.52
18. Кузнецов В.С., Кузнецов А.В., Смирнов М.Н. Нормативные допуски как факторы риска снижения долговечности строительных объектов // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2005. № 5 (76). С. 80-81.
19. Кузнецов В.С., Прокуронова Е.А. Геометрические допуски как факторы риска снижения долговечности железобетонных элементов // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2006. № 7 (90). С. 22-23.
20. Корчагин О.П., Зонина С.В. О специфике расчётов изгибаемых железобетонных конструкций по наклонным сечениям // *Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация*. 2018. № 1 (77). С. 12-20.
21. Kuznetsov V., Shaposhnikova Y. The cost of flexible elements of a rectangular profile // XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021». *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol. 247. Pp. 33–40. doi:10.1007/978-3-030-80946-1_4
22. Kuznetsov V.S., Shaposhnikova Y.A. The structure of the content and cost of materials in bending reinforced concrete element with variable section height // *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2021. Vol. 151. Pp. 181–187. doi:10.1007/978-3-030-72910-3_26
23. Merta I., Kolbitsch A., Kravanja S. Cost optimization of reinforced concrete beams // *Conference: Sixth International Conference Concrete under Severe Conditions Environment & Loading*. At: Mérida. Yucatán. México. 2010. [Online]. URL: researchgate.net/publication/282132306_Cost_Optimization_of_Reinforced_Concrete_Beams (date of application: 05.01.2023).
24. Сутягин А.Е. Практический способ расчёта поперечной арматуры в балках // *Наука и безопасность*. 2012. № 4. С. 65-69.
25. Духанин П.В., Макшанов Н.Я. Определение допустимых технологий для осуществления поперечного армирования арматурного каркаса с учетом условий и факторов производства // *Ростовский научный журнал*. 2017. № 6. С. 301-307.
26. Радкевич А.В., Нетеса А.Н. Определение и ранжирование организационно-технологических факторов, обуславливающих рациональные решения соединения арматуры // *Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. 2017. № 3 (69). [Электронный ресурс]. URL: cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-i-ranzhirovanie-organizatsionno-tehnologicheskikh-faktorov-obuslovlivayuschih-ratsionalnye-resheniya-soedineniya/viewer (дата обращения: 05.01.2023).
27. Кузнецова С.В., Симаков А.Л., Рожков А.Н., Мамин Ю.А., Варнавская Т.В. Расчет отклонения поперечных сечений арматуры при автоматизированной гибке // *Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. Серія: Приладобудування. 2015. № 50 (2). С. 106-114.
28. Biswas L. How to calculate cutting length of stirrups in beam and colum. [Online]. *Civil Read*. 2018. URL: civilread.com/cutting-length-stirrups/ (date of application: 05.01.2023).

REFERENCES

1. Tamrazyan A.G., Alekseytsev A.V. Optimization of reinforced concrete beams under local mechanical and corrosive damage. *Engineering Optimization*. 2022. doi.org/10.1080/0305215X.2022.2134356
2. Chakrabarty B.K. Models for optimal design of reinforced concrete beams. *Journal of Structural Engineering*. 1992. Vol. 118. No. 11. doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1992)118:11(3238)
3. Coello C.C., Hernandez F.S. and Farrera F.A. Optimal design of reinforced concrete beams using genetic algorithms. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*. 2014. Vol. 6. No. 4. doi.org/10.1016/S0957-4174(96)00084-X
4. Garstecki A., Glema A., Ścigałło J. Optimal design of reinforced concrete beams and frames. *Computer Assisted Mechanics and Eng. Sciences*. 1996. No. 3 (3). Pp. 223-231.
5. Demby M., Scigałło J. Design aspects of the safe structuring of reinforcement in reinforced concrete bending beams. Modern building materials, structures and techniques, MBMST 2016. *Procedia Engineering* 172. 2017. Pp. 211-217. doi:10.1016/j.proeng.2017.02.051
6. Kuznetsov V.S., Shaposhnikova Y.A., Yandiev A.A. Selection of the optimal parameters of a reinforced concrete rectangular beam with single reinforcement. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. No. 962 (2): 022055. doi:10.1088/1757-899X/962/2/022055
7. Jensen B.C. and Łapko A. On shear reinforcement design of structural concrete beams on the basis of theory of plasticity. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2009. No. 15 (4). Pp. 395-403. doi.org/10.3846/1392-3730.2009.15.395-403

8. Minelli F. and Plizzari G.A. Shear design of FRC members with little or no conventional shear reinforcement. *Ailor Made Concrete Structures – Walraven & Stoelhorst (eds)*. 2008. doi:10.1201/9781439828410.ch100
9. Balakaj A.A., Cyganov M.V., Alejnik D.V., Dmitrenko E.A. Zavisimost' nesushhej sposobnosti naklonnyh sechenij na dejstvie poperečnoj sily ot izmenenija dliny proekcii naklonnogo sechenija [The dependence of the bearing capacity of inclined sections on the action of the shear force on the change in the length of the projection of the inclined section] // *Vestnik Donbasskoj nacional'noj akademii stroitel'stva i arhitektury* [Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2020. No. 4 (144). Pp. 50-55 (rus)
10. Filatov V.B., Arcybasov A.S., Bagautdinov M.A., Gordeev D.I., Kortunov A.I., Nikitin R.A. Analiz raschetnyh modelej pri raschete prochnosti naklonnyh sechenij zhelezobetonnyh balok na dejstvie poperechnykh sil [Analysis of the design models for calculating the strength of inclined sections of reinforced concrete beams on the action of shear forces] // *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [Samara State University of Architecture and Civil Engineering]. 2014. Vol. 16. No. 4-3. Pp. 642-645 (rus)
11. Snezhkina O.V., Eginov Je.V., Ladin R.A. Ocenka vlijanija vertikal'nyh homutov na prochnost' zhelezobetonnyh balok pri dejstvii poperechnykh sil [Evaluation of the effect of vertical clamps on the strength of reinforced concrete beams under the action of transverse forces] // *Regional'naja arhitektura i stroitel'stvo* [Regional architecture and construction], 2014. No. 3. Pp. 57-61 (rus)
12. Silant'ev A.S., Luchkin E.A. Rabota izgibaemykh jelementov po naklonnym sechenijam s jeks-tremal'no malym proletom sreza [The shear resistance of bending elements with extremal small shear span] // *Beton i zhelezobeton* [Concrete and reinforced concrete]. 2020. No. 2 (602). Pp. 28-33 (rus)
13. Tihonov I.N., Savrasov I.P. Issledovanie prochnosti zhelezobetonnyh balok s armaturoj klassa A500 pri dejstvii poperechnykh sil [Study of the strength of reinforced concrete beams with reinforcement class A500 under the action of transverse forces] // *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2010. No. 9. Pp. 32-37 (rus)
14. Aksjonov N.B., Zadorozhnaja A.V., Trofimova V.M., Sinicina T.V., Nazarov A.V. Issledovanie vlijanija otklonenij polozhenija rabochej armatury ot proektnogo na prochnost' bezbalochnyh perekrytij [Investigation of the influence of the deviations of the position of the working armature from the project on the bearing strength of the overlap] // *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering journal of Don]. 2018. No. 2 [Online] URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_113_Aksionov.pdf_91646016dd.pdf (date of application: 05.01.2023) (rus)
15. Jakovlev S.N., Pozdeev V.M. Issledovanie zhelezobetonnyh mnogopustotnyh plit perekrytij s defektom smeshhenija rabochej armatury putem naturnykh ispytanj [Investigation of reinforced concrete multi-hollow floor slabs with a displacement defect of working reinforcement by field tests] // *Inzhenernye kadry - budushhee innovacionnoj jekonomiki Rossii* [Engineering personnel - the future of the innovative economy of Russia]. 2016. No. 5. Pp. 89-92 (rus)
16. Campione G., Monaco A., Minafò G. Shear strength of high-strength concrete beams: Modeling and design recommendations // *Engineering Structures*. 2014. No. 69 (9). Pp. 116-122. doi:10.1016/j.engstruct.2014.02.029
17. Zhuwei Wang A., Yufeng Liao and Weilun Wang. Effect of longitudinal reinforcement ratio and effective depth on shear capacity of PVA fiber high strength RC beams // *Advances in engineering research (AER)*. 2nd International Conference on Material Science. Energy and Environmental Engineering (MSEEE 2018). 2018. Vol. 169. doi:10.2991/mseee-18.2018.52
18. Kuznetsov B.C., Kuznetsov A.B., Smirnov M.N. Normativnye dopuski kak faktory riska snizhenija dolgovечnosti stroitel'nykh ob'ektov [Regulatory tolerances as risk factors for reducing the durability of construction objects] // *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka* [Building materials, equipment, technologies XXI]. 2005. No. 5 (76). Pp. 80-81 (rus)
19. Kuznetsov B.C., Prokuronova E.A. Geometricheskie dopuski kak faktory riska snizhenija dolgovечnosti zhelezobetonnyh jelementov [Geometric tolerances as risk factors for reducing the durability of reinforced concrete elements] // *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka* [Building materials, equipment, technologies XXI]. 2006. No. 7 (90). Pp. 22-23. (rus)
20. Korchagin O.P., Zonina S.V. O specifike raschjotov izgibaemykh zhelezobetonnyh konstrukcij po naklonnym sechenijam [On the specifics of calculations of bent reinforced concrete structures along inclined sections] // *Social'no-jekonomicheskie i tehničeskie sistemy: issledovanie, proek-tirovanie, optimizacija* [Socio-economic and technical systems: research, design, optimization]. 2018. No. 1 (77). Pp. 12-20 (rus)
21. Kuznetsov V., Shaposhnikova Y. The cost of flexible elements of a rectangular profile // XIV International Scientific Conference «Interagromash 2021». *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol. 247. Pp. 33–40. doi:10.1007/978-3-030-80946-1_4
22. Kuznetsov V.S., Shaposhnikova Y.A. The structure of the content and cost of materials in bending reinforced concrete element with variable section height // *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2021. Vol. 151. Pp. 181–187. doi:10.1007/978-3-030-72910-3_26
23. Merta I., Kolbitsch A., Kravanja S. Cost optimization of reinforced concrete beams // Sixth International Conference Concrete under Severe Conditions Environment & Loading. At: Mérida. Yucatán. México. 2010. [Online]. URL:researchgate.net/publication/282132306_Cost_Optimization_of_Reinforced_Concrete_Beams (date of application: 05.01.2023).

24. Sutjagin A.E. Prakticheskiy sposob raschjota poperechnoj armatury v balkah [A practical way to calculate transverse reinforcement in beams] // *Nauka i bezopasnost'* [Science and security]. 2012. No. 4. Pp. 65-69 (rus)
25. Duhanin P.V., Makshanov N.Ja. Opredelenie dopustimyh tehnologij dlja osushhestvlenija pope-rechnogo armirovaniya armaturnogo karkasa s uchetom uslovij i faktorov proizvodstva [Determination of acceptable technologies for the implementation of transverse reinforcement of the reinforcing cage, taking into account the conditions and factors of production] // *Rostovskij nauchnyj zhurnal* [Rostov scientific journal]. 2017. No. 6. Pp. 301-307 (rus)
26. Radkevich A.V., Netesa A.N. Opredelenie i ranzhirovanie organizacionno-tehnologicheskikh faktorov, obuslovlivajushhih racional'nye reshenija soedinenija armatury [Determination and ranking of organizational and technological factors that determine rational solutions for rebar connection] // *Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo nacional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta* [Science and progress of transport. Bulletin of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport]. 2017. No. 3 (69). [Online]. URL:cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-i-ranzhirovanie-organizatsionno-tehnologicheskikh-faktorov-obuslovlivayushchih-ratsionalnye-resheniya-soedineniya/viewer (date of application: 05.01.2023) (rus)
27. Kuznecova S.V., Simakov A.L., Rozhkov A.N., Mamin Ju.A., Varnavskaja T.V. Raschet odklonenija poperechnyh sechenij armatury pri avtomatizirovannoj gibke [Calculation of the deviation of the cross sections of reinforcement during automated bending] // *Visnik nacional'nogo tehničnogo universitetu Ukraïni «Kiïvs'kij politehničnij institut»*. Serija: *Priladobuduvannja* [Bulletin of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute». Series: Instrumentation]. 2015. No. 50 (2). Pp. 106-114 (rus)
28. Biswas L. How to calculate cutting length of stirrups in beam and colum. [Online]. Civil Read. 2018. URL:civilread.com/cutting-length-stirrups/ (date of application: 05.01.2023).

Информация об авторах:

Шапошникова Юлия Александровна

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.
E-mail: yuliatalyzova@yandex.ru

Кузнецов Виталий Сергеевич

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, профессор.
E-mail: aspgbk20@yandex.ru

Information about authors:

Shaposhnikova Yulia A.

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: yuliatalyzova@yandex.ru

Kuznetsov Vitaly S.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
candidate in technical sciences, professor.
E-mail: aspgbk20@yandex.ru

В.С. ФЕДОРОВ¹, Н.Н. ТРЕКИН², Э.Н. КОДЫШ³, И.А. ТЕРЕХОВ¹

¹ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия

³АО «ЦНИИПромзданий», г. Москва, Россия

КРИТЕРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАТЕГОРИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН, РИГЕЛЕЙ, БАЛОК И ФЕРМ

Аннотация. В статье рассмотрен процесс формирования критериев оценки в процессе эксплуатации категории технического состояния железобетонных колонн, ригелей, балок и ферм. Критерии ограниченно-работоспособного и аварийного состояния определялись с помощью расчетов по методу предельных усилий с учетом закладываемых при проектировании запасов несущей способности. В качестве примера рассмотрено по одному характерному расчетному дефекту для каждого типа конструкций. Установление критериев для дефектов, которые не были рассмотрены в расчетах, выполнено путем анализа и исследования характерных дефектов строительных конструкций зданий и сооружений на основании данных проведенных ранее исследований, а также по результатам рассмотрения других нормативно-технических документов. Приведенные в итоговой таблице критерии были предложены к включению во вторую редакцию пересмотра ГОСТ 31937–2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

Ключевые слова: дефект, железобетон, колонна, ригель, балка, ферма, категория технического состояния

V.S. FEDOROV¹, N.N. TREKIN², E.N. KODYSH³, I.A. TEREKHOV¹

¹Russian University of Transport, Moscow, Russia

²National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

³JSC TSNIIPromzdaniy, Moscow, Russia

CRITERIA FOR ASSESSING THE CATEGORY OF TECHNICAL CONDITION OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS, CROSSBARS, BEAMS AND TRUSSES

Abstract. The article considers the process of formation of evaluation criteria in the course of operation of the category of technical condition of reinforced concrete columns, crossbars, beams and trusses. Criteria for limited serviceability and emergency conditions were determined using calculations using the method of limiting forces, taking into account the bearing capacity reserves laid down in the design. As an example, one characteristic design defect for each type of structure is considered. The establishment of criteria for defects that were not considered in the calculations was carried out by analyzing and studying the characteristic defects of building structures of buildings and structures based on data from previous studies, as well as based on the results of consideration of other regulatory and technical documents. The criteria given in the final table were proposed for inclusion in the second edition of the revision of GOST 31937–2011 «Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of the technical condition».

Keywords: defect, reinforced concrete, column, crossbar, beam, truss, technical condition category.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Федоров В.С., Терехов И.А. Железобетонные конструкции. В 2 ч. Ч. 1 Расчет конструкций: учебник для вузов. 2-е издание, дополненное и переработанное. М.: Издательство АСВ, 2022. 388 с.
2. Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н. Особое предельное состояние железобетонных конструкций и его нормирование // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 5. С. 4–9.
3. Trekin N.N., Kodysh E.N., Shmakov S.D., Terekhov I.A., Kudyakov K.L. Determination of the criteria of deformation in a special limiting state // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2021. Vol. 1. Pp. 108-116. URL: <https://ijccse.iasv.ru/index.php/ijccse/issue/view/51/62>. (eng)
4. Фаликман В.Р., Степанова В.Ф. Нормативные сроки службы бетонных и железобетонных конструкций и принципы их проектирования по параметрам долговечности // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 6. С. 13-22.
5. Чирков В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций. М.: Маршрут, 2006. 620 с.
6. Ефремов А.М. Учет совместного влияния дефектов на несущую способность конструкций / А.М. Ефремов, Д.В. Бойко, Е.Ю. Сергеевцев, Н.Н. Трекин, Э.Н. Кодыш, И.А. Терехов, С.Д. Шмаков // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 8. С. 11–18.
7. Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н., Терехов И.А., Шмаков С.Д., Щедрин О.С. Методика определения эксплуатационной безопасности зданий и их конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2022. № 4. С. 152-159.
8. Терехов И.А. Критерии оценки технического состояния железобетонных плит при коррозии арматуры // Строительство и реконструкция. 2022. № 6 (104). С. 128-139.
9. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2015. № 1. С. 93-102.
10. Тамразян А.Г. Вероятностный метод расчета долговечности железобетонных конструкций, подверженных воздействию хлоридов // В сборнике трудов конференции «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021». М.: НИУ МГСУ. С. 100-106.
11. Frolov, N.V., Smolyago, G.A. Reinforced concrete beams strength under power and environmental influences. Magazine of Civil Engineering. 2021. 103(3). Article No. 10303. (eng)
12. Jun Kang Chow, Kuan-fu Liu, Pin Siang Tan, Zhaoyu Su, Jimmy Wu, Zhaofeng Li, Yu-Hsing Wang Automated defect inspection of concrete structures. Automation in Construction. 2021. Vol. 132. Article No. 103959. (eng)
13. Sina Mansourdehghan, Kiarash M. Dolatshahi, Amir Hossein Asjodi Data-driven damage assessment of reinforced concrete shear walls using visual features of damage. Journal of Building Engineering. 2022. Vol. 53. Article No. 104509. (eng)
14. Tsvetkov R., Shardakov I., Shestakov A., Gusev G., Epin V. Deformation monitoring of load-bearing reinforced concrete beams. Procedia Structural Integrity. 2017. Vol. 5. Pp. 620-626. (eng)
15. Ye H., Fu C., Jin N., Jin X. Performance of reinforced concrete beams corroded under sustained service loads: A comparative study of two accelerated corrosion techniques. Construction and Building Materials. 2018. No. 162. Pp. 286–297. (eng)
16. Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс]. ФАУ «ФЦС», 2018. 50 с. Режим доступа: https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp34_2018.pdf.
17. СТО 70238424.27.010.011–2008 Здания и сооружения объектов энергетики. Методика оценки технического состояния — М.: НП «ИНВЭЛ», 2008. 182 с.
18. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. М.: АО «ЦНИИПрозданий», 1997. 179 с.
19. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М.: ФГУП ЦПП, 2001. 100 с.
20. Федоров В.С., Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Терехов И.А. Железобетонный каркас одноэтажного производственного здания: учебное пособие. М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2021. 213 с.

REFERENCES

1. Kodysh E.N., Trekin N.N., Fedorov V.S., Terekhov I.A. Zhelezobetonnye konstrukcii. V 2 ch. Ch. 1 Raschet konstrukcij: uchebnik dlja vuzov. [Reinforced concrete structures. In 2 parts. Part 1 Calculation of structures: a textbook for universities]. 2nd edition, enlarged and revised. — Moscow: Izdatel'stvo ASV, 2022. 388 p. (rus)
2. Trekin N.N., Kodysh E.N. Osoboe predel'noe sostojanie zhelezobetonnyh konstrukcij i ego normirovanie [Special limit condition of reinforced concrete structures and its normalization] // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2020. No. 5. Pp. 4–9. (rus)
3. Trekin N.N., Kodysh E.N., Shmakov S.D., Terekhov I.A., Kudyakov K.L. Determination of the criteria of deformation in a special limiting state // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2021. Vol 1. Pp. 108-116. URL:<https://ijccse.iasv.ru/index.php/ijccse/issue/view/51/62>
4. Falikman V.R., Stepanova V.F. Normativnye sroki sluzhby betonnyh i zhelezobetonnyh konstrukcij i principy ih proektirovaniya po parametram dolgovechnosti [Normative service life of concrete and reinforced concrete structures and principles of their design based on durability parameters] // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2019. No. 6. Pp. 13-22. (rus)
5. Chirkov V.P. Prikladnye metody teorii nadezhnosti v raschetah stroitel'nyh konstrukcij [Applied Methods of the Theory of Reliability in the Calculations of Building Structures]. Moscow: Marshrut, 2006. 620 p. (rus)
6. Efremov A.M., Boyko D.V., Sergeevtsev E.Yu., Trekin N.N., Kodysh E.N., Terekhov I.A., Shmakov S.D. Uchet sovместnogo vlijaniya defektov na nesushhuju sposobnost' konstrukcij [Taking into account the joint effect of defects on the bearing capacity of structures]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2022. No. 8. Pp. 11–18. (rus)
7. Trekin N.N., Kodysh E.N., Terekhov I.A., Shmakov S.D., Shchedrin O.S. Metodika opredelenija jekspluatacionnoj bezopasnosti zdaniy i ih konstrukcij [Methodology for Determining the Operational Safety of Buildings and Their Structures] // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. 2022. No. 4. Pp. 152-159. (rus)
8. Terekhov I.A. Kriterii ocenki tehničeskogo sostojaniya zhelezobetonnyh plit pri korrozii armatury [Criteria for assessing the technical condition of reinforced concrete slabs during reinforcement corrosion] // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2022. No 6. Pp. 128-139. (rus)
9. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Yarmakovskiy V.N., Erofeev V.T. O sovremennyh metodah obespecheniya dolgovechnosti zhelezobetonnyh konstrukcij [The modern methods of ensuring of reinforced concrete structures durability] Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. No. 1. 2015. Pp. 93-102. (rus)
10. Tamrazyan A.G. Veroyatnostnyj metod rascheta dolgovechnosti zhelezobetonnyh konstrukcij, podverzhennyh vozdeystviyu hloridov [Probabilistic method for calculating the durability of reinforced concrete structures exposed to chlorides] V sbornike trudov konferencii «Aktual'nye problemy stroitel'noj otrasli i obrazovanija [In the proceedings of the conference "Actual problems of the construction industry and education – 2021]. Moscow: NRU MGSU. Pp. 100-106. (rus)
11. Frolov N.V., Smolyago G.A. Reinforced concrete beams strength under power and environmental influences. Magazine of Civil Engineering. 2021. 103(3). Article No. 10303.
12. Jun Kang Chow, Kuan-fu Liu, Pin Siang Tan, Zhaoyu Su, Jimmy Wu, Zhaofeng Li, Yu-Hsing Wang Automated defect inspection of concrete structures. Automation in Construction. 2021. Vol. 132. Article No. 103959.
13. Sina Mansourdehghan, Kiarash M. Dolatshahi, Amir Hossein Asjodi Data-driven damage assessment of reinforced concrete shear walls using visual features of damage. Journal of Building Engineering. 2022. Vol. 53. Article No. 104509.
14. Tsvetkov R., Shardakov I., Shestakov A., Gusev G., Epin V. Deformation monitoring of load-bearing reinforced concrete beams. Procedia Structural Integrity. 2017. Vol. 5. Pp. 620-626.
15. Ye H., Fu C., Jin N., Jin X. Performance of reinforced concrete beams corroded under sustained service loads: A comparative study of two accelerated corrosion techniques. Construction and Building Materials. 2018. No. 162. Pp. 286–297.
16. Metodika ocenki ostatochnogo resursa nesushhih konstrukcij zdaniy i sooruzhenij [Methodology for assessing the residual resource of the supporting structures of buildings and structures] [Online]. FAU "FTsS", 2018. 50 p. URL:https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp34_2018.pdf (rus)
17. STO 70238424.27.010.011–2008 Buildings and structures of energy facilities. Method for assessing the technical condition - M.: NP "INVEL", 2008. 182 p.
18. Manual for the inspection of building structures of buildings - M.: JSC "TsNIIProzdanij", 1997. 179 p.
19. Recommendations for assessing the reliability of building structures of buildings and structures by external signs. M.: FSUE TsPP, 2001. 100 p.
20. Fedorov V.S., Kodysh E.N., Trekin N.N., Terekhov I.A. Zhelezobetonnyj karkas odnojetazhnogo proizvodstvennogo zdaniya: uchebnoe posobie Reinforced concrete frame of a one-story industrial building: textbook. M.: FGBU DPO "Educational and methodological center for education in railway transport", 2021. 213 p.

Информация об авторах:

Федоров Виктор Сергеевич

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия,
доктор технических наук, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой Строительных конструкций,
зданий и сооружений.

E-mail: fvs_skzs@mail.ru

Трекин Николай Николаевич

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

доктор технических наук, почетный член РААСН, профессор кафедры Железобетонные и каменные
конструкции.

E-mail: nik-trekin@yandex.ru

Кодыш Эмиль Наумович

АО «ЦНИИПромзданий», г. Москва, Россия,

доктор технических наук, почетный член РААСН, главный научный сотрудник.

E-mail: otks@yandex.ru

Терехов Иван Александрович

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия,

кандидат технических наук, доцент кафедры Строительных конструкций, зданий и сооружений.

E-mail: terekhov-i@mail.ru

Information about authors:

Fedorov Viktor S.

Russian University of Transport, Moscow, Russia,

doctor of technical sciences, professor, academician of the RAACS, head of the department of building constructsures,
buildings and structures.

E-mail: fvs_skzs@mail.ru

Trekin Nikolay N.

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

doctor of technical sciences, honorary member of the RAACS, professor of the department of reinforced concrete and
stone structures.

E-mail: nik-trekin@yandex.ru

Kodysh Emil N.

JSC TsNIIPromzdaniy, Moscow, Russia,

doctor of technical sciences, honorary member of the RAACS, chief researcher.

E-mail: otks@yandex.ru

Terekhov Ivan A.

Russian University of Transport, Moscow, Russia,

candidate of technical science, associated professor of the department of building constructsures, buildings and
structures.

E-mail: terekhov-i@mail.ru

Н.В. ФЕДОРОВА^{1,2}, С.Ю. САВИН^{1,2}, В.И. КОЛЧУНОВ^{1,2},
В.С. МОСКОВЦЕВА², М.А. АМЕЛИНА³

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

²Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и
строительных наук, г. Москва, Россия

³ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия

КОНСТРУКТИВНАЯ СИСТЕМА БЫСТРОВОВОЗВОДИМОГО ЗДАНИЯ ИЗ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПАНЕЛЬНО-РАМНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. Приведено новое конструктивное решение сборно-монолитного каркаса для быстровозводимых жилых и гражданских зданий разной этажности из промышленных железобетонных элементов заводского изготовления. Сборные конструкции каркаса включают в себя «L»-образные и перевернутые «П»-образные сборные элементы, устанавливаемые в продольном и поперечном направлениях и образующие стоечно-балочный каркас, многоярусные плиты и обвязочные перфорированные ригели наружного контура, на которые оперты ограждающие не несущие стеновые конструкции в пределах каждого этажа. Расчетная модель сборно-монолитного каркаса здания построена с использованием различной степени дискретизации на разных этапах расчета. Это позволило получить как общую картину деформирования конструктивной системы в предельных и запредельных состояниях, вызванных особыми и аварийными воздействиями, так и детальную картину напряженного состояния в бетоне и арматуре отдельных конструктивных элементов до и после образования трещин. Приведены результаты сопоставительного анализа эффективности применения предложенной конструктивной системы в массовом строительстве по сравнению с применяемыми конструкциями крупнопанельных зданий, показано, что применение предложенных конструкций из панельно-рамных элементов позволяет значительно снизить материалоемкость, стоимость и транспортные расходы железобетонного каркаса здания до 30%, при обеспечении его механической безопасности.

Ключевые слова: конструктивная система, быстрая возводимость, железобетон, промышленное домостроение, панельно-рамные элементы, расчетный анализ, конструктивная безопасность

N.V. FEDOROVA^{1,2}, S.YU. SAVIN^{1,2}, V.I. KOLCHUNOV^{1,2},
V.S. MOSKOVITSEVA², M.A. AMELINA³

¹Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

²Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and
Construction Sciences, Moscow, Russia

³South-West State University, Kursk, Russia

BUILDING STRUCTURAL SYSTEM MADE OF INDUSTRIAL FRAME- PANEL ELEMENTS

Abstract. The paper presents a new structural solution of the precast-monolithic frame for prefabricated residential and civil buildings of various storeys manufactured from prefabricated industrial reinforced concrete elements. The precast frame structures include L-shaped and inverted U-shaped precast elements, installed in the longitudinal and transverse directions and forming a frame, hollow-core slabs and bracing perforated beams of the outer contour, on which fencing non-bearing wall structures are supported within each storey. The computational model of the precast-monolithic building frame was developed using different degrees of discretization at different stages of the analysis. This allowed to obtain both a general picture of structural system deformation in the limiting and over limit states caused by special and emergency actions, and a detailed picture of the stressed state in concrete and reinforcement of structural elements before and after cracking.

© Федорова Н.В., Савин С.Ю., Колчунов В.И., Московцева В.С., Амелина М.А., 2023

The paper provides the results of the comparative analysis of the effectiveness of application of the proposed structural system in the mass construction as compared with the applied constructions of large-panel buildings. It has been shown that the application of the proposed structures of panel-frame elements allows considerably reduce the material capacity, cost and transportation expenses of the reinforced concrete frame by up to 30 %, ensuring the mechanical safety of the building.

Keywords: *structural system, fast construction, reinforced concrete, industrial housing construction, frame-panel elements, computational analysis, structural safety*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключева Н.В., Колчунов В.И., Рыпаков Д.А., Бухтиярова А.С. Жилые и общественные здания из железобетонных панельно-рамных элементов индустриального производства // Жилищное строительство. 2015. № 5. С. 69-75.
2. Николаев С.В. Инновационная замена КПД на панельно-монолитное домостроение (ПМД) // Жилищное строительство. 2019. № 3. С. 3-10.
3. Николаев С.В. Новые подходы к развитию индустриального домостроения // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2019. № 12. С. 73-79.
4. Савин С.Ю. Устойчивость внецентренно сжатых железобетонных элементов при особых воздействиях с учетом деформаций сдвига // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 1. С. 49-58.
5. Травуш В.И., Шапиро Г.И., Колчунов В.И., Леонтьев Е.В., Федорова Н.В. Проектирование защиты крупнопанельных зданий от прогрессирующего обрушения // Жилищное строительство. 2019. № 3. С. 40-46.
6. Савин С.Ю., Федорова Н.В., Емельянов С.Г. Анализ живучести сборно-монолитных каркасов многоэтажных зданий из железобетонных панельно-рамных элементов при аварийных воздействиях, вызванных потерей устойчивости одной из колонн // Жилищное строительство. 2018. № 12. С. 3-7.
7. Колчунов В.И., Федорова Н.В., Савин С.Ю. Динамические эффекты в статически неопределимых физически и конструктивно нелинейных системах // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 9. С. 42-51
8. Демьянов А.И., Алькади С.А. Статико-динамическое деформирование железобетонных элементов пространственной рамы при их сложном сопротивлении // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 11 (719). С. 20-33.
9. Parisi F., Scalvenzi M. Progressive collapse assessment of gravity-load designed European RC buildings under multi-column loss scenarios // Engineering Structures. 2020. Vol. 209. Pp.110001.
10. Zhang W.X., Wu H., Zhang J.Y., Hwang H., Jong, Yi W.J. Progressive collapse test of assembled monolithic concrete frame spatial substructures with different anchorage methods in the beam-column joint // Advances in Structural Engineering. 2020. Vol. 23. No. 9. Pp.1785-1799.
11. Zhou. Y., Hu X., Pei Y., Hwang H.J., Chen T., Yi W., Deng L. Dynamic load test on progressive collapse resistance of fully assembled precast concrete frame structures // Engineering Structures. 2020. Vol. 214. Pp. 110675.
12. Xuan W., Wang L., Liu C., Xing G., Zhang L., Chen H. Experimental and theoretical investigations on progressive collapse resistance of the concrete-filled square steel tubular column and steel beam frame under the middle column failure scenario // Shock and Vibration. 2019. Vol. 2019. Pp. 1–12. doi:10.1155/2019/2354931
13. Lin K., Lu X., Li Y., Guan H. Experimental study of a novel multi-hazard resistant prefabricated concrete frame structure // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2019. Vol. 119. Pp. 390–407.
14. Соколов Б.С. Теоретические основы методики расчета штепсельных стыков железобетонных конструкций зданий и сооружений // Жилищное строительство. 2016. № 3. С. 60-63.
15. Колчунов В.И., Мартыненко Д.В. Деформирование и трещинообразование конструкции платформенного стыка в сборно-монолитном каркасе здания // Строительство и реконструкция. 2020. № 4 (90). С. 38-47.
16. Savin S, Kolchunov V, Fedorova N, Tuyen Vu N. Experimental and Numerical Investigations of RC Frame Stability Failure under a Corner Column Removal Scenario // Buildings. 2023. Vol. 13(4). Pp. 908. <https://doi.org/10.3390/buildings13040908>
17. Savin S.Y., Kolchunov V.I., Emelianov S.G. Modelling of resistance to destruction of multi-storey frame-connected buildings at sudden loss of bearing elements stability // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Novosibirsk. 2018. Pp. 012089.
18. Feng. F.F., Hwang H.J., Yi W.J. Static and dynamic loading tests for precast concrete moment frames under progressive collapse // Engineering Structures. 2020. Vol. 213. Pp.110612.
19. Кончковский З. Плиты. Статические расчеты. М.: Стройиздат, 1984. 480 с.
20. Adam J. M., Buitrago M., Bertolesi E., Sagaseta J., Moragues J.J. Dynamic performance of a real-scale reinforced concrete building test under a corner-column failure scenario // Engineering Structures. 2020. Vol. 210. Pp. 110414. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110414>

REFERENCES

1. Klyueva N.V., Kolchunov V.I., Rypakov D.A., Buhtiyarova A.S. ZHilye i obshchestvennyye zdaniya iz zhelezobetonnyh panel'no-ramnyh elementov industrial'nogo proizvodstva [Residential and public buildings from reinforced concrete panel-frame elements of industrial production]. *Housing Construction*. 2015. No. 5. Pp. 69-75. (rus).
2. Nikolaev S.V. Innovacionnaya zamena KPD na panel'no-monolitnoe domostroenie (PMD) [Innovative replacement of large-panel housing construction by panel-monolithic housing construction (PMHC)]. *Housing Construction*. 2019. No. 3. Pp. 3-10. (rus).
3. Nikolaev S.V. Novye podhody k razvitiyu industrial'nogo domostroeniya [New approaches to the development of industrial housing construction]. *Construction: new technologies - new equipment*. 2019. No. 12. Pp. 73-79. (rus).
4. Savin S.YU. Ustojchivost' vnecentrenno szhatyh zhelezobetonnyh elementov pri osobyh vozdeystviyah s uchetom deformacij sdviga [Stability of eccentrically compressed reinforced concrete elements under special impacts with account taken of shear deformations]. *Vestnik MGSU*. 2021. Vol. 16. No. 1. Pp. 49-58. (rus).
5. Travush V.I., SHapiro G.I., Kolchunov V.I., Leont'ev E.V., Fedorova N.V. Proektirovanie zashchity krupnopanelynyh zdaniy ot progressiruyushchego obrusheniya [Design of protection of large-panel buildings against progressive collapse]. *Housing Construction*. 2019. No. 3. Pp. 40-46. (rus).
6. Savin S.YU., Fedorova N.V., Emel'yanov S.G. Analiz zhivuchesti sborno-monolitnyh karkasov mnogoetazhnyh zdaniy iz zhelezobetonnyh panel'no-ramnyh elementov pri avariynyh vozdeystviyah, vyzvannyh poterej ustojchivosti odnoj iz kolonn [Survivability analysis of reinforced concrete frameworks of multi-storey buildings made of frame-panel elements using combination of prefabricated and monolithic concrete in case of accidental impacts caused by loss of stability of one of the columns]. *Housing Construction*. 2018. No. 12. Pp. 3-7. (rus).
7. Kolchunov V.I., Fedorova N.V., Savin S.YU. Dinamicheskie efekty v staticheskii neopredelimykh fizicheskii i konstruktivno nelineynykh sistemah [Dynamic effects in statically indeterminate physically and structurally nonlinear structural systems]. *Industrial and Civil Engineering*. 2022. No. 9. Pp. 42-51. (rus).
8. Dem'yanov A.I., Al'kadi S.A. Statiko-dinamicheskoe deformirovanie zhelezobetonnyh elementov prostranstvennoy ramy pri ih slozhnom soprotivlenii [Static-dynamic deformation of reinforced concrete elements of the spatial frame at their complex resistance]. *News of higher educational institutions. Construction* 2018. No. 11 (719). Pp. 20-33. (rus).
9. Parisi F., Scalvenzi M. Progressive collapse assessment of gravity-load designed European RC buildings under multi-column loss scenarios // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 209. Pp. 110001.
10. Zhang W.X., Wu H., Zhang J.Y., Hwang H., Jong, Yi W.J. Progressive collapse test of assembled monolithic concrete frame spatial substructures with different anchorage methods in the beam-column joint. *Advances in Structural Engineering*. 2020. Vol. 23. No. 9. Pp. 1785-1799.
11. Zhou. Y., Hu X., Pei Y., Hwang H.J., Chen T., Yi W., Deng L. Dynamic load test on progressive collapse resistance of fully assembled precast concrete frame structures. *Engineering Structures*. 2020. Vol. 214. Pp. 110675.
12. Xuan W., Wang L., Liu C., Xing G., Zhang L., Chen H. Experimental and theoretical investigations on progressive collapse resistance of the concrete-filled square steel tubular column and steel beam frame under the middle column failure scenario. *Shock and Vibration*. 2019. Vol. 2019. Pp. 1-12. doi:10.1155/2019/2354931
13. Lin K., Lu X., Li Y., Guan H. Experimental study of a novel multi-hazard resistant prefabricated concrete frame structure. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2019. Vol. 119. Pp. 390-407.
14. Sokolov B.S. Teoreticheskie osnovy metodiki rascheta shtepsel'nyh stykov zhelezobetonnyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij [Theoretical basis of calculation methods of plug joints of reinforced concrete structures of buildings and constructions]. *Housing Construction*. 2016. No. 3. Pp. 60-63. (rus).
15. Kolchunov V.I., Martynenko D.V. Deformirovanie i treshchinoobrazovanie konstrukcii platformennogo styka v sborno-monolitnom karkase zdaniya [Deformation and cracking of the platform joint of the prefabricated-monolithic RC building frame] // *Building and Reconstruction*. 2020. No. 4 (90). Pp. 38-47. (rus).
16. Savin S, Kolchunov V, Fedorova N, Tuyen Vu N. Experimental and Numerical Investigations of RC Frame Stability Failure under a Corner Column Removal Scenario. *Buildings*. 2023. Vol. 13(4). Pp. 908. <https://doi.org/10.3390/buildings13040908>
17. Savin S.Y., Kolchunov V.I., Emelianov S.G. Modelling of resistance to destruction of multi-storey frame-connected buildings at sudden loss of bearing elements stability. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Novosibirsk, 2018. Pp. 012089.
18. Feng. F.F., Hwang H.J., Yi W.J. Static and dynamic loading tests for precast concrete moment frames under progressive collapse. *Engineering Structures*. 2020. Vol. 213. Pp. 110612.
19. Konchkovskij Z. Plity. Staticheskie raschety. [Plates. Static calculations] Moscow: Strojizdat, 1984. 480 p. (rus).
20. Adam J.M., Buitrago M., Bertolesi E., Sagaseta J., Moragues J.J. Dynamic performance of a real-scale reinforced concrete building test under a corner-column failure scenario. *Engineering Structures*. 2020. Vol. 210. Pp. 110414. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110414>

Информация об авторах:

Федорова Наталия Витальевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, Советник РААСН, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой архитектурно-строительного проектирования, директор филиала НИУ МГСУ в г. Мытищи.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия, ведущий научный сотрудник.

E-mail: fenavit@mail.ru

Савин Сергей Юрьевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия, старший научный сотрудник.

E-mail: savinsyu@mgsu.ru

Колчунов Виталий Иванович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия, главный научный сотрудник.

E-mail: asiorel@mail.ru

Московцева Виолетта Сергеевна

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия, инженер.

E-mail: lyavetka1@mail.ru

Амелина Маргарита Андреевна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ), г. Курск, Россия, студент кафедры уникальных зданий и сооружений ЮЗГУ.

E-mail: margo.dremova@mail.ru

Information about authors:

Fedorova Natalia V.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, Advisor to RAACS, doctor of technical sciences, professor, Head of the Department of Architectural and Construction Design, Director of the branch of Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU) in Mytishchi.

Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia, leading researcher.

E-mail: fenavit@mail.ru

Savin Sergey Yu.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, candidate of technical science, associate professor of the department of Reinforced Concrete and Masonry Structures.

Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia, senior researcher.

E-mail: savinsyu@mgsu.ru

Kolchunov Vitaly Iv.

Moscow State University of Civil Engineering (NRU MSUCE), Moscow, Russia, professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures.

Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia, chief researcher.

E-mail: asiorel@mail.ru

Moskovtseva Violetta S.

Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia, Moscow, Russia, engineer.

E-mail: lyavetka1@mail.ru

Amelina Margarita A.

South-West State University (SWSU), Kursk, Russia, student of the Department of Unique Buildings and Structures of South-Western State University.

E-mail: margo.dremova@mail.ru

Н.В. БАКАЕВА¹, Н.А. РОМАНОВ¹

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

СОЦИАЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА СУЗДАЛЬ)

***Аннотация.** Сегодня в сфере градостроительства все большую важность приобретает проблема сохранения рекреационного потенциала природных территорий, в частности, территории историко-культурных ландшафтов, и создания на этих территориях, с минимальным вмешательством, рекреационных пространств в симбиозе с окружающей природной средой. В теории и практике градостроительства отсутствует научно обоснованный подход к восстановлению и экологической реконструкции территории историко-культурных ландшафтов с позиций их устойчивого развития, в результате чего территория историко-культурных ландшафтов в Суздале долгое время находится в экологически неблагоприятном состоянии с признаками деградации компонентов ландшафта. Целью намечаемой экологической реконструкции городских ландшафтов в городе Суздаль является обеспечение динамического баланса между природной и урбанизированной средой. Одним из направлений достижения такого баланса, а также сохранения окружающей среды и повышение благосостояния местного населения может служить развитие экологического туризма как инструмента решения проблемы перегруженности центральной части исторического поселения из-за сезонного наплыва туристов. Для уменьшения антропогенной нагрузки на историческую среду города, улучшения благосостояния населения, знакомства с местной культурой и окружающей природной средой, важно развести туристические потоки по разным направлениям в озелененных пространствах вдоль реки по организованным экологическим тропам. В ходе социально-диагностического исследования территории историко-культурных ландшафтов установили динамику трансформации территории ландшафтов и выполнили оценку экологического состояния исследуемой территории, выявив, при этом, возможность их восстановления. Проведенный социологический опрос определил отношение к данной проблеме жителей и туристов города Суздаль, как заинтересованной социальной группы населения.*

***Ключевые слова:** историко-культурные ландшафты, градостроительная деятельность, экологическая реконструкция, экологический туризм, социально-диагностическое исследование, социологический опрос.*

N.V. BAKAEVA¹, N.A. ROMANOV¹

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

SOCIO-DIAGNOSTIC RESEARCH OF THE PROBLEM OF THE FORMATION OF HISTORICAL AND CULTURAL LANDSCAPES (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF SUZDAL)

***Abstract.** Today, in the field of urban planning, the problem of preserving the recreational potential of natural territories, in particular the territories of historical and cultural landscapes, and the creation of urban public spaces in symbiosis with the natural environment in these territories is becoming increasingly important. In the theory and practice of urban planning, there is no scientifically based approach to the restoration and ecological reconstruction of the territory of historical and cultural landscapes from the standpoint of their sustainable development, as a result of which the territory of protected meadows in Suzdal has been in an environmentally unfavorable state for a long time with signs of degradation of landscape components. The purpose of the planned ecological*

reconstruction of urban landscapes in the city of Suzdal is to ensure a dynamic balance between the natural and urbanized environment. One of the ways to achieve such a balance, as well as to preserve the environment and improve the well-being of the local population, can be the development of eco-tourism as a tool to solve the problem of congestion in the central part of the historical settlement due to the seasonal influx of tourists. In order to reduce the anthropogenic load on the historical environment of the city, improve the welfare of the population, get acquainted with the local culture and the natural environment, it is important to separate tourist flows in different directions in green spaces along the river along organized ecological trails.

During the socio-diagnostic research of the territory of historical and cultural landscapes, the dynamics of the transformation of the territory of landscapes were established and an assessment of the ecological state of the researched territory was carried out, revealing, at the same time, the possibility of their restoration. The conducted sociological survey determined the attitude of residents and tourists of the city of Suzdal to this problem as an interested social group of the population.

Keywords: *historical and cultural landscapes, urban planning, ecological reconstruction, ecological tourism, socio-diagnostic research, sociological survey.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: Учеб. - М.: Высш. шк., 1991. 366 с.: ил.
2. Микулина Е.М., Благовидова Н.Г. Приемы проектирования экопоселений // Academia. Архитектура и строительство. 2014. № 3. С. 90-96.
3. Нефедов В.А. Архитектурно-ландшафтная реконструкция как средство оптимизации городской среды // АСД. Архитектура. Строительство. Дизайн. 2005. № 1. С. 60-61.
4. Владимиров В.В. Урбоэкология. М., Изд-во МНЭПУ, 1999, 203 с.
5. Тетиор А.Н. Пути экореконструкции и экореставрации городов // Sciences of Europe. 2018. № 23-1 (23). С. 69-77.
6. Реймерс Н.Ф. Природопользование. М.: «Мысль», 1990. С. 366
7. Тетиор А.Н. Экологическая инфраструктура - новое направление и новая научная дисциплина в строительстве // Жилищное строительство. 2010. № 4. С. 17-19.
8. Тарасова О.Ю., Ларина А.В. Экологическое обустройство и реконструкция сельтебных ландшафтов города Темников // Современные проблемы территориального развития. 2019. № 2. С. 12.
9. Щербакова, И. В. Социологические исследования города: диагностика проблем и гражданская дипломатия // Территория и планирование. 2010. № 5(29). С. 78-82.
10. Лапочкина В.В., Косарева Н.В, Адашова Т.А. Экологический туризм в России: тенденции развития // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5 (47) Часть 1. С. 100-105.
11. Зверькова Е.Н. Тенденции развития экологического туризма в Российской Федерации // Наука, образование и культура. 2020. № 6 (50). С. 47-49.
12. Оборин М.С. Современная концепция развития экологического туризма в России // Сервис в России и за рубежом. 2020. Т. 14. № 4. С. 22-32. doi:10.24411/1995-042X-2020-10402.
13. Васильева М.И. К юридическому определению понятия экологического туризма // Lex russica. – 2020. Т. 73. № 4. С. 34–52. doi:10.17803/1729-5920.2020.161.4.034-052.
14. Шестакова Е.С., Рудык А.Н., Бутова Т.Г. Функции экологического туризма // Сервис в России и за рубежом 2016. № 2. С. 239-252. doi:10.12737/19737
15. Косолапов А.Б. Теория и практика экологического туризма. М.: КНОРУС. 2017. 230 с.
16. Соколова А.А. Развитие экотуризма малых городов как особая стратегия государственной инвестиционной политики // Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономических наук». Новосибирск, 2010. № 14. С. 190-195.
17. Емельянова Н.А. История развития экологического туризма в России // Мордовский заповедник. 2013. № 5. С. 26-27.
18. Романов Н.А., Бакаева Н.В. Экологический туризм как инструмент формирования историко-культурных ландшафтов в малых городах (на примере города Суздаль) // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная». Брянск: БГИТУ, 2022. С. 207-213.
19. Об утверждении проекта Генерального плана города Суздаля Владимирской области: решение Совета народных депутатов муниципального образования города Суздаль от 16.02.21 № 11: [Электронный ресурс]. – Доступ из системы «ФГИС ТП» (дата обращения: 12.02.2023)
20. О Правилах землепользования и застройки муниципального образования города Суздаль Владимирской области: решение Совета народных депутатов муниципального образования города Суздаль от 30.12.2009 № 118: [Электронный ресурс]. – Доступ из системы «ФГИС ТП» (дата обращения: 12.02.2023)

REFERENCES

1. Isachenko A.G. Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rajonirovanie [Landscape science and physical-geographical zoning]. Moscow: Vysshaya shkola, 1991. 366 p. (rus)
2. Mikulina E.M., Blagovidova N.G. Priemy proektirovaniya ekoposelenij [Ways of Designing Eco-Settlements]. Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. 2014. No. 3. Pp. 90-96. (rus)
3. Nefedov V.A. Arhitekturno-landshaftnaya rekonstrukciya kak sredstvo optimizacii gorodskoj sredy [Architectural and landscape reconstruction as a means of optimizing the urban environment]. ASD. Ahitektura. Stroitel'stvo. Dizajn. 2005. No. 1. Pp. 60-61. (rus)
4. Vladimirov V.V. Urboekologiya [Urban ecology]. Moscow: MNEPU. 1999. 203 p. (rus)
5. Tetior A.N. Puti ekorekonstrukcii i ekorestavracii gorodov [Ways of ecological reconstruction and restoration of cities]. Sciences of Europe. 2018. Vol. 23. No. 23-1. Pp. 69-77. (rus)
6. Reymers N.F. Prirodopol'zovanie [Nature management]. Moscow: Mysl'. 1990. 366 p. (rus)
7. Tetior A.N. Ekologicheskaya infrastruktura - novoe napravlenie i novaya nauchnaya disciplina v stroitel'stve [The ecological infrastructure is a new direction and new scientific discipline in building]. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2010. No. 4. Pp. 17-19. (rus)
8. Tarasova O.Y., Larina A.V. Ekologicheskoe obustrojstvo i rekonstrukciya selitebnyh landshaftov goroda Temnikov [Ecological construction and reconstruction of residential landscapes of the town Temnikov]. Sovremennye problemy territorial'nogo razvitiya. 2019. No. 2. 12 p. (rus)
9. Shcherbakova I.V. Sociologicheskie issledovaniya goroda: diagnostika problem i grazhdanskaya diplomatiya [Sociological research of the city: diagnostics of problems and civil diplomacy]. Territoriya i planirovanie. 2010. Vol. 29. No. 5. Pp. 78-82. (rus)
10. Lapochkina V.V., Kosareva N.V., Adashova T.A. Ekologicheskij turizm v Rossii: tendencii razvitiya [Environmental tourism in Russia: trends in development]. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. Vol 47. No. 5. Chast' 1. Pp. 100-105. (rus)
11. Zverkova E.N. Tendencii razvitiya ekologicheskogo turizma v Rossijskoj Federacii [Trends in development of ecological tourism in Russian Federation]. Nauka, obrazovanie i kul'tura. 2020. Vol 50. No. 6. Pp. 47-49. (rus)
12. Oborin M.S. Sovremennaya koncepciya razvitiya ekologicheskogo turizma v Rossii [The modern development concept of ecological tourism in Russia]. Servis v Rossii i za rubezhom. 2020. Vol 14. No. 4. Pp. 22-32. doi:10.24411/1995-042X-2020-10402. (in Russ.)
13. Vasilyeva M.I. K juridicheskomu opredeleniyu ponyatiya ekologicheskogo turizma [The Legal Definition of the Concept of Ecotourism]. Lex russica. 2020. Vol. 73. No. 4. Pp. 34-52. doi:10.17803/1729-5920.2020.161.4.034-052. (in Russ.)
14. Shestakova E.S., Rudyk A.N., Butova T.G. Funkcii ekologicheskogo turizma [Functions of ecotourism]. Servis v Rossii i za rubezhom. 2016. No. 2. Pp. 239-252. doi: 10.12737/19737
15. Kosolapov A.B. Teoriya i praktika ekologicheskogo turizma [Theory and practice of ecological tourism]. Moscow: KNORUS. 2017. 230 p. (rus)
16. Sokolova A.A. Razvitie ekoturizma malyh gorodov kak osobaya strategiya gosudarstvennoj investicionnoj politiki [Development of ecotourism of small towns as a special strategy of the state investment policy]. Sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'nye voprosy ekonomicheskikh nauk». Novosibirsk. 2010. No. 14. Pp. 190-195. (rus)
17. Emelianova N.A. Istoriya razvitiya ekologicheskogo turizma v Rossii [The history of the development of ecological tourism in Russia]. Mordovskij zapovednik. 2013. No. 5. Pp. 26-27. (rus)
18. Romanov N.A., Bakaeva N.V. Ekologicheskij turizm kak instrument formirovaniya istoriko-kul'turnyh landshaftov v malyh gorodah (na primere goroda Suzdal') [Ecological tourism as a tool for the formation of historical and cultural landscapes in small towns (on the example of the city of Suzdal)]. Materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sreda, okruzhayushchaya cheloveka: prirodnyaya, tekhnogennaya, social'naya». Bryansk: Bryansk State Engineering and Technology University. 2022. Pp. 207-213 (rus)
19. Project General Plan of the city of Suzdal, Vladimir region: decision of the Council of People's Deputies of the municipal formation of the city of Suzdal, Febr. 16, 2021, No. 11. [Online]. URL:http://gorodsuzdal.ru/files/Genplan/16.02.2021_11.pdf (date of application: 12.02.2023)
20. Rules of land use and development of the municipal formation of the city of Suzdal, Vladimir region: decision of the Council of People's Deputies of the municipal formation of the city of Suzdal, December 30, 2009. No. 118. [Online]. URL:<http://gorodsuzdal.ru/files/Pravila%20zp/r118pr.pdf> (date of application: 12.02.2023)

Информация об авторах:

Бакаева Наталья Владимировна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия,
доктор технических наук, профессор кафедры градостроительства.
E-mail: natbak@mail.ru

Романов Никита Альбертович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия,
магистрант.
E-mail: nikitaromanov-1998@mail.ru

Information about authors:

Bakaeva Natalya V.

National Research University Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
doctor of technical sciences, professor departments of urban Planning.
E-mail: natbak@mail.ru

Romanov Nikita Al.

National Research University Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
student.
E-mail: nikitaromanov-1998@mail.ru

О.В. ВОЛИЧЕНКО¹, А.В. ЛИТЯГИНА¹¹ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия

МУЛЬТИКОМФОРТНАЯ СРЕДА В АРХИТЕКТУРЕ БЫСТРОВОВОДИМЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. Проблемы быстровозводимости, экономичности, прочности и энергоэффективности зданий жилой и гражданской архитектуры становятся особенно актуальными в настоящее время, ввиду необходимости в сжатые сроки восстановить разрушенные города и села на вновь присоединенных территориях. В целях экспериментального предложения проекта жилого дома на основе концепции мультикомфорта был проведен анализ развития индустриальных методов строительства. Обзор эволюционного развития индустриального домостроения, позволил выявить его преимущества (скорость строительства, низкая стоимость, простота конструктивных решений и др.), недостатки (низкое качество и уровень комфорта, типовые штампы и др.) и способы их ликвидации (повышение комфорта, энергоэффективность, разработка новых конструктивных решений, художественная выразительность, планировочная вариабильность и др.).

Авторами предлагается разработка проекта быстровозводимого жилого дома на основе инновационных панелей рамного типа, изготовленных в заводских условиях. Данные конструкции быстро монтируются на строительной площадке, отличаются повышенной жесткостью, живучестью и материалоемкостью. Данная конструктивная система предоставляет возможность создавать гибкие архитектурно-планировочные решения с разнообразной пластикой форм здания. Энергоэффективность и мультикомфортная среда жилого дома достигается ориентацией здания на проектируемом участке, использованием изолирующих материалов и остеклением (снижение теплопотерь и шумозащита). Форма здания также обеспечивает тепловой комфорт дворового пространства. Потоки ветра разбиваются выступающими и западающими архитектурными элементами, создающими сложные и содержательные композиционные связи. Применение новых индустриальных конструкций позволяет, используя принципы энергоэффективного проектирования, повысить уровень комфорта и экономичность жилого дома, решить проблемы жизнестойкости и быстровозводимости зданий, создать выразительный архитектурно-художественный облик жилой среды.

Ключевые слова: жилая архитектура, пространственная среда, быстровозводимые здания, мультикомфорт, энергоэффективность, конструктивная структура, ориентация, ветрозащита

O.V. VOLICHENKO¹, A.V. LITYAGINA¹¹Southwestern State University, Kursk, Russia

MULTI-COMFORT ENVIRONMENT IN THE ARCHITECTURE OF PRE-RESTRUCTED BUILDINGS

Abstract. The problems of prefabrication, cost-effectiveness, strength and energy efficiency of buildings of residential and civil architecture are becoming especially relevant at the present time, due to the need to quickly restore the destroyed cities and villages in the newly annexed territories. For the purpose of an experimental proposal for a residential building project based on the concept of multi-comfort, an analysis of the development of industrial construction methods was carried out. A review of the evolutionary development of industrial housing construction made it possible to identify its advantages (speed of construction, low cost, simplicity of design solutions, etc.), disadvantages (low quality and comfort level, standard stamps, etc.) and ways to eliminate them (increased comfort, energy efficiency, development new constructive solutions, artistic expressiveness, planning variability, etc.).

The authors propose the development of a project for a prefabricated residential building based on innovative frame-type panels manufactured in the factory. These structures are quickly mounted on the construction site, they are characterized by increased rigidity, survivability and material consumption. This constructive system provides an opportunity to create flexible architectural and planning solutions with a variety of plastic shapes of the building. Energy efficiency and multi-comfort environment of a residential building is achieved by the orientation of the building on the designed site, the use of insulating materials and glazing (reduction of heat loss and noise protection). The shape of the building also ensures the thermal comfort of the yard space. Wind currents are broken by protruding and sinking architectural elements, creating complex and meaningful compositional connections. The use of new industrial structures allows, using the principles of energy-efficient design, to increase the level of comfort and efficiency of a residential building, solve the problems of viability and quick erection of buildings, and create an expressive architectural and artistic appearance of the residential environment.

Keywords: residential architecture, spatial environment, prefabricated buildings, multi-comfort, energy efficiency, structural structure, orientation, wind protection.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ле Корбюзье. Архитектура XX века. М.: Прогресс, 1977. 306 с.
2. Воробьев В.С., Сидоренко И.Л. Крупнопанельное домостроение: историческая необходимость и перспективная технология строительной отрасли // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 1 (60). С. 130-139.
3. Калабин А.В., Куковякин А.Б., Массовая жилая застройка: проблемы и перспективы // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2017. № 3 (34). С. 55-60.
4. Казин А. С. Индустриальное домостроение: вчера, сегодня, завтра // Жилищное строительство. 2018. № 10. С. 22-26.
5. Николаев С.В. Обновление жилищного фонда страны на базе крупнопанельного домостроения // Жилищное строительство. 2018. № 10. С. 17-21.
6. Павленко Д.В., Шмелев С.Е., Кузнецов Д.В., Сапронов Д.В., Фисенко С.С., Дамрина Н.В. Универсальная система сборного домостроения РБ-Юг от идеи до воплощения на строительной площадке // Строительные материалы. 2019. № 3. С. 4-10.
7. Царитова Н.Г., Курбанов А.И., Курбанова А.А. Энергоэффективные здания на основе трансформируемых каркасов // Строительство и реконструкция. 2022. № 6(104). С. 91-103.
8. Baghdadi A. Heristchian, M. Kloft, H. Connections placement optimization approach toward new prefabricated building systems // Engineering structures. 2021. Vol. 233. [Online]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029620342498> (date of application: 07.05.2023).
9. Duan Y., Li G. Analysis on the Quality Problems and Preventive Measures of Prefabricated Building Construction // Journal of physics. Conferens series. 2020. Vol. 1648. Is. 3. [Online]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1648/3/032141/meta> (date of application: 07.05.2023).
10. Niemelä T., Kosonen R., Jokisalo J. Energy performance and environmental impact analysis of const-optimal renovation solutions of large panel apartment building in Finland // Sustainable cities and society. 2017. Vol. 32. Pp. 9-30.
11. Blaauwendraal J. Stringer-panel models in structural concrete: applied to D-region design / Cham: Springer, 2018. 99 p.
12. Гидион З. Пространство, время, архитектура. Москва: Стройиздат., 1984. 458 с.
13. Миронов А.В. Философия архитектуры: творчество Ле Корбюзье. Москва: Макс Пресс, 2012. 289 с.
14. Поляков Е.Н., Полякова О.П. Швейцарский период (1887–1917) в жизни и творчестве Шарля-Эдуара Жаннере-Гри (Ле Корбюзье) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 3. С. 9-20. doi:10.31675/1607-1859-2021-23-3-9-20
15. Очерки теории и истории культуры XX века / Отв. ред. Ю В Петров. Томск: Томский государственный университет, 2007. 440 с.
16. Олейник П.П., Пахомова Л.А. Моделирование возведения жилых домов из крупногабаритных блоков. Вестник МГСУ. 2023. Т. 18 (3). С. 463-470. doi:10.22227/1997-0935.2023.3.463-470
17. Сомов Г. Ю. Пластика архитектурной формы в массовом строительстве. М.: Стройиздат, 1986. 206 с.
18. Жданова И.В. Методы повышения качества серийной жилой застройки 70-80-х гг. XX в. // Вестник МГСУ. 2012. № 1. С. 22-26.
19. Самые быстрые стройки мира [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cre.ru/analytics/83393> (дата обращения 11.04.2023)

20. Сочалин О. Китайские инженеры возвели многоэтажный жилой дом за 28 часов [Электронный ресурс]. URL:<https://inlnk.ru/4yMPpp> (дата обращения 11.04.2023)
21. Логвинов В. От «зеленого строительства» к природоинтегрированной архитектуре. Принцип использования форм. Часть 2 // Проект Байкал. 2018. Т. 15. № 55. С. 156-163. doi:10.7480/projectbaikal.55.1310.
22. Бадьин Г.М. Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 464 с. ISBN 978-5-9775-3819-0
23. Кустова Д., Трухачева Г. Энергоэффективная архитектура: Особенности проектирования энергоэффективных жилых комплексов для различных социальных групп населения. Лондон: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 64 с.
24. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Инновационные технологии в строительстве городов. Биосферная совместимость и человеческий потенциал. М.: Издательство АСВ, 2019. 208 с.
25. Прокошев С.А., Сырчин Н.А., Турбинов А.Р., Лапин В.И., Раков Н.Д. Особенности планировочной структуры многоэтажных жилых домов с возобновляемыми источниками энергии // Инновации и инвестиции. 2018. № 3. С. 245-248.
26. Воличенко О.В. Взаимное тяготение и противоречие природных и архитектурных форм (эволюционный аспект) // Архитектон: известия вузов. 2011. № 3(35). С. 6.
27. Патент № 2790148 С1 Российская Федерация, МПК E04B 1/02. Здание из панельных элементов: № 2022121477: заявл. 08.08.2022: опубл. 14.02.2023 / В.И. Колчунов, В.С. Москвцева, Н.В. Федорова, С.Ю. Савин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет».
28. Воличенко О.В. Влияние мейнстримов западного авангарда в архитектуре Центральной Азии // Архитектон: известия вузов. 2013. № 1(41). С. 29-39.
29. De Garrido L. Arquitectura para la felicidad. Madrid: Institute Monsa de Ediciones, 2013. 96 p. ISBN-13: 978-8415223931
30. Binici H., Aksogan O., Demirhan C. Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials // Sustainable Cities and Society. 2016. V. 20. P. 17-26.
31. Yuan J., Farnham C., Emura K. Optimum insulation thickness for building exterior walls in 32 regions of China to save energy and reduce CO2 emissions // Sustainability, 2017. V. 9 (10). P. 1-13.
32. Воличенко О.В. Методы экологического проектирования жилых зданий на примере города Бишкек // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2022. № 2(38). С. 81-97.

REFERENCES

1. Le Korbyuz'e. Arhitektura XX veka [20th century architecture]. М.: Progress, 1977. 306 p. (rus)
2. Vorob'ev V.S., Sidorenko I.L. Krupnopanel'noe domostroenie: istoricheskaya neobhodimost' i perspektivnaya tekhnologiya stroitel'noj otrasli [Large-panel housing construction: historical necessity and promising technology of the construction industry] // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. 2022. No. 1(60). Pp. 130-139. doi:10.52170/1815-9265_2022_60_130 (rus)
3. Kalabin A.V., Kukovyakin A. B., Massovaya zhilaya zastrojka: problemy i perspektivy [Mass residential development. Problems and prospects] // Akademicheskij vuestnik UralNIIproekt RAASN. 2017. No. 3 (34). Pp. 55-60.
4. Kazin A.S. Industrial'noe domostroenie: vchera, segodnya, zavtra [Industrial housing construction: yesterday, today, tomorrow] // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2018. No. 10. Pp. 22-26. (rus)
5. Nikolaev S.V. Obnovlenie zhilishchnogo fonda strany na baze krupnopanel'nogo domostroeniya [Renovation of the country's housing stock on the basis of large-panel housing construction] // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2018. No. 10. Pp. 17-21. (rus)
6. Pavlenko D.V., SHmelev S.E., Kuznecov D.V., Saprionov D.V., Fisenko S.S., Damrina N.V. Universal'naya sistema sbornogo domostroeniya RB-YUg ot idei do voploshcheniya na stroitel'noj ploshchadke [Universal system of prefabricated housing construction RB-South from idea to implementation at the construction site] // Stroitel'nye materialy. 2019. No. 3. Pp. 4-10. doi:10.31659/0585-430X-2019-768-3-4-10 (rus)
7. Caritova N.G., Kurbanov A. I., Kurbanova A. A. Energoeffektivnye zdaniya na osnove transformiruemykh karkasov [Energy-efficient buildings based on transformable frames] // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2022. No. 6(104). Pp. 91-103. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-104-6-91-103> (rus)
8. Baghdadi A., Heristchian M., Kloft H. Connections placement optimization approach toward new prefabricated building systems // Engineering structures. 2021. Vol. 233. [Online]. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029620342498> (date of application: 07.05.2023).
9. Duan Y., Li G. Analysis on the Quality Problems and Preventive Measures of Prefabricated Building Construction // Journal of physics. Conferens series. 2020. Vol. 1648. Is. 3. [Online]. URL:<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1648/3/032141/meta> (date of application: 07.05.2023).

10. Niemela T., Kosonen R., Jokisalo J. Energy performance and environmental impact analysis of cost-optimal renovation solutions of large panel apartment building in Finland // *Sustainable cities and society*. 2017. Vol. 32. Pp. 9-30.
11. Blaauwendraal J. Stringer-panel models in structural concrete: applied to D-region design / Cham: Springer, 2018. 99 p.
12. Gidion Z. Prostranstvo, vremya, arhitektura [Raum, Zeit, Architektur]. Moskva: Strojizdat., 1984. 458 p. (rus)
13. Mironov A. V. Filosofiya arhitektury: tvorchestvo Le Korbyuz'e [Philosophy of architecture: the work of Le Corbusier]. Moskva: Maks Press, 2012. 289 p. (rus)
14. Polyakov E.N., Polyakova O.P. SHvejcarskij period (1887–1917) v zhizni i tvorchestve SHarlya-Eduara ZHannere-Gri (Le Korbyuz'e) [The Swiss period (1887–1917) in the life and work of Charles-Edouard Jeanneret-Gris (Le Corbusier)] // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2021. T. 23. No. 3. Pp. 9–20. doi:10.31675/1607-1859-2021-23-3-9-20 (rus)
15. Ocherki teorii i istorii kultury XX veka /Otv. red. YU V Petrov [Essays on the theory and history of culture of the XX century]. Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet, 2007. 440 p. (rus)
16. Olejnik P.P., Pahomova L.A. Modelirovanie vozvedeniya zhilyh domov iz krupnogabaritnyh blokov [Modeling the construction of residential buildings from large blocks]. *Vestnik MGSU*. 2023. T. 18 (3). Pp. 463-470. doi:10.22227/1997-0935.2023.3.463-470 (rus)
17. Somov G. YU. 1986. Plastika arhitekturnoj formy v massovom stroitelstve [Plasticity of architectural form in mass construction]. M.: Strojizdat, 1986. 206 p. (rus)
18. Zhdanova I.V. Metody povysheniya kachestva serijnoj zhiloy zastrojki 70-80-h gg. XX v. [Methods for improving the quality of serial residential development in the 70-80s. 20th century] // *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2012. No. 1. Pp. 22-26. (rus)
19. Same bystrye strojki mira [The fastest construction sites in the world]. URL: <https://www.cre.ru/analytics/83393> (data obrashcheniya 11.04.2023) (rus)
20. Sohalin O. Kitajskie inzhenery vozveli mnogoetazhnyj zhiloy dom za 28 chasov [Chinese engineers built a multi-storey residential building in 28 hours]. URL: <https://inlnk.ru/4yMPpp> (data obrashcheniya 11.04.2023) (rus)
21. Logvinov V. Ot «zelenogo stroitelstva» k prirodointegrirovannoj arhitekture. Princip ispolzovaniya form. Chast 2 [From «green building» to nature-integrated architecture. The principle of using forms. Part 2] // *Proekt Bajkal*. 2018. T. 15. No. 55. Pp. 156-163. doi:10.7480/projectbaikal.55.1310. (rus)
22. Badin G.M. Tekhnologii stroitelstva i rekonstrukcii energoeffektivnyh zdaniy [Technologies of construction and reconstruction of energy efficient buildings]. SPb.: BHV-Peterburg, 2017. 464 p. (rus)
23. Kustova D., Truhacheva G. Energoeffektivnaya arhitektura: Osobennosti proektirovaniya energoeffektivnyh zhilyh kompleksov dlya razlichnyh socialnyh grupp naseleniya [Energy Efficient Architecture: Features of Designing Energy Efficient Residential Complexes for Various Social Groups of the Population]. London: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 64 p. (rus)
24. Il'ichev V. A., Emel'yanov S.G., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Innovacionnye tekhnologii v stroitelstve gorodov. Biosfernaya sovmestimost i chelovecheskij potencial [Innovative technologies in the construction of cities. Biospheric Compatibility and Human Potential]: uchebnoe posobie. M.: Izdatelstvo ASV, 2019. 208 p. (rus)
25. Prokoshev S.A., Syrchin N.A., Turbinov A.R., Lapin V.I., Rakov N.D. Osobennosti planirovochnoj struktury mnogoetazhnyh zhilyh domov s vozobnovlyaemymi istochnikami energii [Features of the planning structure of multi-storey residential buildings with renewable energy sources] // *Innovacii i investicii*. 2018. No. 3. Pp. 245-248. (rus)
26. Volichenko O.V. Vzaimnoe tyagotenie i protivorechie prirodnyh i arhitekturnykh form (evolyucionnyj aspekt) [Mutual attraction and contradiction of natural and architectural forms (evolutionary aspect)] // *Arhitekton: izvestiya vuzov*. 2011. No. 3(35). Pp. 6. (rus)
27. Patent № 2790148 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK E04B 1/02. Zdanie iz panelnyh elementov [Panel building]: № 2022121477: zayavl. 08.08.2022: opubl. 14.02.2023 / V.I. Kolchunov, V.S. Moskovceva, N.V. Fedorova, S.YU. Savin; zayavitel Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet». (rus)
28. Volichenko O. V. Vliyanie mejnstrimov zapadnogo avangarda v arhitekture Centralnoj Azii [Influence of mainstream Western avant-garde in the architecture of Central Asia] // *Arhitekton: izvestiya vuzov*. 2013. No. 1(41). Pp. 29-39. (rus)
29. De Garrido L. Arquitectura para la felicidad. Madrid: Institute Monsa de Ediciones, 2013. 96 p.
30. Binici H., Aksogan O., Demirhan C. Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials // *Sustainable Cities and Society*. 2016. V. 20. Pp. 17-26.
31. Yuan J., Farnham C., Emura K. Optimum insulation thickness for building exterior walls in 32 regions of China to save energy and reduce CO2 emissions // *Sustainability*. 2017. V. 9 (10). Pp. 1-13.
32. Volichenko O.V. Metody ekologicheskogo proektirovaniya zhilyh zdaniy na primere goroda Bishkek [Methods of ecological design of residential buildings on the example of the city of Bishkek] // *Biosfernaya sovmestimost: chelovek, region, tekhnologii*. 2022. No. 2(38). Pp. 81-97. doi:10.21869/2311-1518-2022-38-2-81-97. (rus)

Информация об авторах:

Воличенко Ольга Владимировна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия,
доктор архитектуры, профессор кафедры архитектуры, градостроительства и графики.
E-mail: wolitschenko@mail.ru

Литягина Арина Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия,
студентка кафедры архитектуры, градостроительства и графики.
E-mail: arina.lityagina@gmail.com

Information about authors:

Volichenko Olga V.

Southwest State University, Kursk, Russia,
doctor of architecture, professor of the department of architecture, urban planning and graphics.
E-mail: wolitschenko@mail.ru

Lityagina Arina V.

Southwest State University, Kursk, Russia,
student of the department of architecture, urban planning and graphics.
E-mail: arina.lityagina@gmail.com

Л.В. МОРОЗОВА¹, А.Е. ЕНИН¹

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

СТРУКТУРА АГЛОМЕРАЦИЙ КАК ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

***Аннотация.** Пространственная организация и регулирование деятельности человека путем территориального планирования является весьма актуальной проблемой для многих стран мира. Вопрос оптимальной сети расселения населения всегда остро стояла перед Россией по ряду причин, некоторые из которых были учтены при проведении административно-территориальной реформы. В указанном аспекте все большую актуальность приобретает определение структурно-динамических характеристик сети расселения.*

В статье рассматриваются методические вопросы исследования региональной пространственной структуры агломерации. Моделирование строит ряд уровней с пространственным распределением населения по функции, по потенциалу и возможности территории реализовать рассмотренные варианты расселения. Эта иерархичность представляет собой различные стороны взаимодействия в соответствии с выбранным параметром. Построенные слои являются удобным инструментом для определения исходных агломераций и перспективных точек роста региона, стимулирование развития которых будет способствовать оптимальному использованию территориального потенциала, а также повышению экономического и инвестиционного потенциала. Изложенный подход исследования пространственной структуры агломерации может быть востребован для обоснованного территориального, градостроительного планирования и управления, для эффективной политики регионального развития и т.д.

***Ключевые слова:** агломерация, территориальное планирование, расселение, градостроительные связи, моделирование.*

L.V. MOROZOVA¹, A.E. ENIN¹

¹Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

STRUCTURE OF AGGLOMERATIONS AS ONTOLOGICAL BASIS OF TERRITORIAL PLANNING

***Abstract.** The spatial organization and regulation of human activity through territorial planning is a very urgent problem for many countries of the world. The issue of the optimal network of population resettlement has always been acute for Russia for a number of reasons, some of which were taken into account in the course of the administrative-territorial reform. In this aspect, the determination of the structural and dynamic characteristics of the settlement network is becoming increasingly important. The article deals with methodological issues of studying the regional spatial structure of the agglomeration. Modeling builds a number of levels with the spatial distribution of the population by function, by the potential and ability of the territory to implement the considered settlement options. This hierarchy represents the different sides of the interaction in accordance with the selected parameter. The constructed layers are a convenient tool for determining the initial agglomerations and promising growth points of the region, the development of which will stimulate the optimal use of the territorial potential, as well as increase the economic and investment potential. The described approach to the study of the spatial structure of the agglomeration can be in demand for sound territorial and urban planning and management, for an effective policy of regional development, etc.*

***Keywords:** agglomeration, territorial planning, settlement, urban relations, modeling.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашникова О.Е. Управление потенциалом агломерации на примере Ростовской агломерации // Экономический потенциал. 2017. № 1. С. 12-14.
2. Хуснутдинова С.Р. Изменения функционально-территориальной структуры городской агломерации на рубеже XX-XXI веков (на примере Казанской агломерации) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2019. № 3(35). С. 68-78.
3. Pujiati A., Bowo P., Nihayah D. The Urban Sustainability Index in Urban Agglomeration. JEJAK: Jurnal Ekonomi. 2018. No. 7. Pp. 32.
4. Нежданов В.А. Актуализация процесса развития Обнинской агломерации (северо-восточной агломерации Калужской области) // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Серия: Экономика и управление. 2020. № 16. С. 19-20.
5. Яроцкая Е.В. Влияние городской агломерации на устойчивость развития сельских территорий в аграрном регионе (на примере Краснодарского края) // Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. 2022. 193 с.
6. Zuziak Z.K. Strefa podmiejska w architekturze miasta w stron ę nowej architektoniki regionu miejskiego. Biblioteka Urbanisty: Warszawa, Poland. 2005. Vol. 7. No. 3. Pp. 17–32.
7. Авдеева Т.Т. Проблемы интеграции сельских территорий в городские агломерации (на примере Краснодарской агломерации) // Modern Economy Success. 2020. № 4. С. 240-246.
8. Моисеенко А.А. Формирование инновационной инфраструктуры городской агломерации (на примере Ростовской агломерации) // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2014. № 6(49). С. 37-42.
9. Ворошилов Н.В. Подходы к оценке развитости агломераций на территории России // Проблемы развития территории. 2019. № 4 (102). С. 40-54.
10. Niemets K, Niemets L. Prostorovyi analiz u suspilnii heohrafic novi pidkhody, metody. Spatial analysis in social geography: new approaches, methods, models. 2013. No. 13. Pp. 228.
11. Niemets K., Schida K., Niemets L. Bahatovymymi analiz u suspilni heohrafii (netradytsaini metody). Multidimensional analysis in social geography (non-traditional methods). 2016. No. 4. Pp. 120.
12. Дончевский Г.Н., Игнатьева А.В. Актуальные проблемы развития городских агломераций в Российской Федерации // "Спутник+". 2014. С. 8-15.
13. Демьяненко А.Н. Городские агломерации и стратегия пространственного развития: взгляд географа // Регионалистика. 2020. № 3. С. 43-52.
14. Енин А.Е. Ретроспектива формирования Воронежской агломерации // Гуманитарные науки в XXI веке: научный Интернет-журнал. 2022. № 19. С. 65-75.
15. Колясников В.А. Развитие понятия «городская агломерация» // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2015. №2. С. 13.
16. Combes P.P., Gobillon L. The Empirics of Agglomeration Economies. Handbook of Urban and Regional Economic. 2015. No. 7. Pp. 247-348.
17. Polge E., Torre A. Territorial governance and proximity dynamics. The case of twopublic policy arrangements in the Brazilian Amazon. Papers in Regional Science. 2017. No. 6. Pp. 47-48.

REFERENCES

1. Kalashnikova O.E. Upravlenie potencialom aglomeracii na primere Rostovskoj aglomeracii [Управление потенциалом агломерации на территории Ростовской агломерации] // Ekonomicheskij potencial. 2017.No. 1. Pp. 12-14. (rus)
2. Husnutdinova S.R. Izmeneniya funkcional'no-territorial'noj struktury gorodskoj aglomeracii na rubezhe XX-XXI vekov (na primere Kazanskoj aglomeracii) [Changes in the functional-territorial structure of the urban agglomeration at the turn of the 20th-21st centuries (on the example of the Kazan agglomeration)] // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika. 2019. No. 3(35). Pp. 68-78. (rus)
3. Pujiati A., Bowo P., Nihayah D. The Urban Sustainability Index in Urban Agglomeration. JEJAK: Jurnal Ekonomi. 2018. No. 7. Pp. 32.
4. Nezhdanov V.A. Aktualizaciya processa razvitiya Obninskoj aglomeracii (severo-vostochnoj aglomeracii Kaluzhskoj oblasti) [Actualization of the development process of the Obninsk agglomeration (north-eastern agglomeration of the Kaluga region)] // Vestnik obrazovatel'nogo konsorciuma Srednerusskij universitet. Seriya: Ekonomika i upravlenie. 2020. No. 16. Pp. 19-20. (rus)
5. Yarockaya E.V. Influence of the urban agglomeration on the sustainability of the development of rural areas in the agricultural region (on the example of the Krasnodar Territory) [Vliyanie gorodskoj aglomeracii na

ustojchivost' razvitiya sel'skih territorij v agrarnom regione (na primere Krasnodarskogo kraja)]. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina. 2022. 193 p. (rus)

6. Zuziak Z.K. Strefa podmiejska w architekturze miasta w stron ě nowej architektoniki regionu miejskiego. Biblioteka Urbanisty: Warszawa, Poland. 2005. Vol. 7. No. 3. Pp. 17–32.

7. Avdeeva T.T. Problemy integracii sel'skih territorij v gorodskie aglomeracii (na primere Krasnodarskoj aglomeracii) [Problems of integration of rural areas into urban agglomerations (on the example of the Krasnodar agglomeration)] // Modern Economy Success. 2020. No. 4. Pp. 240-246. (rus)

8. Moiseenko A.A. Formirovanie innovacionnoj infrastruktury gorodskoj aglomeracii (na primere Rostovskoj aglomeracii) [Formation of the innovative infrastructure of the urban agglomeration (on the example of the Rostov agglomeration)] // Nauka i obrazovanie: hozyajstvo i ekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravlenie. 2014. No. 6(49). Pp. 37-42. (rus)

9. Voroshilov N.V. Podhody k ocenke razvitosti aglomeracij na territorii Rossii [Approaches to assessing the development of agglomerations in Russia] // Problemy razvitiya territorii. 2019. No. 4 (102). Pp. 40-54. (rus)

10. Niemets K., Niemets L. Prostorovyi analiz u suspilnii heohrafic novi pidkhody, metody. Spatial analysis in social geography: new approaches, methods, models. 2013. No. 13. Pp. 228.

11. Niemets K., Schida K., Niemets L. Bahatovymymi analiz u suspilni heohrafii (netradytsaini metody). Multidimensional analysis in social geography (non-traditional methods). 2016. No. 4. Pp. 120.

12. Donchevskij G.N., Ignat'eva A.V. Aktual'nye problemy razvitiya gorodskih aglomeracij v Rossijskoj Federacii [Actual problems of development of urban agglomerations in the Russian Federation] // "Sputnik+". 2014. Pp. 8-15. (rus)

13. Dem'yanenko A.N. Gorodskie aglomeracii i strategiya prostranstvennogo razvitiya: vzglyad geografa [Urban agglomerations and spatial development strategy: a geographer's view] // Regionalistika. 2020. No. 3. Pp. 43-52. (rus)

14. Enin A.E. Retrospektiva formirovaniya Voronezhskoj aglomeracii [Retrospective of the formation of the Voronezh agglomeration] // Gumanitarnye nauki v XXI veke: nauchnyj Internet-zhurnal. 2022. No. 19. Pp. 65-75. (rus)

15. Kolyasnikov V.A. Razvitie ponyatiya «gorodskaya aglomeraciya» [Development of the concept of "urban agglomeration"] // Akademicheskij vestnik UralNIIproekt RAASN. 2015. No. 2. Pp. 13. (rus)

16. Combes P.P., Gobillon L. The Empirics of Agglomeration Economies. Handbook of Urban and Regional Economic. 2015. No. 7. Pp. 247-348.

17. Polge E., Torre A. Territorial governance and proximity dynamics. The case of twopublic policy arrangements in the Brazilian Amazon. Papers in Regional Science. 2017. No. 6. Pp. 47-48.

Информация об авторах:

Морозова Любовь Владимировна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Россия, аспирантка кафедры основ проектирования и архитектурной графики.

E-mail: morozvalyubov@gmail.com

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

Information about authors:

Morozova Lyubov V.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, postgraduate student of the department of fundamentals of design and architectural graphics.

E-mail: morozvalyubov@gmail.com

Enin Alexander E.

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

С.Г. ШЕИНА¹, А.А. ФЕДОРОВСКАЯ¹

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИТОРИИ СУБЪЕКТА РФ

***Аннотация.** В статье рассматривается процесс и значение многокритериальной оценки территории для обеспечения ее устойчивого развития, а также выбора возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) и места их размещения с точки зрения сохранения экологического потенциала ландшафта территории субъекта РФ. Ключевой особенностью является определение влияния ВИЭ на экологический потенциал территории ввиду многокомпонентности составляющих для оценки. Известно, что одно из преимуществ возобновляемой энергетики - это уменьшение негативного воздействия на окружающую среду, однако разные виды ВИЭ оказывают различное влияние на природную систему территории и прямое, и косвенное. Комплексная оценка территории субъекта РФ предлагается как инструмент, позволяющий интегрировать различные виды информации о состоянии потенциала территории для применения ВИЭ, экологического ландшафта, антропогенной нагрузки и прочих данных в единую систему для качественного пространственного анализа региональной системы.*

***Ключевые слова:** территориальное планирование, градостроительство, устойчивое развитие территорий, комплексная оценка территории, возобновляемые источники энергии, экологический ландшафт, экологический потенциал.*

S.G. SHEINA¹, A.A. FEDOROVSKAYA¹

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

STUDY FOR THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES ON THE ENVIRONMENTAL POTENTIAL OF THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERAL SUBJECT

***Abstract.** The article discusses the process and significance of a multi-criteria assessment of the territory to ensure its sustainable development, as well as the choice of renewable energy sources (hereinafter referred to as RES) and their location in terms of preserving the ecological potential of the landscape of the territory of the subject of the Russian Federation. The key feature is the determination of the impact of RES on the ecological potential of the territory due to the multicomponent components for evaluation. It is known that one of the advantages of renewable energy is to reduce the negative impact on the environment, however, different types of renewable energy have different effects on the natural system of the territory, both direct and indirect. A comprehensive assessment of the territory of a constituent entity of the Russian Federation is proposed as a tool that allows integrating various types of information on the state of the potential of the territory for the use of renewable energy sources, the ecological landscape, anthropogenic load and other data into a single system for a qualitative spatial analysis of the regional system.*

***Keywords:** territorial planning, urban planning, sustainable development of territories, integrated assessment of the territory, renewable energy sources, ecological landscape, ecological potential.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Стратегии пространственного развития до 2025 года [Электронный ресурс]. URL:<http://government.ru/docs/35733/> (дата обращения: 22.06.2022).
2. Что климат грядущий нам готовит [Электронный ресурс]. URL:<https://globalenergyprize.org/ru/2022/06/14/что-климат-грядущий-нам-готовит/> (дата обращения: 22.06.2022).
3. Экологическая оценка использования возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс]. URL:<https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/fakty-mnenija-komentarii/yekologicheskaja-ocenka-ispolzovanija-vozobnovljaemyh-istochnikov-yenergii.html> (дата обращения: 22.06.2022).
4. Sologubova G.S., Prospects for the development of renewable energy sources in the Russian Federation J. Technical and technological problems of service. 2020. № 2 (52). Pp. 55-63.
5. Шейна С.Г., Хамавова А.А., Сердюкова А.А. Разработка методики планирования сельских территорий в рамках развития аграрнопромышленного комплекса Ростовской области // Недвижимость: экономика, управление. 2018. № 1. С. 41-46.
6. Телыченко В.И., Щербина Е.В. Социально-природно-техногенная система устойчивой среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 6. С. 5-12. doi:10.33622/0869-7019.2019.06.5-12.
7. Вильнер М.Я. О градостроительных основах инновационного развития России // БСТ: бюллетень строительной техники. 2009. № 1. С. 38-40.
8. Шейна С.Г., Федоровская А.А., Шевелева А.А. Комплексная оценка территории как механизм выбора местоположения и вида альтернативного источника энергии // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2017. № 10(998). С. 38-41.
9. Российская Ассоциация Ветроиндустрии, РАВИ [Электронный ресурс]. URL: <https://rawi.ru/> (дата обращения: 25.06.2022).
10. Национальный атлас России [Электронный ресурс]. URL: <https://nationalatlas.ru/> (дата обращения: 25.06.2022).
11. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. — ООН, Нью-Йорк, сентябрь 2015 г. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (дата обращения: 25.06.2022).
12. Balat M., Usage of Energy Sources and Environmental Problems // J. Energy Exploration & Exploitation. 2005. № 23(2). Pp. 141-167.
13. Uzun V.Y., State Program for the Comprehensive Development of Rural Areas: Analysis of the Project // J.Economic Development of Russia. 2019. № 26(5). Pp. 30-34.
14. Kurbatova S.M., State program "Comprehensive development of rural areas": general characteristics // Problems of modern agricultural science Materials of Intern. scientific. conf. Krasnoyarsk: Publishing house of the Krasnoyarsk GAU. 2020. Pp. 437-440.
15. Энергетика: история, настоящее и будущее. [Электронный ресурс]. URL:<http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-3/section-5> (дата обращения: 25.06.2022).
16. Щербина Е.В., Данилина Н.В. Градостроительные аспекты проектирования устойчивой городской среды // Вестник ИрГТУ. 2014. № 11(94). [Электронный ресурс]. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/gradostroitelnye-aspekty-proektirovaniya-ustoychivoy-gorodskoy-sredy> (дата обращения: 30.06.2022).
17. Король Е.А., Журавлева А.А. Improvement of organizational and technological design of low-rise residential buildings with consumption of fuel and energy resources // Недвижимость: экономика, управление. 2021. № 2. С. 63–68.
18. Щербина Е.В., Горбенкова Е.В. Оценка факторов, обеспечивающих устойчивое развитие сельских поселений // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 4 (16). С. 97-105.
19. Graboviy P. Environmental aspects of substantiation of the production decision efficiency // MATEC Web Conf. 2018, 193, 05017. doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201819305017>.
20. Phillis A., Grigoroudis E., Kouikoglou V. Assessing national energy sustainability using multiple criteria decision analysis // International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 2021. No. 28(1). Pp. 18-35. doi:10.1080/13504509.2020.1780646/

REFERENCES

1. Ob utverzhdenii Strategii prostranstvennogo razvitija do 2025 goda [Jelektronnyj resurs]. URL:<http://government.ru/docs/35733/> (data obrashhenija: 22.06.2022).
2. Chto klimat grjadushij nam gotovit [Jelektronnyj resurs]. URL:<https://globalenergyprize.org/ru/2022/06/14/что-климат-грядущий-нам-готовит/> (data obrashhenija: 22.06.2022).
3. Jekologicheskaja ocenka ispol'zovanija vozobnovljaemyh istochnikov jenergii [Jelektronnyj resurs]. URL:<https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/fakty-mnenija-komentarii/yekologicheskaja-ocenka-ispolzovanija-vozobnovljaemyh-istochnikov-yenergii.html> (data obrashhenija: 22.06.2022).
4. Sologubova G.S. Prospects for the development of renewable energy sources in the Russian Federation J. Technical and technological problems of service. 2020. No. 2 (52). Pp. 55-63.

5. Sheina S.G., Hamavova A.A., Serdjukova A.A. Razrabotka metodiki planirovaniya sel'skih territorij v ramkah razvitija agrarnopromyshlennogo kompleksa Rostovskoj oblasti // Nedvizhimost': jekonomika, upravlenie. 2018. No. 1. Pp. 41-46.
6. Telichenko V.I., Shherbina E.V. Social'no-prirodno-tehnogennaja sistema ustojchivoj sredy zhiznedejatel'nosti // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2019. No. 6. Pp. 5-12. doi:10.33622/0869-7019.2019.06.5-12.
7. Vil'ner M. Ja. O gradostroitel'nyh osnovah innovacionnogo razvitija Rossii // BST: bjulleten' stroitel'noj tehniki. 2009. No. 1. Pp. 38-40.
8. Sheina S.G., Fedorovskaja A.A., Sheveleva A.A. Kompleksnaja ocenka territorii kak mehanizm vybora mestopolozhenija i vida al'ternativnogo istochnika jenerгии // BST: Bjulleten' stroitel'noj tehniki. 2017. No. 10(998). Pp. 38-41.
9. Rossijskaja Associacija Vetroindustrii, RAVI [Jelektronnyj resurs]. URL:<https://rawi.ru/> (data obrashhenija: 25.06.2022).
10. Nacional'nyj atlas Rossii [Jelektronnyj resurs]. URL <https://nationalatlas.ru/> (data obrashhenija: 25.06.2022).
11. Preobrazovanie nashego mira: Povestka dnja v oblasti ustojchivogo razvitija na period do 2030 goda. — OON, N'ju-Jork, sentjabr' 2015 g. [Jelektronnyj resurs]. URL:<https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (data obrashhenija: 25.06.2022).
12. Balat M., Usage of Energy Sources and Environmental Problems // J. Energy Exploration & Exploitation. 2005. No. 23(2). Pp. 141-167.
13. Uzun V.Y., State Program for the Comprehensive Development of Rural Areas: Analysis of the Project // J.Economic Development of Russia. 2019. No. 26(5). Pp. 30-34.
14. Kurbatova S.M., State program "Comprehensive development of rural areas": general characteristics // Problems of modern agricultural science Materials of Intern. scientific. conf. Krasnoyarsk: Publishing house of the Krasnoyarsk GAU. 2020. Pp.4 37-440.
15. Jenergetika: istorija, nastojashhee i budushhee. [Jelektronnyj resurs]. URL:<http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-3/section-5> (data obrashhenija: 25.06.2022).
16. Shherbina E.V., Danilina N.V. Gradostroitel'nye aspekty proektirovaniya ustojchivoj gorodskoj sredy // Vestnik IrGTU. 2014. No. 11 (94). [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gradostroitelnye-aspekty-proektirovaniya-ustoychivoy-gorodskoy-sredy> (data obrashhenija: 30.06.2022).
17. Korol' E.A., Zhuravleva A.A. Improvement of organizational and technological design of low-rise residential buildings with consumption of fuel and energy resources // Nedvizhimost': jekonomika, upravlenie. 2021. No. 2. Pp. 63–68.
18. Shherbina E.V., Gorbenkova E.V. Ocenka faktorov, obespechivajushih ustojchivoe razvitie sel'skih poselenij // Biosfernaja sovместimost': chelovek, region, tehnologii. 2016. No. 4 (16). Pp. 97-105.
19. Graboviy P. Environmental aspects of substantiation of the production decision efficiency // MATEC Web Conf. 2018, 193, 05017. doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201819305017>.
20. Phillis A., Grigoroudis E., Kouikoglou V. Assessing national energy sustainability using multiple criteria decision analysis // International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 2021. No. 28(1). Pp.18-35, doi:10.1080/13504509.2020.1780646/.

Информация об авторах:

Шейна Светлана Георгиевна

ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия,
доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Городское строительство и хозяйство».
E-mail: rgsu-gsh@mail.ru

Федоровская Альбина Ахмедовна

ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство».
E-mail: bina-87@mail.ru

Information about authors:

Sheina Svetlana G.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia,
doctor of technical science, professor, head of the department «Urban engineering and facilities».
E-mail: rgsu-gsh@mail.ru

Fedorovskaya Albina A.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia,
candidate of technical science, Associate Professor of the Department of «Urban engineering and facilities».
E-mail: bina-87@mail.ru

А.В. КРУТСКИХ¹, В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ¹, К.С. ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ¹,
Т.Б. НОВИЧЕНКОВА¹

¹ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЦЕМЕНТНЫЕ БЕТОНЫ С ДИСКРЕТНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

Аннотация. Вопросы, связанные с повышением качества эксплуатационных свойств железобетонных и бетонных конструкций путем введения дискретного армирования – фиброармирования являются актуальными задачами строительного материаловедения. Получение высокотехнологичных бетонов с повышенными огнезащитными свойствами путем введения оптимального сочетания компонентов фибрового армирования являлось целью исследования. Проанализировано изменение прочности бетона на сжатие после огневых испытаний в зависимости от процентного содержания полипропиленовой фибры. При расчете контрольных составов фибробетонов была использована программа ТСП-27-25, разработанная в Тверском государственном техническом университете позволяющая моделировать различные составы бетонов. Установлено, что добавление фибры позволяет повысить огнестойкость бетонов при оптимальном её количестве. Дана оценка прочностных характеристик исследуемых образцов после огневого воздействия. Исследовано влияние содержания полипропиленовой фибры на характер разрушений бетонов.

Ключевые слова: бетон, модифицирование, дискретное армирование, фибра, огнестойкость.

A.V. KRUTSKIKH¹, V.B. PETROPAVLOVSKAYA¹, K.S. PETROPAVLOVSKIY¹,
T.B. NOVICHENKOVA¹

¹Tver State Technical University, Tver, Russia

MODIFIED CEMENT CONCRETE WITH DISCRETE REINFORCEMENT

Abstract. Issues related to improving the quality of the operational properties of reinforced concrete and concrete structures by introducing discrete reinforcement - fiber reinforcement are topical tasks of building materials science. The aim of the study was to obtain high-tech concretes with increased flame retardant properties by introducing an optimal combination of fiber reinforcement components. The change in the compressive strength of concrete after fire tests, depending on the percentage of polypropylene fiber, is analyzed. The TSP-27-25 program, developed at the Tver State Technical University, which allows modeling various concrete compositions, was used in the calculation of the control compositions of fiber-reinforced concrete. It has been established that the addition of fiber makes it possible to increase the fire resistance of concrete with an optimal amount of it. An assessment of the strength characteristics of the studied samples after fire exposure is given. The influence of polypropylene fiber content on the nature of concrete destruction is investigated.

Keywords: concrete, modification, discrete reinforcement, fiber, fire resistance.

© Крутских А.В., Петропавловская В.Б., Петропавловский К.С., Новиченкова Т.Б., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дербасова Е.М. Основные барьеры и перспективы применения инновационных технологий и строительных материалов (на примере бетона) при возведении жилья // *Перспективы развития строительного комплекса*. 2012. Т. 1. С. 211-215.
2. Соловьёв В.Г., Шувалова Е.А. Эффективность применения различных видов фибры в бетонах // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 9 (63). С.78-81.
3. Пухаренко Ю.В., Пантелеев Д.А., Жаворонков М.И. Влияние вида фибры и состава матрицы на их сцепление в фибробетоне // *Вестник СибАДИ*. 2022. Т.19. № 3 (85). С. 436-445.
4. Пухаренко Ю.В., Пантелеев Д.А., Жаворонков М.И. Определение вклада фибры в формирование прочности сталефибробетона // *Вестник гражданских инженеров*. 2017. № 1(60). С. 172–176.
5. Рябова А.А. Оценка стеклофибробетона как конструкционного материала // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 11-3. С. 500-504.
6. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2001. 382 с.
7. Романов Н.Н., Кузьмин А.А., Пермяков А.А., Федоров А.В., Симонова М.А. Методика расчета режимов прогрева строительных конструкций в условиях внутреннего пожара // *Вестник Международной академии холода*. 2021. № 1. С. 84–93.
8. Новиков Н.С. Огнестойкость конструкций из фибробетона для автодорожных тоннелей и метрополитена // *Автореферат к диссертации*. М. 2019
9. Еремина Т.Ю., Корольченко Д.А. Обзор программного обеспечения расчета огнестойкости строительных конструкций для различных моделей пожаров // *Пожаровзрывобезопасность*. 2020. Т. 29. № 3. С. 44–53.
10. Федоров В.С., Левицкий В.Е., Соловьев И.А. Проблемы расчета фактической огнестойкости зданий и сооружений // *Международный научный семинар «Перспективы развития программных комплексов для расчета несущих систем зданий и сооружений»: сборник научных трудов*. Курск, 2013. С. 32-37.
11. Белов В.В., Семенов К.В. Огнестойкость железобетонных конструкций: модели и методы расчета // *Инженерно-строительный журнал*. № 6. С. 58-61.
12. Еналеев Р.Ш., Теляков Э.Ш., Тучкова О.А., Осипова Л.Э. Огнестойкость элементов конструкций при пожарах на предприятиях нефтегазового комплекса // *Известия ВУЗов. Проблемы энергетики*. 2010. № 11–12. С. 23–34.
13. Пашковский П.С., Зинченко И.Н., Богомаз А.М. Математическая модель тепломассообменных процессов при пожаре в здании // *Научный вестник НИИГД «Респиратор»*. 2015. № 52. С. 51–59.
14. Xu M., Song S., Feng L., Zhou J., Li H., Li V. C. Development of basalt fiber engineered cementitious composites and its mechanical properties // *Construction and Building Materials*. 2021. Т. 266. P. 121173.
15. Красиникова Н.М., Хозин В.Г., Кашапов Р.Р. Исследование эксплуатационных характеристик тяжелых цементных бетонов с полифункциональной добавкой // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2017. № 4. С. 296-302.
16. Волков И.В. Фибробетон: технико-экономическая эффективность применения // *Промышленное и гражданское строительство*. 2002. № 9.
17. Енджиевская И.Г., Демина А.В., Енджиевский А.С., Дубровская С.Д. Оценка взаимодействия добавок в бетоне // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2022. № 24(3). С. 128-137.
18. Altynbekova A., Lukpanov R., Dyusseminov D., Askerbekova A., Tkach E. (2022). Effect of a complex modified additive on the setting time of the cement mixture. *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra*, 325(2), 29–38. <https://doi.org/10.31643/2023/6445.15>
19. Lukpanov R., Dyusseminov D., Yenkebayev S., Yenkebayeva A., Tkach E. (2022). Additive for improving the quality of foam concrete made on the basis of micro silica and quicklime. *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra*, 323(4), 30–37. <https://doi.org/10.31643/2022/6445.37>

REFERENCES

1. Derbasova E.M. The main barriers and prospects for the use of innovative technologies and building materials (for example, concrete) in the construction of housing// *Prospects for the development of the construction complex*. 2012. Vol. 1. Pp. 211-215.
2. Solovyov V.G., Shuvalova E.A. The effectiveness of the use of various types of fiber in concrete // *International Research Journal*. 2017. No. 9 (63). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.63.065>
3. Pukharenko Yu.V., Panteleev D.A., Zhavoronkov M.I. The influence of the type of fiber and the composition of the matrix on their adhesion in fibroconcrete. *Bulletin of SibADI*. 2022. Vol.19. No. 3 (85). Pp. 436-445. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-3-436-445>

4. Pukhareno Yu.V., Pantelev D.A., Zhavoronkov M.I. Determination of the contribution of fiber to the formation of the strength of steel fiber concrete // Bulletin of Civil Engineers. 2017. No. 1(60). Pp. 172-176.
5. Ryabova A.A. Evaluation of fiberglass as a structural material // Fundamental research. 2015. No. 11-3. Pp. 500-504.
6. Roitman V.M. Engineering solutions for assessing the fire resistance of designed and reconstructed buildings. Association "Fire Safety and Science", 2001. 382 p.
7. Romanov N.N., Kuzmin A.A., Permyakov A.A., Fedorov A.V., Simonova M.A. Method of calculation of heating modes of building structures in conditions of internal fire. Bulletin of the International Academy of Cold. 2021. No. 1. Pp. 84-93. doi:10.17586/1606-4313-2021-20-1-84-93
8. Novikov N.S. Fire resistance of fiber-reinforced concrete structures for road tunnels and metro // Abstract to dissertation. M.2019
9. Eremina T.Yu., Korolchenko D.A. Review of software for calculating the fire resistance of building structures for various models of fires // Pozharovzryvobezопасnost/pozharovzryvobasopasnost. 2020. T. 29. No. 3. Pp. 44-53. <https://doi.org/10.22227/PVB.2020.29.03.44-53>
10. Fedorov V.S., Levitsky V.E., Soloviev I.A. Problems of calculating the actual fire resistance of buildings and structures // Collection of scientific papers of the International Scientific Seminar on September 19-20, 2013, Kursk. 2013.
11. Belov V.V., Semenov K.V. Fire resistance of reinforced concrete structures: models and calculation methods. Civil Engineering Journal. No. 6. Pp. 58-61.
12. Enaleev R.S., Telyakov E.S., Tuchkova O.A., Osipova L.E. Fire resistance of structural elements during fires at oil and gas complex enterprises. News of universities. Energy problems. 2010. No. 11-12. Pp. 23-34.
13. Pashkovsky P.S. Mathematical model of heat and mass transfer processes during a fire in a building / P.S. Pashkovsky, I.N. Zinchenko, A.M. Bogomaz // Scientific Bulletin of NIIGD "Respirator". 2015. No. 52. Pp. 51-59.
14. Xu M., Song S., Feng L., Zhou J., Li H., Li V. S. Development of cement composites based on basalt fiber and their mechanical properties // Construction and building materials. 2021. T. 266. P. 121173.
15. Krasnikova N.M., V Khozin.G., Kashapov R.R. Investigation of operational characteristics of heavy cement concretes with a multifunctional additive// KGASU, Kazan, Russia, Izvestiya Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2017. No. 4. Pp. 296-302.
16. Volkov I.V. Fibrobeton: technical and economic efficiency of application // Industrial and civil construction. 2002. No. 9.
17. Yendzhievskaya I.G., Demina A.V., Yendzhievsky A.S., Dubrovskaya S.D. Evaluation of the interaction of additives in concrete. Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2022. No. 24(3). Pp. 128-137.
18. Altynbekova A., Lukpanov R., Dyusseminov D., Askerbekova A., Tkach E. (2022). Effect of a complex modified additive on the setting time of the cement mixture. Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra, 325(2), 29–38. <https://doi.org/10.31643/2023/6445.15>
19. Lukpanov R., Dyusseminov D., Yenkebayev S., Yenkebayeva A., Tkach E. (2022). Additive for improving the quality of foam concrete made on the basis of micro silica and quicklime. Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra, 323(4), 30–37. <https://doi.org/10.31643/2022/6445.3>

Информация об авторах:

Крутских Андрей Викторович

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия,
старший преподаватель кафедры конструкций и сооружений.
E-mail: mister.krutskih@mail.ru

Петропавловская Виктория Борисовна

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия,
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры производства строительных изделий и конструкций.
E-mail: victoriapetrop@gmail.com

Петропавловский Кирилл Сергеевич

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений.
E-mail: kspetropavlovsky@gmail.com

Новиченкова Татьяна Борисовна

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций.
E-mail: tanovi.69@mail.ru

Information about the author:

Krutskiikh Andrey V.

Tver State Technical University, Tver, Russia,
senior lecturer of the Department of structures and constructions.
E-mail: mister.krutskih@mail.ru

Petropavlovskaya Victoria B.

Tver State Technical University, Tver, Russia,
doctor in technical sciences, docent, professor of the department of production of building products and structures.
E-mail: victoriapetrop@gmail.com

Petropavlovskii Kirill S.

Tver State Technical University, Tver, Russia,
candidate in technical sciences, associate professor of the department of structures and constructions.
E-mail: kspetropavlovsky@gmail.com

Novichenkova Tatiana B.

Tver State Technical University, Tver, Russia,
candidate in technical sciences, docent, associate professor of the department of production of building products and structures.
E-mail: tanovi.69@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 04.07.2023 г.
Дата выхода в свет 18.07.2023 г.
Формат 70×108/16. Печ. л. 8,8
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 182

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