

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

ISSN 2073-7416

BUILDING AND RECONSTRUCTION

№6 (98) 2021

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)

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

Редколлегия:

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

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

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

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

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

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)

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

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

Сергейчук О.В., д-р техн. наук, проф. (Украина)

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»

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2021

Содержание

**Владимир Ильич Травуш - ученый, конструктор и изобретатель
(выставка работ в НИУ МГСУ)** 3

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

Колчунов В.И., Аль-Хашими О.И., Протченко М.В. Жесткость
железобетонных конструкций при изгибе поперечной и продольной
силами..... 5

Коробко А.В., Калашникова Н.Г., Абашинов Е.Г. Поперечный изгиб и
свободные колебания упругих изотропных пластинок в виде
равнобедренных треугольников..... 20

Маркович А.С., Абу Махади М.И., Милосердова Д.А. Жесткость
наружной стеновой панели с проемом жилого дома серии I-515/5 при
перекосе..... 28

Турков А.В., Полешко С.И., Финадеева Е.А., Марфин К.В.
Исследование прогибов и частот собственных колебаний круглых
изотропных пластин линейно переменной толщины с утолщением к
краю..... 36

Безопасность зданий и сооружений

Дорохов В.Б., Пинтелин Н.Ю., Желдаков Д.Ю. Влияние
температурно-влажностного режима заглубленных объемов на
сохранность памятников архитектуры с монументальной живописью
на примере Спасо-Преображенского храма города Полоцка..... 43

Курнавина С.О., Манаенков И.К., Цацулин И.В. Влияние пластических
деформаций на работу железобетонных изгибаемых элементов при
смене знака усилия..... 50

Архитектура и градостроительство

Жиль-Улбе Матье Резерв аналитических поверхностей для
архитектуры и строительства..... 63

Шутка А.В., Гурьева Е.И. Градостроительная концепция
формирования архитектурно-пространственного решения въездного
знака в малый город..... 73

Строительные материалы и технологии

Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Получение сейсмостойкого
кирпича на основе шлака от выплавки безуглеродистого феррохрома и
некондиционной глины..... 82

Шестаков Н.И., Коршунов А.В., Путилин С.В. Перспективы
применения шлака медеплавильного производства в дорожном
строительстве..... 90

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 05.23.00 – Строительство и архитектура: 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки), 05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки), 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки), 05.23.05 – Строительные материалы и изделия (технические науки), 05.23.08 – Технология и организация строительства (технические науки), 05.23.17 – Строительная механика (технические науки), 05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства, 05.23.21 – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура), 05.23.22 – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (архитектура). Индексируется в РИНЦ, RSCI (Russian Science Citation Index – на платформе Web of Science)

Scientific and technical journal
The journal is published since 2003.
The journal is published 6 times a year.

№6 (98) 2021

BUILDING AND RECONSTRUCTION

The founder – Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education
«Orel State University named after I.S. Turgenev»
(Orel State University)

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)

Skobeleva 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)

Sergeyev O.V., doc. sc. tech., prof. (Ukraine)

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:

ПН №ФЦ 77-67169 from 16.09.2016 г.

Index on the catalogue of the «**Pressa Rossii**»
86294

© Orel State University, 2021

Contents

Vladimir I. Travush: scientist, designer and inventor (exhibition of works at NRU MGSU) 3

Theory of engineering structures. Building units

Kolchunov V.I., Al-Hashimi O.I., Protchenko M.V. Stiffness of reinforced concrete structures under bending with transverse and longitudinal forces ... 5

Korobko A.V., Kalashnikova N.G., Abashin E.G. Transverse bending and free vibrations of elastic isotropic plates in the form of isosceles triangles..... 20

Markovich A.S., Abu Mahadi M.I., Miloserdova D.A. The rigidity of the external wall panel with opening of residential building I-515/5 series in case bias..... 28

Turkov A.V., Poleshko S.I., Finadeeva E.A., Marfin K.V. Relationship of maximum deflections and natural frequencies vibrations of isotropic circular plates with inhomogeneous resistance conditions on the outer and inner contour..... 36

Building and structure safety

Dorokhov V.B., Pintelin N.Yu., Zheldakov D.Yu. Influence of the temperature and humidity regime of buried volumes on the preservation of architectural monuments with monumental paintings on the example of the Transfiguration church in Polotsk..... 43

Kurnavina S.O., Manaenkov I.K., Tsatsulin I.V. The influence of plastic strains on the behavior of bending reinforced concrete elements when changing the force sign..... 50

Architecture and town-planning

Gil-Oulbe Mathieu Reserve of analytical surfaces for architecture and construction..... 63

Shutka A.V., Gureva E.I. Urban planning concept of forming an architectural and spatial solution for an entrance sign to a small city..... 73

Construction materials and technologies

Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. Obtaining earthquake-resistant bricks based on slag from the smelting of carbon-free ferrochrome and substandard clay..... 82

Shestakov N.I., Korshunov A.V., Putilin S.V. Prospects for the application of copper melting slag in road construction..... 90

The journal **Building and Reconstruction** (Stroitel'stvo i rekonstruktsiya) have being included by Higher Attestation Commission in the List of peer-reviewed scientific journals, in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of science should be published, for the group of scientific specialties 05.23.00 - Construction and architecture: 05.23.01 - Building constructions, buildings and structures (technical sciences), 05.23.02 - Soils and foundations, underground structures (technical sciences), 05.23.03 - Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting (technical sciences), 05.23.05 - Building products and construction materials (technical sciences), 05.23.08 - Construction technology and organization (technical sciences), 05.23.17 - Structural mechanics (technical sciences), 05.23.19 - Environmental safety in construction and urban economy, 05.23.21 - Architecture of buildings and structures. Creative concepts of architectural activity (architecture), 05.23.22 - Urban planning, planning of rural settlements (architecture). The journal is indexed in RSCI, RSCI on the Web of Science.

ВЛАДИМИР ИЛЬИЧ ТРАВУШ - УЧЕНЫЙ, КОНСТРУКТОР И ИЗОБРЕТАТЕЛЬ (ВЫСТАВКА РАБОТ В НИУ МГСУ)

В рамках Года науки и технологий, 14 декабря, в НИУ МГСУ открылась выставка работ выдающегося ученого, конструктора и изобретателя, академика и вице-президента РААСН, д.т.н., профессора Владимира Ильича Травуша. Владимир Ильич относится именно к такой категории ученых, которым удастся не только создавать, исследовать, но и реализовывать в жизнь прорывные технические решения, которые, несомненно, являются большим вкладом в развитие мировой строительной техники и архитектуры. В торжественной церемонии открытия приняли участие ректор НИУ МГСУ академик РААСН Павел Алексеевич Акимов, представители академического и научного сообщества РААСН, НИУ МГСУ, а также аспиранты и студенты университета и других вузов. На выставке представлены фотографии и копии уникальных документов и проектов, в разработке которых принимал участие Владимир Ильич. Перед открытием выставки В.И. Травуш прочёл лекцию в коворкинг-центре университета об истории и перспективах высотного строительства в нашей стране (рисунок 1). Свою лекцию Владимир Ильич богато иллюстрировал фотографиями, схемами и рассказами о наиболее сложных и интересных моментах строительства. Он отметил, что высотное строительство в нашей стране имеет богатую историю и начало ему положило строительство Колокольни Ивана Великого в Москве. Владимир Ильич рассказал о неизвестных страницах истории Останкинской телевизионной башни в Москве и процессе её восстановления после пожара.



Рисунок 1 – Лекция В.И. Травуша об истории и перспективах высотного строительства в России в коворкинг-центре НИУ МГСУ

«Все высотные и большепролетные здания в нашей стране неразрывно связаны с именем Владимира Ильича. Уверен, встреча с ним надеюсь запомнится аспирантам и студентам университета. Приглашаю всех посетить его выставку», – отметил в своем выступлении ректор НИУ МГСУ П.А. Акимов. Все ознакомившиеся с выставкой (рисунок 2) отметили высокий профессионализм Владимира Ильича Травуша, его уникальные математические способности и личную скромность. Владимир Травуш – уникальный специалист, он окончил Днепропетровский инженерно-строительный институт и аспирантуру МИСИ–МГСУ. За годы работы принял участие в разработке и реализации более 70 проектов, в том числе Останкинской телевизионной башни в Москве, нереализованной башни Никитина–Травуша 4000 – одного из самых высочайших спроектированных небоскрёбов по заказу японской компании Митсусуби, всех высотных сооружений Московского международного делового центра «Москва-Сити», музея Хо Ши Мина в Ханое,

Крытого конькобежного центра в Крылатском, комплекса «Площадь Европы», моста «Багратион», Башни–2000, башни «Миракс-плаза» в Москве, Большой ледовой арены для хоккея с шайбой и трассы для бобслея в Сочи, административного здания в Нур-Султане, Ахмат Тауэр в Грозном, Идель Тауэр в Уфе, общественно-делового комплекса «Лахта-Центр» в Санкт-Петербурге, отмеченного в 2020 году премией Правительства РФ, престижной премией Emporis Skyscraper Awards, которая ежегодно присуждается лучшим высотным зданиям (Лахта-центр выбран лучшим среди 700 высотных зданий по всему миру), а также многих других престижных наград.



Рисунок 2 – Фрагмент выставки работ В.И. Травуша в НИУ МГСУ

Не у всех у нас есть призвание открывать новые вехи в фундаментальной науке. Еще сложнее бывает довести исследование до конкретных проектов и воплотить их в жизнь, то есть в строительство реальных, да еще и уникальных объектов как это делает Владимир Ильич Травуш, славный Юбилей которого в мае текущего 2021 года отметила научная и инженерная общественность РААСН, НИУ МГСУ, Горпроекта (г. Москва) и многих, многих научных и проектных организаций строительной отрасли страны.

Заместитель главного редактора
журнала «Строительство и реконструкция»,
доцент кафедры ЖБК НИУ МГСУ, к.т.н., доцент
С.Ю. Савин

Главный редактор
журнала «Строительство и реконструкция»,
Заведующий кафедрой УЗС ЮЗГУ,
академик РААСН, д.т.н., профессор
В.И. Колчунов

ВЛ.И. КОЛЧУНОВ^{1,2}, О.И. АЛЬ-ХАШИМИ¹, М.В. ПРОТЧЕНКО¹

¹ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия

²Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН Российская Федерация, г. Москва, Россия

ЖЕСТКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ИЗГИБЕ ПОПЕРЕЧНОЙ И ПРОДОЛЬНОЙ СИЛАМИ

Аннотация. В статье разработана модель для единичных составных полосок в блоке – клине и арках между наклонными трещинами, а также выполнена аппроксимация прямоугольных поперечных сечений с помощью малых квадратов в элементах матрицы.

Из анализа работ Н.И. Карпенко и С.Н. Карпенко получены «нагельные» усилия Q_s в продольной растянутой арматуре и сдвиг трещины Δ_s , как функции ширины раскрытия и деформаций бетона в зависимости от косинуса угла θ . При этом определены экспериментальные «нагельные» усилия $Q_{s,exp}$ и зависимости сдвига трещины $\Delta_{crc,exp}$ от a/h_0 в виде экспоненты для деформаций арматуры $\varepsilon_s \cdot m_{s,3}$ и расстояния l_x .

На основе принятых гипотез получен условный модуль сдвига шва ξ_m для полоски составной конструкции единичной длины при известной разности средних относительных линейных и угловых деформаций бетона (или арматуры). Это позволяет снизить порядок системы дифференциальных уравнений Ржаницына, а также получить в каждом шве суммарные угловые деформации $\gamma_{zx, stitch, sum, i}$ бетона и «нагельный» эффект арматуры. При этом кривизны составных стержней связаны с суммарным изгибающим моментом в стержне из нескольких брусков и суммой их жесткостей. Параметры матрицы жесткости для сжатой зоны бетона и рабочей арматуры получены из решения системы уравнений равновесия, деформаций и физических соотношений.

Ключевые слова: матрицы жесткости, поперечная сила, единичные составные полоски, арки с наклонными трещинами, модуль шва и кривизна, анкеровка, дифференциальные уравнения.

VL.I. KOLCHUNOV^{1,2}, O.I. AL-HASHIMI¹, M.V. PROTCHEENKO¹

¹South-West State University, Kursk, Russia

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

STIFFNESS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES UNDER BENDING WITH TRANSVERSE AND LONGITUDINAL FORCES

Abstract. The authors developed a model for single reinforced concrete strips in block wedge and arches between inclined cracks and approximated rectangular cross-sections using small squares in matrix elements. From the analysis of the works of N.I. Karpenko and S.N. Karpenko the "nagel" Q_s forces in the longitudinal tensile reinforcement and crack slip Δ_s , as a function of the opening width and concrete deformations in relation to the cosine of the angle θ . The experimental "nagel" forces $Q_{s,exp}$ and crack slip $\Delta_{crc,exp}$ dependences for the connection between $\Delta_{crc,exp}$ and a/h_0 in the form of an exponent for the reinforcement deformations $\varepsilon_s \cdot m_{s,3}$ and spacing l_x are determined. The forces have been calculated for two to three cross-sections (single composite strips) of reinforced concrete structures.

On the bases of accepted hypothesis, a new effect of reinforced concrete and a joint modulus ξ_m in a strip of composite single local shear zone for the difference of mean relative linear and angular deformations $\gamma_{zx, stitch, s, i}$ of mutual displacements of concrete (or reinforcement) are developed. The

hypothesis allows one to reduce the order of the system of differential equations of Rzhanitsyn and to obtain in each joint the total angular deformations of concrete and the "nagel" effect of reinforcement. The curvature of the composite bars has a relationship from the total bending moment of the bars to the sum of the rigidities. The stiffness physical characteristics of the matrix from the compressed concrete area and the working reinforcement are obtained in a system of equations of equilibrium and deformation, as well as physical equations.

Keywords: rigidity matrices, shear force, unit compound strips, arches with inclined cracks, suture modulus and curvature, anchors, differential equations.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лессинг Н.Н., Руллэ Л.К. Общие принципы расчета прочности железобетонных стержней на изгиб с кручением. В сб. НИИЖБ: Теория железобетона, посвященном 75-летию со дня рождения А.А. Гвоздева. 1972. С. 43-49.
2. Залесов А.С., Хозяинов Б.П. Прочность железобетонных элементов при кручении и изгибе // Известия вузов, разд. Строительство и архитектура. 1991. №1. С. 1-4.
3. Карпенко Н.И. К определению деформаций стержневых железобетонных коробчатых элементов с трещинами при кручении // Реферативный сб. ЦИНИСА: Межотраслевые вопросы строительства. «Отечественный опыт». 1970. №10. С. 39-42.
4. Карпенко Н.И. К расчету деформаций железобетонных стержней с трещинами при изгибе с кручением. Сб. НИИЖБ: Теория железобетона, посвященном 75-летию со дня рождения А.А. Гвоздева. М: Стройиздат. 1972. С. 50-59.
5. Арзамасцев С.А., Родевич В.В. К расчету железобетонных элементов на изгиб с кручением // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. №9. С. 99-109.
6. Ilker Kalkan, Saruhan Kartal. Torsional Rigidities of Reinforced Concrete Beams Subjected to Elastic Lateral Torsional Buckling // International Journal of Civil and Environmental Engineering. 2017. Vol. 11. No.7. Pp. 969-972.
7. Klein G., Lucier G., Rizkalla S., Zia P., Gleich H. Torsion simplified: a failure plane model for design of spandrel beams // ACI Concrete International Journal, February 2012. Pp.1-19.
8. Lin W. Experimental investigation on composite beams under combined negative bending and torsional moments // Advances in Structural Engineering. 2021. 24(6). Pp. 1456-1465. <https://doi.org/10.1177/1369433220981660>.
9. Травуш В.И., Карпенко Н.И., Колчунов В.И., Каприелов С.С., Демьянов А.И., Конорев А.В. Результаты экспериментальных исследований конструкций квадратного и коробчатого сечений из высокопрочного бетона при кручении с изгибом // Строительство и реконструкция. 2018. №6 (80). С. 32-43.
10. Травуш В.И., Карпенко Н.И., Колчунов В.И., Каприелов С.С., Демьянов А.И., Конорев А.В. Основные результаты экспериментальных исследований железобетонных конструкций из высокопрочного бетона В100 круглого и кольцевого сечений при кручении с изгибом // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. №15(1). С. 51-61.
11. Демьянов А.И., Сальников А.С., Колчунов В.И. Экспериментальные исследования железобетонных конструкций при кручении с изгибом и анализ их результатов // Строительство и реконструкция. 2017. №4(72). С. 17-26.
12. Колчунов В.И., Колчунов В.И., Федорова Н.В. Деформационные модели железобетона при особых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2018. №8. С. 54-60.
13. Колчунов В.И., Федоров В.С. Понятийная иерархия моделей в теории сопротивления строительных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2020. №8. С. 16-23. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.08.16-23.
14. Kolchunov V.I., Dem'yanov A.I. The modeling method of discrete cracks and rigidity in reinforced concrete // Magazine of Civil Engineering, 2019. Vol. 88. No 4. Pp. 60-69. DOI: 10.18720/MCE.88.6.
15. Karpenko N.I., Kolchunov V.I., Travush V.I. Calculation model of a complex stress reinforced concrete element of a boxed section during torsion with bending // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2021. Vol. 51. No. 3. Pp. 7-26. DOI: 10.36622/VSTU.2021.51.3.001.
16. Колчунов В.И., Демьянов А.И., Протченко М.В. Моменты в железобетонных конструкциях при изгибе с кручением. Строительство и реконструкция. 2021. № 3 (95). С. 25-44.
17. Колчунов В.И., Арьенков Н.Г., Омельченко Е.В., Тугай Т.В., Бухтиярова А.С. Методика определения жесткости плосконапряженных и стержневых железобетонных составных конструкций при сейсмических воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 2. С. 12-15.
18. Горностаев И.С., Ключева Н.В., Колчунов В.И., Яковенко И.А. Деформативность железобетонных составных конструкций с наклонными трещинами // Строительная механика и расчет сооружений. 2014. № 5(256). С. 60-66.

19. Бондаренко В.М., Колчунов Вл.И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. М.: Изд-во АСВ, 2004. 471 с.
20. Верюжский Ю.В., Колчунов Вл.И. Методы механики железобетона. Учебное пособие. К.: Книжное издательство НАУ, 2005. 653 с.
21. Голышев А.Б., Колчунов Вл. И. Сопротивление железобетона. К.: Основа, 2009. 432 с.
22. Велюжский Ю.В., Голышев А.Б., Колчунов Вл.И., Ключева Н.В., Лисицин Б.М., Машков И.Л., Яковенко И.А. Справочное пособие по строительной механике. В двух томах. Том II: Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2014. 432 с.
23. Баширов Х.З., Колчунов Вл.И., Федоров В.С., Яковенко И.А. Железобетонные составные конструкции зданий и сооружений. Москва: Издательство АСВ, 2017. 248 с.
24. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. М: Стройиздат. 1976. 204 с.
25. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 410 с.
26. Карпенко С.Н. Об общем подходе к построению теории прочности железобетонных элементов при действии поперечных сил // Бетон и железобетон. 2007. №2. С. 21-27.

REFERENCES

1. Lessing N.N., Rullay L.K. General principles for calculating the torsional flexural strength of reinforced concrete bars. Theory of reinforced concrete dedicated to the 75th anniversary of the birth of A.A. Gvozdev. 1972. Pp. 43-49.
2. Zalesov A.S., Khozyainov B.P. Strength of reinforced concrete elements in torsion and bending. Proceedings of universities in chapter Construction and architecture. 1991. No. 1. Pp. 1-4.
3. Karpenko N.I. Determination of deformations of rod-shaped reinforced concrete box-shaped elements with torsional cracks. Cross-sectoral construction issues. "Domestic Experience". 1970. No. 10. Pp. 39-42.
4. Karpenko N.I. To the calculation of deformations of reinforced concrete rods with cracks in bending with torsion. Theory of reinforced concrete dedicated to the 75th anniversary of the birth of A.A. Gvozdev. 1972. Pp. 50-59.
5. Arzamastsev S.A., Rodevich V.V. To the calculation of reinforced concrete elements for bending with torsion // Proceedings of higher educational institutions, Building. 2015. Vol. 681. No. 9. Pp. 99-109.
6. IlkerKalkan, SaruhanKartal. Torsional Rigidities of Reinforced Concrete Beams Subjected to Elastic Lateral Torsional Buckling // International Journal of Civil and Environmental Engineering. 2017. Vol. 11. No.7. Pp. 969-972.
7. Klein G., Lucier G., Rizkalla S., Zia P., Gleich H. Torsion simplified: a failure plane model for design of spandrel beams // ACI Concrete International Journal, February 2012. Pp.1-19.
8. Lin W. Experimental investigation on composite beams under combined negative bending and torsional moments. Advances in Structural Engineering. 2021. 24(6). Pp. 1456-1465. DOI: 10.1177/1369433220981660.
9. Travush V.I., Karpenko N.I., Kolchunov Vl. I., Kaprielov S.S., Demyanov A.I., Bulkin S.A., Moskovtseva V.S. Results of experimental studies of high-strength fiber reinforced concrete beams with round cross-sections under combined bending and torsion. Structural mechanics of engineering structures and structures, 2020. Vol. 16. No. 4, Pp. 290-297. DOI:10.22363/1815-5235-2020-16-4-290-297.
10. Travush V.I., Karpenko N.I., Kolchunov Vl.I., Kaprielov S.S., Demyanov A.I., Konorev A.V. Main results of experimental studies of reinforced concrete structures of high-strength concrete B100 round and circular cross sections in torsion with bending. Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings, 2019. Vol. 15. No. 1. Pp. 51-61. DOI:10.22363/1815-5235-2019-15-1-51-61
11. Demyanov A.I., Salnikov A.S., Kolchunov Vl.I. The experimental studies of reinforced concrete constructions in torsion with bending and the analysis of their results. Building and Reconstruction, 2017. Vol. 72, No. 4. Pp. 17-26.
12. Kolchunov V.I., Kolchunov Vl.I., Fedorova N.V. Deformation models of reinforced concrete under special impacts // Industrial and civil construction, 2018. No. 8. Pp. 54-60.
13. Kolchunov Vl.I., Fedorov V.S. Conceptual Hierarchy of Models in the Theory of Resistance of Building Structures //Industrial and Civil Engineering. 2020. No. 8. Pp. 16-23. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.08.16-23.
14. Kolchunov V.I., Dem'yanov A.I. The modeling method of discrete cracks and rigidity in reinforced concrete. Magazine of Civil Engineering, 2019. Vol. 88. No. 4. Pp. 60-69. DOI: 10.18720/MCE.88.6.
15. Karpenko N.I., Kolchunov Vl. I., Travush V.I. Calculation model of a complex stress reinforced concrete element of a boxed section during torsion with bending // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2021. Vol. 51. No. 3. Pp. 7-26. DOI: 10.36622/VSTU.2021.51.3.001.
16. Kolchunov V.I., Demyanov A.I., Protchenko M.V. moments in reinforced concrete structures under bending with torsion. Building and Reconstruction. 2021. 95(3). Pp. 27-46. (In Russ.). DOI:10.33979/2073-7416-2021-95-3-27-46
17. Kolchunov V.I., Aryenkov N.G., Omelchenko E.V., Tugay T.V., Bukhtiyarova A.S. Methods for determining the stiffness of planar stressed and frame reinforced concrete composite structures under seismic actions // Industrial and civil construction. 2014. No. 2. Pp. 12-15.

18. Gornostaev I.S., Klyueva N.V., Kolchunov V.I., Yakovenko I.A. Deformability of reinforced concrete composite structures with inclined cracks. Structural mechanics and calculation of structures. 2014. No. 5 (256). Pp. 60-66.
19. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. (2004). Design models of the power resistance of reinforced concrete. Moscow: Publishing house ABC, 2004. 471 p.
20. Veruzhsky Yu.V., Kolchunov V.I. Methods of reinforced concrete mechanics. Kiev: NAU Book Publishing House. 2005. 653 p.
21. Golyshev A.B., Kolchunov V.I. Reinforced concrete resistance. Kiev: Osnova, 2009. 432 p.
22. Velyuzhsky Yu.V., Golyshev A.B., Kolchunov V.I., Klyueva N.V., Lisitsin B.M., Mashkov I.L., Yakovenko I.A. A reference guide to structural mechanics: Volume II. Moscow: Publishing house ABC. 2014. 432 p.
23. Bashirov Kh.Z., Kolchunov V.I., Fedorov V.S., Yakovenko I.A. Reinforced concrete composite structures of buildings and structures. Moscow: ASV Publishing House, 2017. 248 p.
24. Karpenko N.I. The theory of deformation of reinforced concrete with cracks, Moscow: Stroyizdat. 1976. 204 p.
25. Karpenko N.I. General models of reinforced concrete mechanics. Moscow: Stroyizdat, 1996. 410 p.
26. Karpenko S.N. On the general approach to the construction of the theory of strength of reinforced concrete elements under the action of transverse forces. Concrete and reinforced concrete. 2007. No. 2. Pp. 21-27.

Информация об авторах:

Колчунов Владимир Иванович

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия,
член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры уникальных зданий и сооружений.
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН Российская Федерация, г. Москва, Россия,
главный научный сотрудник НИИСФ РААСН.
E-mail: vlik52@mail.ru

Аль-Хашими Омар Исмаел

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия,
аспирант кафедры уникальных зданий и сооружений.
E-mail: omaralhashimi@yandex.ru

Протченко Максим Владимирович

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия,
инженер.
E-mail: maxBROMmax@ya.ru

Information about authors:

Kolchunov Vladimir Iv.

South-West State University, Kursk, Russia,
corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
doctor of Technical Sciences, Professor the Department of Unique Buildings and Structures.
Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia,
chief Researcher of the Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences.
E-mail: vlik52@mail.ru

Al-Hashimi Omar Ismael

South-West State University, Kursk, Russia,
post-graduate student of the department of unique buildings and structures.
E-mail: omaralhashimi@yandex.ru

Protchenko Maxim V.

South-West State University, Kursk, Russia,
engineer.
E-mail: maxBROMmax@ya.ru

А.В. КОРОБКО¹, Н.Г. КАЛАШНИКОВА¹, Е.Г. АБАШИН²¹Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орел, Россия²Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, г. Орел, Россия

ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ И СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ УПРУГИХ ИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИНОК В ВИДЕ РАВНОБЕДРЕННЫХ ТРЕУГОЛЬНИКОВ

Аннотация. В статье рассматриваются упругие изотропные пластинки в виде равнобедренных треугольников с комбинированными граничными условиями (комбинация условий шарнирного опирания и жесткого защемления по сторонам контура). Выполнены расчеты с использованием МКЭ для определения интегральных физических характеристик в рассматриваемых задачах F (максимального прогиба равномерно нагруженных пластинок w_0 и основной частоты колебаний в ненагруженном состоянии ω). На основе полученных численных результатов построены аппроксимирующие функции: «максимальный прогиб – коэффициент формы пластинок», «основная частота колебаний – коэффициент формы пластинок», структура которых соответствует структуре аналогичных формул, полученных при представлении известных точных решений в соответствующих задачах технической теории пластинок в изопериметрическом виде. На основании свойств коэффициента формы пластинок эти аппроксимирующие функции ограничивают все множество рассматриваемых интегральных физических величин и поэтому могут использоваться в качестве опорных решений при расчете треугольных пластинок произвольного вида методом интерполяции по коэффициенту формы (МИКФ). Рассмотрен пример расчета пластинки в виде прямоугольного треугольника с шарнирным опиранием сторон.

Ключевые слова: упругие изотропные пластинки в виде равнобедренных треугольников, максимальный прогиб, основная частота колебаний, метод интерполяции по коэффициенту формы.

A.V. KOROBKO¹, N.G. KALASHNIKOVA¹, E.G. ABASHIN²¹Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia²Orel State Agricultural University named N.V. Parahin, Orel, Russia

TRANSVERSE BENDING AND FREE VIBRATIONS OF ELASTIC ISOTROPIC PLATES IN THE FORM OF ISOSCELES TRIANGLES

Abstract. This paper considers elastic isotropic plates in the form of isosceles triangles with combined boundary conditions (a combination of hinged support and rigid restraint conditions along the sides of the contour). Calculations were performed using FEM to determine the integral physical characteristics in the considered problems F (the maximum deflection of uniformly loaded plates w_0 and the fundamental frequency of oscillations in the unloaded state ω). On the basis of the obtained numerical results, approximating functions have been constructed: "maximum deflection - form factor of plates", "basic frequency of oscillations - form factor of plates", the structure of which corresponds to the structure of similar formulas obtained when presenting known exact solutions in the corresponding problems of technical theory of plates in isoperimetric form. Based on the properties of the form factor of plates, these approximating functions limit the whole set of considered integral physical quantities and therefore can be used as reference solutions for the calculation of triangular plates of arbitrary form applying the method of interpolation by form factor (MIFF). We consider an example of calculation of a plate in the form of a rectangular triangle with hinged support of the sides.

Keywords: elastic isotropic plates in the form of isosceles triangles, maximum deflection, fundamental frequency of vibration, method of interpolation by form factor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. М.: 1963. 635 с.
2. Справочник по теории упругости. – Киев: Изд-во БудІвельник: 1971. 419 с.
3. Кончковский З. Плиты. Статические расчеты: перевод с польского. М.: Стройиздат, 1984. 480 с.
4. Лейбензон Л.С. Вариационные методы решения задач по теории упругости – Москва; Ленинград: 1943. 287 с.
5. Пратусевич Я.А. Вариационные методы в строительной механике – Москва; Ленинград: Госиздат технико-теоретической литературы. 1948. 399 с.
6. Вайнберг Д.В., Вайнберг Е.Д. Пластины, диски, балки. Киев: Госстройиздат УССР, 1959. 1049 с.
7. Масленников А.М. Расчет строительных конструкций численными методами. Л: Изд-во Ленинградского университета, 1987. 224 с.
8. Гонткевич В.С. Собственные колебания пластинок и оболочек: Справочное пособие. Киев: Наукова думка, 1964. 288 с.
9. Босаков С.В., Скачок П.Д. Статический расчет треугольных пластинок с шарнирно опертыми гранями // Механика. Исследования и инновации. Вып.10, Гомель. 2017. С. 24-28.
10. Босаков С.В. Метод Ритца в примерах и задачах по строительной механике и теории упругости: учебное пособие для студентов строительных специальностей вузов. Минск: изд-во БГПА, 2000. 142 с.
11. Коробко А.В. Геометрическое моделирование формой области в двумерных задачах теории упругости. М.: Изд-во АСВ, 1999. 302 с.
12. Коробко А.В. Расчет треугольных. пластинок методом интерполяции по коэффициенту формы с использованием аффинных преобразований // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2003. № 2. С. 13-16.
13. Gefel V.V., Korobko A.V. Взаимосвязь поперечного изгиба и свободных колебаний треугольных пластинок // Известия ОрелГТУ. Серия Строительство. 2006. № 1-2. С. 24-27.
14. Коробко В.И., Савин С.Ю. Свободные колебания треугольных ортотропных пластинок с однородными и комбинированными граничными условиями // Строительство и реконструкция. 2013. № 2. С. 33-40.
15. Коробко В.И., Савин С.Ю., Бояркина С.В. Изгиб треугольных ортотропных пластинок с однородными и комбинированными граничными условиями // Строительство и реконструкция. Орел: ГУ-УНПК. 2012. №1. С. 7-13.

REFERENCES

1. Timoshenko S.P., Voinovsky-Kriger S. Plates and shells. M.: 1963. 635 p.
2. Reference Book on the Theory of Elasticity. Kiev: Publishing House Budivelnik: 1971. 419 p.
3. Konczkowski Z. Slabs. Static calculations: translation from Polish. - Moscow: Stroyizdat, 1984. 480 p.
4. Leibenzon L.S. Variation methods for solving problems in the theory of elasticity - Moscow; Leningrad: 1943. 287 p.
5. Pratusovich Y.A. Variation methods in structural mechanics - Moscow; Leningrad: Gosizdat tekhniko-theoreticheskoy literatury. 1948. 399 p.
6. Weinberg D.V., Weinberg E.D. Plates, disks, beams. Kyiv: Gosstroyizdat of the Ukrainian SSR, 1959. 1049 p.
7. Maslennikov A.M. Calculation of Building Structures by Numerical Methods - L: Publishing House of Leningrad University, 1987. 224 p.
8. Gontkevich V.S. Natural vibrations of plates and shells: Reference book. Kiev: Naukova Dumka, 1964. 288 p.
9. Bosakov S.V., Skachok P.D. Static calculation of triangular plates with hinged faces. // Mechanics. Research and Innovations. Issue 10, Gomel. 2017. Pp. 24-28.
10. Bosakov S.V. Ritz Method in Examples and Problems in Structural Mechanics and Theory of Elasticity: Textbook for Students of Building Specialties of Higher Education Institutions. Minsk: publishing house of Belarusian State Pedagogical University, 2000. 142 p.
11. Korobko A.V. Geometrical modeling of area shape in two-dimensional problems of the theory of elasticity. Moscow: Publishing house ASV, 1999. 302 p.
12. Korobko A.V. Calculation of triangular. plates by interpolation by form factor using affine transformations // Izvestia of Higher Educational Institutions. Aeronautical Engineering. 2003. № 2. P. 13-16.
13. Gefel V.V., Korobko A.V. Interrelation of transverse bending and free vibrations of triangular plates // Izvestiya Orel State Technical University. Series Construction. 2006. № 1-2. P. 24-27.
14. Kobko V.I., Savin S.Y. Free vibrations of triangular orthotropic plates with uniform and combined boundary conditions // Building and Reconstruction. 2013. № 2. P. 33-40.

15. Korobko V.I., Savin S.Y., Boyarkina S.V. Bending of triangular orthotropic plates with uniform and combined boundary conditions // Construction and reconstruction. Orel: GU-UNPK. 2012. №1. P. 7-13.

Информация об авторах:

Коробко Андрей Викторович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры мехатроники, механики и робототехники.

E-mail: ankor.66@mail.ru

Калашникова Наталья Григорьевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры мехатроники, механики и робототехники.

E-mail: naka.61@mail.ru

Абашин Евгений Геннадьевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», г. Орел, Россия, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры агропромышленного и гражданского строительства.

E-mail: evabashin@yandex.ru

Information about authors:

Korobko Andrey V.

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia, doctor of technical sciences, professor, professor of the department of Mechatronics, Mechanics and Robotics.

E-mail: ankor.66@mail.ru

Kalashnikova Nataley G.

Orel State University named I.S. Turgenev, Orel, Russia, candidate in technical sciences, docent, docent of the department of Mechatronics, Mechanics and Robotics.

E-mail: naka.61@mail.ru

Abashin Evgeniy G.

Orel State Agricultural University named N.V. Parahin, Orel, Russia, candidate in technical sciences, docent, docent of the department of Agro-Industrial and Civil Engineering.

E-mail: ankor.66@mail.ru

А.С. МАРКОВИЧ¹, М.И. АБУ МАХАДИ¹, Д.А. МИЛОСЕРДОВА¹¹ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

ЖЕСТКОСТЬ НАРУЖНОЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ С ПРОЕМОМ ЖИЛОГО ДОМА СЕРИИ I-515/5 ПРИ ПЕРЕКОСЕ

Аннотация. При обследовании типовых панельных домов были обнаружены характерные дефекты и разрушения, такие как крены и перекосы стеновых панелей. В данной статье произведено определение жесткости стеновой панели с проемом панельного дома серии I-515/5 при заданном перекосе панели в своей плоскости. Панель рассчитывалась численно по нелинейной деформационной модели методом конечных элементов и аналитически. Для решения задачи использовался программный комплекс ЛИРА-САПР 2017. Расчет производился с учетом нелинейности и ползучести материала. В результате были получены поля нормальных и касательных напряжений в панели и вычислена сдвиговая жесткость. Произведенный анализ полученных результатов показал, что следует учитывать возможное снижение фактической жесткости панели при перекосе против расчетной, полученной согласно нормам.

Ключевые слова: панельные дома серии I-515/5, перекося стеновых панелей, сдвиговая жесткость, чистый сдвиг, метод конечных элементов.

A.S. MARKOVICH¹, M.I. ABU MAHADI¹, D.A. MILOSERDOVA¹¹RUDN University, Moscow, Russia

THE RIGIDITY OF THE EXTERNAL WALL PANEL WITH OPENING OF RESIDENTIAL BUILDING I-515/5 SERIES IN CASE BIAS

Abstract. There were a number of characteristic damages and defects in typical panel houses when examine, one of which are tilts and biases of wall panels. The stiffness of the wall panel with the opening of residential building I-515/5 series has been determined at a given bias in its plane. The panel was calculated numerically using a nonlinear deformation model by the finite element method and analytically. The software package, LIRA-SAPR 2017, was used in this investigation. The calculation was carried out taking into account the nonlinearity and material creep. As a result, the fields of normal and shear stresses in the panel were obtained and the shear rigidity was calculated. The analysis of the obtained results showed that a possible decrease of the actual stiffness of the panel should take into account against the calculated stiffness was obtained according to the standards.

Keywords: panel buildings I-515/5 series, bias of wall panels, shear rigidity, direct-shear, finite-element method.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гагарина А.А., Манасян В.С.. Исследование напряженного состояния наружной стеновой панели с проемом при перекосе, "Строительная механика и расчет сооружений" №5, 1969, г. Москва.
2. Гагарина А.А., Манасян В.С., Борисов М.В. Работа наружных стеновых панелей на вертикальные нагрузки. М.: Стройиздат, 1971.
3. Alexander C.M., Heidbrecht, A.C., Tso, W.K. Cyclic Load Test on Shear Wall Panels. *Proc. V WCEE*. 1973.
4. Герасимов Е.П. К определению нормативной надежности по деформациям железобетонных изгибаемых элементов. Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2018. №3. С. 77-81.

5. Грановский А.В., Доттуев А.И., Смирнов В.А. Экспериментально-теоретические исследования прочности и деформативности контактно-платформенных стыков крупнопанельных зданий. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 12. С. 65-70.
6. Кошелева Ж.В. Расчет надежности железобетонных конструкций в стадии эксплуатации. Сборник статей XVIII Международной научно-технической конференции; под редакцией Н.Н. Ласькова. Пенза, 2018. С. 64-68.
7. Николаев С.В., Шрейбер А.К., Хаютин Ю.Г. Инновационные системы каркасно-панельного домостроения. Жилищное строительство. 2014. № 5. С. 3–5.
8. Galishnikova V.V., Tamrazyan A.G., Dekhtere, D.S. Assessment of Ponderability of Parameters of Platform Joint on Reliability by Method of Linearization. *J.Mech.Cont.& Math. Sci.*, Special Issue -1. 2019. Pp. 271-281.
9. Николаев С.В., Шрейбер А.К., Этенко В.П. Панельно-каркасное домостроение – новый этап развития КПД. Жилищное строительство. 2015. № 2. С. 3–7.
10. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа ДМК Пресс. 2011. Москва. 709 с.
11. Городецкий А.С., Назаров Ю.П., Жук Ю.Н. Повышение качества расчетов строительных конструкций на основе совместного использования программных комплексов STARK ES и ЛИРА/Информационный вестник ГУ МО Мособлгосэкспертизы. 2005, №1(8). С. 42-49.
12. Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Программный комплекс Лира-Сапр 2013. Учебное пособие. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. Электронное издание. 2013. Москва. 376 стр. URL: <https://www.liraland.ru/files/lira2013/format-pdf/>
13. Агапов В.П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций. Учебное пособие. Изд. 2-е. Изд-во Ассоц. строит. вузов. 2004, Москва. 247 с.
14. Agapov V.P. Nonlinear static and buckling analysis of thin plates and shells by finite element method. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2007. No. 3(2). Pp. 13-19.
15. Агапов В.П., Бардышева Ю.А., Минаков С.А. Учет физической и геометрической нелинейности в расчете железобетонных плит и оболочек переменной толщины методом конечных элементов. Строительная механика и расчет сооружений. 2010. №5. С. 62-66.
16. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Изд. официальное: Минрегион России. Москва. 2018. 155 с.
17. Пособие по расчету крупнопанельных зданий. Выпуск 1. Характеристики жесткости стен, элементов и соединений крупнопанельных зданий. Стройиздат, г. Москва, 1974.
18. ВСН 32-77. Инструкция по проектированию конструкций панельных жилых зданий. М.: Стройиздат, 1978.
19. СП 335.1325800.2017 Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования. Изд. официальное: Минрегион России. Москва. 2017.
20. Добромислов А.Н. Дефекты в конструкциях при строительстве. Издательство АСВ. Москва. 2009. 192 с.

REFERENCES

1. Gagarina A.A., Manasyan V.S. Issledovanie napryazhennogo sostoyanya naryzhnoy stenovoy paneli s proemom pri zadannom perekose [Investigation of the stress state of an external wall panel with an opening in case given bias]. *Structural Mechanics and Analysis of Constructions*. 1969. No. 5. (rus)
2. Gagarina A.A., Manasyan V.S., Borisov M.V. Rabota naryzhnyh stenovyh panelei na vertikalnye nagryzki [Operation of external wall panels for vertical loads]. М.: Sroyizdat, 1971. 111 p. (rus)
3. Alexander C.M., Heidebrecht A.C., Tso W.K. Cyclic Load Test on Shear Wall Panels. *Proc. V WCEE*. 1973.
4. Gerasimov E.P. To the definition of normative reliability by deformations reinforced concrete bending elements. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2018. No. 3. Pp. 77-81. (rus)
5. Granovsky A.V., Dottuev A.I., Smirnov V.A. Experimental and theoretical research in strength and deformability of contact-platform joints of large-panel buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil construction]. 2016. No. 12. Pp 65-70. (rus)
6. Kosheleva Zh.V. Determination the reliability of reinforced concrete structures during exploitation. Collection of articles of the XVIII International Scientific and Technical Conference. Penza, 2018. Pp. 64-68. (rus)
7. Nikolaev S.V., Shrejber, A.K., Hautin, U.G. Innovative systems of frame-panel housing construction. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2014. No. 5. Pp. 3-5. (rus)
8. Galishnikova V.V., Tamrazyan A.G., Dekhtere D.S. Assessment of Ponderability of Parameters of Platform Joint on Reliability by Method of Linearization. *J.Mech.Cont.& Math. Sci.*, Special Issue -1. 2019. Pp. 271-281.

9. Nikolaev S.V., Shrejber A.K., Etenko V.P. Panel and frame house building is a new stage of large-panel construction development. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2015. No. 2. Pp. 3-7. (rus)
10. Perelmutter A.V., Slivker V.I. Raschetnye modeli sooruzhenij i vozmozhnost' ih analiza [Calculation models of structures and the possibility of their analysis]. Moscow: DMK Press, 2011. 709 p.
11. Gorodeckij A.S., Nazarov, YU.P., ZHuk, YU.N. Improving the quality of calculations of building structures based on the joint use of STARK ES and LIRA software systems. *Information bulletin GU MO Mosoblgosexpertiza*. 2005. No. 1(8). Pp. 42-49. (rus)
12. Gorodetskij D.A., Barabash M.S., Vodopyanov R.Y., Titok, V.P., Artamonova, A.E. The program complex LIRA-SAPR 2013. Textbook. Edited Gorodetskij A.S.. Electronic edition, Moscow. URL: <https://www.liraland.ru/files/lira2013/format-pdf/>
13. Agapov V.P. Finite Element Method in Static, Dynamics and Stability of Structures. Textbook. 2nd, Edition. Publishing House of Educational Civil Engineering Institutions. Moscow, 2004. 376 p.
14. Agapov V.P. Nonlinear static and buckling analysis of thin plates and shells by finite element method. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2007. No. 3(2). Pp. 13-19.
15. Agapov, V.P., Bardysheva, Y.A., Minakov, S.A. Accounting for physical and geometric nonlinearity in the calculation of reinforced concrete slabs and shells of variable thickness by the finite element method. *Construction mechanics and calculation of structures*. 2010. No. 5. Pp. 62-66.
16. Code of Practice 63.13330.2018 Concrete and reinforced concrete structures. Design requirements. The Research Center of Construction. 2018, Moscow. 155 p.
17. Posobie po raschetu krupnopanel'nyh zdaniy. Vypusk 1. Harakteristiki zhestkosti sten, elementov i soedinenij krupnopanel'nyh zdaniy [Guide to calculating large-panel buildings. Issue 1. Characteristics of the stiffness of walls, elements and joints of large-panel buildings]. Strojizdat. Moscow, 1974.
18. VSN 32-77. Instrukciya po proektirovaniyu konstrukcij panel'nyh zhilyh zdaniy [Instructions for the design of structures for panel residential buildings]. Strojizdat. Moscow, 1978
19. Code of Practice 335.1325800.2017. Large-panel construction system. Design rules. The Research Center of Construction. 2017, Moscow. 155 p.
20. Dobromyslov A.N. Defekty v konstrukciyah pri stroitel'stve. [Defects in structures during construction]. Izdatel'stvo ASV. Moscow. 2009. 192 p. (rus)

Информация об авторах:

Маркович Алексей Семенович

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент департамента строительства.
E-mail: markovich-as@rudn.ru

Абу Махад Ибрагим

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент департамента строительства.
E-mail: abu-makhadi-mi@rudn.ru

Милосердова Дарья Александровна

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия,
аспирантка, ассистент департамента строительства.
E-mail: miloserdova-da@rudn.ru

Information about authors:

Markovich Aleksey S.

RUDN University, Moscow, Russia,
candidate in technical sciences, associated professor, associated professor of the department of construction.
E-mail: markovich-as@rudn.ru

Abu Mahadi Mohammed I.

RUDN University, Moscow, Russia,
candidate in technical sciences, associated professor, associated professor of the department of construction.
E-mail: abu-makhadi-mi@rudn.ru

Miloserdova Darya Al.

RUDN University, Moscow, Russia,
PhD student, assistant of the department of construction.
E-mail: miloserdova-da@rudn.ru

А.В. ТУРКОВ¹, С.И. ПОЛЕШКО¹, Е.А. ФИНАДЕЕВА¹, К.В. МАРФИН¹¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГИБОВ И ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КРУГЛЫХ ИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИН ЛИНЕЙНО ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ С УТОЛЩЕНИЕМ К КРАЮ

Аннотация. Рассматривается взаимосвязь максимальных прогибов от статической равномерно распределённой нагрузки W_0 и основной частоты собственных поперечных колебаний ω круглой изотропной пластинки линейно переменной толщины с утолщением к краю при однородных условиях опирания по внешнему контуру в зависимости от соотношения толщины пластины в центре к толщине по краю. По результатам исследования построены графики зависимости максимального прогиба и частоты собственных колебаний пластинки от соотношения t_1/t_2 . Показано, что для круглых пластинок линейно переменной толщины при $t_1/t_2 < 1,1$ коэффициент K с точностью до 5,9% совпадает с аналитическим коэффициентом для круглых пластинок постоянной толщины. Численными исследованиями установлено, что при соотношении толщин на контуре и в центре равном двум расхождение коэффициента K , устанавливающего связь между статическими и динамическими характеристиками пластин, составляет порядка 25% для шарнирного опирания по контуру и до 37% при жёстком опирании. Это свидетельствует о более значительном влиянии неравномерного распределения массы для таких граничных условий.

Ключевые слова: круглая пластина, условия опирания, частота собственных колебаний, максимальный прогиб.

A.V. TURKOV¹, S.I. POLESHKO¹, E.A. FINADEEVA¹, K.V. MARFIN¹¹Orel state University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia

RELATIONSHIP OF MAXIMUM DEFLECTIONS AND NATURAL FREQUENCIES VIBRATIONS OF ISOTROPIC CIRCULAR PLATES WITH INHOMOGENEOUS RESISTANCE CONDITIONS ON THE OUTER AND INNER CONTOUR

Abstract. The relationship between the maximum deflections from a static uniformly distributed load W_0 and the fundamental frequency of natural transverse vibrations of a round isotropic plate of linearly variable thickness with thickening to the edge under homogeneous conditions of support along the outer contour, depending on the ratio of the thickness of the plate in the center to the thickness along the edge, is considered. According to the results of the study, graphs of the dependence of the maximum deflection and the frequency of natural vibrations of the plate on the ratio t_1/t_2 are constructed. It is shown that for round plates of linearly variable thickness at $t_1/t_2 < 1.1$ coefficient K with an accuracy of 5.9% coincides with the analytical coefficient for round plates of constant thickness. Numerical studies shows that when the ratio of the thicknesses on the contour and in the center is equal to two, the difference in the coefficient K , which depends on the relationship between the static and dynamic characteristics of the platinum, is about 25% for hinged support along the contour and up to 37% for rigid support. This indicates a more significant effect of uneven mass distribution for such boundary conditions.

Keywords: ring plate, support conditions, natural vibration frequency, maximum deflection.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробко В.И. Об одной "замечательной" закономерности в теории упругих пластинок // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1989. № 11. С. 32-36.
2. Коробко В.И., Турков А.В., Калашникова О.В. Поперечные колебания, прогибы и усилия в однопролетных составных балках с различными граничными условиями слоев // Строительная механика и расчет сооружений. 2010. № 3. С. 65-68.

3. Коробко В.И., Бояркина О.В. Взаимосвязь задач поперечного изгиба и свободных колебаний треугольных пластинок // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2007. № 22 (94). С. 24-26.
4. Турков А.В., Жупкина К.А. Взаимосвязь максимальных прогибов и частот собственных колебаний изотропных кольцевых пластин при шарнирном опирании по внешнему контуру // Актуальные проблемы строительства, строительной индустрии и архитектуры: сборник материалов XX международной научно-технической конференции. Тула, 28-29 июня 2019. Тульский государственный университет. С. 299-302. URL: http://dmitriy.chiginskiy.ru/publications/files/Materialy_XX_MNTK-2019_Tula.pdf (дата обращения: 21.05.2020).
5. Турков А.В., Жупкина К.А. Взаимосвязь максимальных прогибов и частот собственных колебаний изотропных кольцевых пластин при жестком закреплении по внешнему контуру // Актуальные проблемы современной когнитивной науки: сборник статей по итогам всероссийской научно-практической конференции. Волгоград. 30 июня 2019. Стерлитамак: АМИ, 2019. С. 70-72. URL: https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D38301055 (дата обращения: 21.05.2020).
6. Турков А.В., Марфин К.В., Баженова А.В. Прогибы и частоты собственных колебаний составных многослойных квадратных изотропных пластин с шарнирным опиранием по контуру при изменении жесткости связей сдвига // Строительство и реконструкция. 2019. №4. С. 65-70.
7. Турков А.В., Марфин К.В., Ветрова О.А. Прогибы и частоты собственных колебаний систем перекрестных ферм на квадратном плане с различными схемами опирания // Промышленное и гражданское строительство. 2018. №11. С. 42-45.
8. Турков А.В., Марфин К.В. Определение коэффициента жесткости шва круглой составной изотропной пластины по её основной частоте колебаний // Строительная механика и расчет сооружений. 2013. №4. С. 58-62.
9. Турков А.В., Марфин К.В. Точность результатов численных исследований круглых составных изотропных пластин на податливых связях при различном количестве конечных элементов // Строительство и реконструкция. 2012. №1. С. 40-45.
10. Турков А.В., Карпова Е.В. Исследование коэффициента жёсткости шва для треугольной составной изотропной пластины в зависимости от её основной частоты колебаний при разной жёсткости связей сдвига // Строительная механика и расчет сооружений. 2015. №2. С. 66-69.
11. Турков А.В., Абашина Н.М., Карпова Е.С. Прогибы и частоты собственных колебаний составных ромбических изотропных пластин, шарнирно опёртых по контуру при изменении жёсткости связей сдвига // Строительство и реконструкция. 2016. №5. С. 45-50.
12. Семенов А.А., Габитов А.И. Проектно-вычислительный комплекс SCAD в учебном процессе. Москва, АСВ. 2005. 152 с.

REFERENCES

1. Korobko V.I. Ob odnoy "zamechatel'noy" zakonomernosti v teorii uprugikh plastinok // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. 1989. № 11. S. 32-36.
2. Korobko V.I., Turkov A.V., Kalashnikova O.V. Poperechnye kolebaniya, progiby i usiliya v odnoproletnykh sostavnykh balkakh s razlichnymi granichnymi usloviyami sloev // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. 2010. № 3. S. 65-68.
3. Korobko V.I., Boyarkina O.V. Vzaimosvyaz` zadach poperechnogo izgiba i svobodnykh kolebaniy treugol'nykh plastinok // Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2007. № 22 (94). S. 24-26.
4. Turkov A.V., Zhupikova K.A. Vzaimosvyaz` maksimal'nykh progibov i chastot sobstvennykh kolebaniy izotropnykh kol'tsevykh plastin pri sharnirnom opiranii po vneshnemu konturu // Aktual'nye problemy stroitel'stva, stroitel'noy industrii i arkhitektury: sbornik materialov HH mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Tula, 28-29 iyunya 2019. Tul'skiy gosudarstvennyy universitet. S. 299-302. URL: http://dmitriy.chiginskiy.ru/publications/files/Materialy_XX_MNTK-2019_Tula.pdf (data obrashcheniya: 21.05.2020).
5. Turkov A.V., Zhupikova K.A. Vzaimosvyaz` maksimal'nykh progibov i chastot sobstvennykh kolebaniy izotropnykh kol'tsevykh plastin pri zhestkom zakreplenii po vneshnemu konturu // Aktual'nye problemy sovremennoy kognitivnoy nauki: sbornik statey po itogam vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Volgograd. 30 iyunya 2019. Sterlitamak: AMI, 2019. S. 70-72. URL: https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D38301055 (data obrashcheniya: 21.05.2020).
6. Turkov A.V., Marfin K.V., Bazhenova A.V. Progiby i chastoty sobstvennykh kolebaniy sostavnykh mnogoslownykh kvadratnykh izotropnykh plastin s sharnirnym opiraniem po konturu pri izmenenii zhestkosti svyazey sdviga // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2019. №4. S. 65-70.

7. Turkov A.V, Marfin K.V., Vetrova O.A. Progiby i chastoty sobstvennykh kolebaniy sistem perekrestnykh ferm na kvadratnom plane s razlichnymi skhemami opiraniya // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2018. №11. S. 42-45.
8. Turkov A.V, Marfin K.V. Opredelenie koefitsienta zhestkosti shva krugloy sostavnoy izotropnoy plastiny po eio osnovnoy chastote kolebaniy // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. 2013. №4. S. 58-62.
9. Turkov A.V, Marfin K.V. Tochnost' rezul'tatov chislennykh issledovaniy kruglykh sostavnykh izotropnykh plastin na podatlivykh svyazyakh pri razlichnom kolichestve konechnykh elementov // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2012. №1. S. 40-45.
10. Turkov A.V, Karpova E.V. Issledovanie koefitsienta zhiostkosti shva dlya treugol'noy sostavnoy izotropnoy plastiny v zavisimosti ot eio osnovnoy chastoty kolebaniy pri raznoy zhiostkosti svyazey sdviga // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. 2015. №2. S. 66-69.
11. Turkov A.V, Abashina N.M., Karpova E.S. Progiby i chastoty sobstvennykh kolebaniy sostavnykh rombicheskikh izotropnykh plastin, sharnirno opioraykh po konturu pri izmenenii zhiostkosti svyazey sdviga // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2016. №5. S. 45-50.
12. Semenov A.A., Gabitov A.I. Proektno-vychislitel'nyy kompleks SCAD v uchebnoy protsesse. Moskva, ASV. 2005. 152 s.

Информация об авторах:

Турков Андрей Викторович

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

E-mail: aturkov@bk.ru

Полешко Сергей Иванович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Орёл, Россия,
студент магистратуры.

E-mail: sergey_poleshko@mail.ru

Финадеева Елена Анатольевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Орёл, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и материалов, директор архитектурно-строительного института.

E-mail: asi.gu-unpk@mail.ru

Марфин Кирилл Васильевич

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

E-mail: marfinkirill@yandex.ru

Information about authors:

Turkov Andrey V.

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

E-mail: aturkov@bk.ru

Poleshko Sergey Iv.

Oryol state University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,
master's degree student.

E-mail: sergey_poleshko@mail.ru

Finadeeva Elena An.

Oryol state University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor of the department of Building Structures and Materials, headmaster of the Institute of Architecture and Civil Engineering.

E-mail: asi.gu-unpk@mail.ru

Marfin Kirill V.

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

E-mail: marfinkirill@yandex.ru

В.Б. ДОРОХОВ^{1,2,3}, Н.Ю. ПИНТЕЛИН¹, Д.Ю. ЖЕЛДАКОВ²

¹Государственный научно-исследовательский институт реставрации (ГОСНИИР), г. Москва, Россия

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

³Московская духовная академия Русской Православной Церкви, г. Сергиев Посад, Россия

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ЗАГЛУБЛЕННЫХ ОБЪЕМОВ НА СОХРАННОСТЬ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ С МОНУМЕНТАЛЬНОЙ ЖИВОПИСЬЮ НА ПРИМЕРЕ СПАСО-ПРЕОБРАЖЕНСКОГО ХРАМА ГОРОДА ПОЛОЦКА

Аннотация. Тепловлажностный режим заглубленных частей может оказывать существенное, а иногда решающее значение, для нормализации микроклимата всего памятника. Опыт теплофизических исследований в церковных памятниках архитектуры свидетельствует о широком круге факторов определяющих воздействие температурно-влажностного режима заглубленных объемов на формирование условий сохранности памятника в целом. В настоящее время лаборатория климата музеев и памятников архитектуры ГОСНИИР проводит исследования по данной проблеме с целью создания методики изучения и нормализации тепловлажностного режима надземной и подземной части здания как единого целого. Такой подход необходим для выработки проектных и технологических решений по оптимизации условий сохранности памятника. В статье рассматривается практический пример обеспечения тепловлажностных условий сохранности памятника с монументальной живописью.

Ключевые слова: температурно-влажностный режим, условия сохранности настенной живописи, микроклимат, памятники архитектуры, химическая деструкция материала.

V.B. DOROKHOV^{1,2,3}, N.YU. PINTELIN¹, D.YU. ZHELDAKOV²

¹State Research Institute of Restoration (GOSNIIR), Moscow, Russia

²Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN), Moscow, Russia

³Moscow Theological Academy of the Russian Orthodox Church, Sergiev Posad, Russia

INFLUENCE OF THE TEMPERATURE AND HUMIDITY REGIME OF BURIED VOLUMES ON THE PRESERVATION OF ARCHITECTURAL MONUMENTS WITH MONUMENTAL PAINTINGS ON THE EXAMPLE OF THE TRANSFIGURATION CHURCH IN POLOTSK

Abstract. The heat and humidity regime of the buried parts can be essential, and sometimes crucial, for the normalization of the microclimate of the entire monument. The experience of thermophysical studies in church architectural monuments shows a wide range of factors that determine the impact of the temperature and humidity regime of the buried volumes on the formation of conditions for the preservation of the monument as a whole. Currently, the Climate Laboratory of Museums and Architectural Monuments of GOSNIIR conducts research on this problem in order to create a methodology for studying and normalizing the heat and humidity regime of the aboveground and underground parts of the building as a whole to develop design and technological approaches to optimizing the conditions for the preservation of the monument. The article considers a practical example of providing heat and humidity conditions for the preservation of a monument with monumental painting.

Keywords: temperature and humidity conditions, wall paintings preservation conditions, microclimate, architectural monument, chemical destruction of the material.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Оптимальные параметры внутреннего воздуха исторических зданий: методика определения // АВОК. 2018. №3. С. 12-19.
2. Дорохов В.Б., Пинтелин Н.Ю. Управление температурно-влажностным состоянием церковных зданий - памятников архитектуры, как метод обеспечения сохранности // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies IOPConf. Series: Materials Science and Engineering 463 (2018) 032076 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/463/3/032076 <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/463/3/032076/pdf>
3. Пинтелин Н.Ю., Дорохов В.Б., Шилкин Н.В. Оптимизация условий сохранности монументальной живописи церковного памятника архитектуры // АВОК. 2018. №8. С. 40-45.
4. Сизов Б.Т. Теплофизические аспекты сохранения памятников архитектуры // АВОК. 2002. №1. С. 24-31.
5. Умняков П.Н., Умнякова Н.П., Алдошина Н.Е. Обеспечение теплового режима для сохранности древних шедевров русской иконописи Троицкого собора Свято-Троицкой Сергиевой лавры // Жилищное строительство (строительные конструкции). 2017. №8. С. 25-29.
6. Бродач М. М., Шилкин Н.В. Инженерное обследование памятников архитектуры // АВОК. 2018. №2. С. 40-45.
7. Michel Grabon, Jackie Anderson, Peter Bushnell et al. Сикстинская капелла. Модернизация системы ОВК для сохранения объекта культурного наследия // АВОК. 2018. №1. С. 40-47.
8. Zheldakov D.Yu. The Brick Material Durability in Brickwork // AlfaBuild. 2020. Volume 15. Article No 1504, doi: 10.34910/ALF. 15.4
9. Желдаков Д.Ю. Химическая коррозия кирпичной кладки. Протекание процесса // Строительные материалы. 2019. № 4. С. 36-43.
10. Желдаков Д.Ю. Методы исследования кинетики процесса химической коррозии материалов кирпичной кладки // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2019. № 11 (731). С. 74-86.

REFERENCES

1. Tabunschikov Yu.A., Brodach M.M. Optimalniye parametry vnutrennego vozduha istoricheskikh zdaniy: metodika opredeleniya [Optimal inside air parameters of historical buildings: determination methods] // AVOK. 2018. No 3. PP. 12-19 (in Russian).
2. Dorokhov V.B., Pintelin N.Yu. Upravleniye temperaturno-vlazhnostnym sostoyaniyem tserkovnykh zdaniy-pamyatnikov arhitektury, kak metod obespecheniya sohrannosti [Control of Temperature and Humidity Conditions of Church Buildings-Architectural Monuments as a Method of Preservation] // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies IOPConf. Series: Materials Science and Engineering 463 (2018) 032076 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/463/3/032076 <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/463/3/032076/pdf> (in Russian)
3. Pintelin N.Yu., Dorokhov V.B., Shilkin N.V. Optimizatsiya usloviy sohrannosti monumentalnoy zhivopisi tserkovnogo pamyatnika arhitektury [Optimization of preservation conditions of monumental paintings in a church architecture monument] // AVOK. 2018. No. 8. PP.40-45 (in Russian)
4. Sizov B.T. Teplophisicheskiye aspekty sohraneniya pamyatnikov arhitektury [Thermophysical aspects of preservation of architectural monuments] // AVOK. 2002. No. 1. Pp. 24-31 (in Russian)
5. Umnyakov P.N., Umnyakova N.P., Aldoshina N.E. *Provision of Thermal Conditions for Preserving Ancient Masterpieces of Russian Icon Painting of the Trinity Cathedral of the Holy Trinity-St. Sergius Lavra*, Zhilishchnoe Stroitel'stvo [Residential Construction], 2017. No. 8. Pp. 25-29 (in Russian)
6. Brodach M.M., Shilkin N.V. Inzhenernoye obsledovaniye pamyatnikov arhitektury [Engineering Survey of Architectural Monuments] // AVOK. 2018. No. 2. PP. 40-45 (in Russian)
7. Michel Grabon, Jackie Anderson, Peter Bushnell et al. Sikstinskaya kapella. Modernizatsiya sistemy OVK dlya sohraneniya obyekta kulturnogo naslediya [The Sistine Chapel. New HVAC System for Cultural Preservation] // AVOK. 2018. No. 1. Pp. 40-47 (in Russian)
8. Zheldakov D.Yu. The Brick Material Durability in Brickwork // AlfaBuild. 2020. Volume 15. Article No 1504, doi: 10.34910/ALF. 15.4
9. Zheldakov D.Yu. Khimicheskaya korroziya kirpichnoy kladki. Protekanie processa [Chemical corrosion of brick masonry. Processing running] // Stroitel'nye Materialy. 2019. No. 4, Pp. 36-43. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-769-4-36-43>.
10. Zheldakov D.Yu. Metody issledovaniya kinetiki processa khimicheskoy korrozii materialov kirpichnoy kladki. [Methods of investigation of kinetics of chemical corrosion process of materials of masonry] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo. 2019. No. 11 (731). Pp. 78-86. DOI: 10.32683/0536-1052-2019-731-11-74-86 (In Russian).

Информация об авторах:

Дорохов Виктор Борисович

ФГБНИУ Государственный научно-исследовательский институт реставрации (ГОСНИИР), г. Москва, Россия, заведующий лабораторией климата музеев и памятников архитектуры;
ФГБУ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия, старший инженер;
Московская духовная академия Русской Православной Церкви, г. Сергиев Посад, Россия, старший преподаватель.
E-mail: dor.vic@mail.ru

Пинтелин Николай Юрьевич

ФГБНИУ Государственный научно-исследовательский институт реставрации (ГОСНИИР), г. Москва, Россия, младший научный сотрудник лаборатории климата музеев и памятников архитектуры.
E-mail: npintelin@yandex.ru

Желдаков Дмитрий Юрьевич

ФГБУ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник.
E-mail: djeld@mail.ru

Information about authors:

Dorokhov Victor B.

State Research Institute for Restoration, Ministry of Culture of the Russian Federation (GOSNIIR), Moscow, Russia, chief of laboratory of Museums and Architectural Monuments Climate;
Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN), Moscow, Russia, senior engineer;
Moscow Theological Academy of the Russian Orthodox Church, Sergiev Posad, Russia, senior lecturer.
E-mail: dor.vic@mail.ru

Pintelin Nikolay Yu.

State Research Institute for Restoration, Ministry of Culture of the Russian Federation (GOSNIIR), Moscow, Russia, junior researcher of laboratory of Museums and Architectural Monuments Climate.
E-mail: npintelin@yandex.ru

Zheldakov Dmitry Yu.

Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN), Moscow, Russia, candidate of technical science, senior researcher.
E-mail: djeld@mail.ru

С.О. КУРНАВИНА¹, И.К. МАНАЕНКОВ¹, И.В. ЦАЦУЛИН¹¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ НА РАБОТУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ СМЕНЕ ЗНАКА УСИЛИЯ

Аннотация. В нормативной базе РФ по сейсмостойкому строительству предполагается развитие пластических деформаций в железобетонных конструкциях при сейсмическом воздействии. Их наличие оказывает существенное влияние на напряженно-деформированное состояние, несущую способность и механизм разрушения железобетонных конструкций при действии знакопеременных нагрузок большой интенсивности. В статье изложена методика и основные результаты экспериментальных исследований, связанных с оценкой влияния пластических деформаций на работу изгибаемых железобетонных элементов при смене знака усилия. Представлены данные о снижении несущей способности образцов при смене знака усилия с ростом максимальных пластических деформаций в первом полцикле нагружения, получены значения предельных коэффициентов пластичности по деформациям арматуры, соответствующие началу разрушения бетона сжатой зоны при смене знака усилия, построены эпюры деформаций нормальных сечений опытных образцов при прямом и обратном нагружении.

Ключевые слова: знакопеременные воздействия, пластические деформации, остаточные трещины.

S.O. KURNAVINA¹, I.K. MANAENKOV¹, I.V. TSATSULIN¹¹Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia

THE INFLUENCE OF PLASTIC STRAINS ON THE BEHAVIOR OF BENDING REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WHEN CHANGING THE FORCE SIGN

Abstract. The Russian standards for earthquake resistant constructions suppose the development of plastic strains in reinforced concrete constructions under seismic effects. Their presence influences significantly on the stress-strain state, bearing capacity and mechanism of destruction of reinforced concrete constructions under alternation loads of high intensity. The methodology and main results of experimental tests connected with the evaluation of plastic deformations influence on the behavior of reinforced concrete bending elements when changing the force sign is represented. The information about the bearing capacity reduction when changing the force sign with the increase of plastic strains in the first semi cycle of loading is given. The coefficients of plasticity for reinforcement deformations limit values are obtained, corresponding to the beginning of compressed zone concrete destruction when changing the force sign and the plots of normal sections deformations distribution of experimental specimens under direct and reverse loading have been built.

Keywords: alternating effects, plastic strains, residual cracks, bearing capacity.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II -7-81* (с Изменением N 1)». Москва, 2018.
2. Мкртычев О.В. Сейсмостойкость железобетонных зданий и сооружений при повторных землетрясениях: монография / О.В. Мкртычев, П.И. Андреева, М.И. Андреев; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. Исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. Москва: Издательство МИСИ-МГСУ,

2019. 112 с. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ).

3. 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.

4. Курнавина С.О., Цацулин И.В. Влияние несомкнутых трещин в сжатой зоне бетона на несущую способность изгибаемых железобетонных элементов // Строительство и реконструкция. 2021. № 2(94). С. 28-38. DOI 10.33979/2073-7416-2021-94-2-28-38.

5. 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.

6. Garnitsky V.I., Golda Yu.L., Kurnavina S.O. Damage development process in reinforced concrete frame under the action of seismic loads // Proceedings of the III All Russian (II International) Conference on concrete and reinforced concrete «Concrete and reinforced concrete – glance at future». Moscow. 2014. Volume II.

7. Абаканов М.С. Малоцикловая прочность железобетонных конструкций каркасных зданий при действии нагрузок типа сейсмических. Алмаата. АО «КазНИИСА». 2016. 132 с.

8. Абаканов М.С. Прочность железобетонных конструкций при малоцикловых нагружениях типа сейсмических // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013. № 5. С. 30 -34.

9. Жарницкий В.И., Курнавина С.О. Энергетический метод определения поля направлений трещин в железобетонных балках // Технология текстильной промышленности. 2018. № 5. С. 213 -216.

10. Жарницкий В.И., Беликов А.А. Экспериментальное изучение восходящих и нисходящих участков диаграмм сопротивления бетонных и железобетонных призм // Научное обозрение. 2014. № 7-1. С. 93-98.

11. Жарницкий В.И. Развитие теории расчета упругопластических железобетонных конструкций на особые динамические воздействия, Дисс. Докт. Техн. Наук. М: МИСИ, 1998.

12. Кабанцев О.В., Усинов Э.С., Шарипов Ш. О методике определения коэффициента допускаемых повреждений сейсмостойких конструкций // Вестник ТГАСУ. 2016. № 2. С. 117 -126.

13. Жарницкий В.И., Забегаев А.В. Развитие теории сейсмостойкости железобетонных конструкций. Первая всероссийская конференция по проблемам бетона и железобетона. М.: 2001. Том 2. С. 655-658.

14. Kalkan E., Kunnath S.K. Method of modal combinations for pushover analysis of buildings // 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C. Canada, 2004. Paper No. 2713.

15. Sofyan J. Ahmed Seismic evaluation of reinforced concrete frames using pushover analysis // Al-Rafidian Engineering Journal. 2013. Vol. 21. No 3. Pp. 28-45.

16. Hastemoglu H. Seismic performance evaluation of reinforced concrete frames // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. 2015. Vol. 12. Issue 5. Pp. 123-131.

17. Айзенберг Я.М. Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 года. Некоторые уроки и выводы // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 1999. № 1. С. 6–9.

18. Андреев О.О. Уроки землетрясения. Общие выводы / О.О. Андреев, В.И. Ойзерман // Карпатское землетрясение 1986 г. / под ред. А.В. Друмя, Н.В. Шебалина, Н.Н. Складнева, С.С. Графова, В.И. Ойзермана. Кишинев, 1990. С. 323–325.

19. Газлийское землетрясение 1984 г.: анализ поведения зданий и инженерных сооружений / отв. ред. А.И.Мартемьянов, Д.А. Алексеенков, Л.Ш. Килимник. М.: Наука, 1988. 118 с.

20. Кабанцев О.В. Макросейсмический эффект землетрясения 4 октября 1994 г. на островах Итуруп, Куна шир, Шикотан // Экспресс-информация ВНИИИС Госстроя СССР. Серия 14. Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. М., 1995. Вып. 4. С. 7–11.

21. Banon H., Veneziano D. Seismic Safety of Reinforced Concrete Members and Structures // Earthquake Engineering and Structural Dynamics. 1982. V. 10. P. 179–193.

22. Рутман Ю.Л., Симборт Э. Выбор коэффициента редукиции сейсмических нагрузок на основе анализа пластического ресурса конструкции // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 2 (27). С. 78–81.

REFERENCES

1. SP 14.13330.2014 «Stroitelstvo v seismicheskikh rayonakh, aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-7-81*» [Seismic Building Design Code] Moscow, 2018.

2. Mkrtichev O.V., Andreeva P.I., Andreev M.I. Seismostoykost gelezobetonnykh zdaniy I soorugeni

pri povtornich zemletryaseniya: monography. Moscow, MGSU, 2019. 112 p. (rus)

3. Kurnavian S.O., Tsatsulin I.V., The influence of plastic strains on the depth of open residual cracks in compressed zone of concrete. *Building and Reconstruction*. 2020. No. 5(91). Pp 13-21. (rus) DOI 10.33979/2073-7416-2020-91-5-13-21

4. Kurnavian S.O., Tsatsulin I.V., The influence of unclosed cracks in compressed zone on the bearing capacity of bending reinforced concrete elements. *Building and Reconstruction*. 2021. No. 2(94). Pp 28-38. (rus) DOI 10.33979/2073-7416-2021-94-2-28-38

5. Kurnavina S. O. The influence of open cracks in compressed area of concrete on behaviour of bending elements of frame buildings under special alternating loads / S. O. Kurnavina, I. V. Tsatsulin // *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.

6. Garnitsky V.I., Golda Yu.L., Kurnavina S.O. Damage development process in reinforced concrete frame under the action of seismic loads // *Proceedings of the III All Russian (II International) Conference on concrete and reinforced concrete «Concrete and reinforced concrete – glance at future»*. Moscow. 2014. Volume II.

7. Abakanov M.S. Malotsiklovaya prochnost gelezobetonnykh constuktsiy karkasnikh zdaniy pri deystviy nagruzok tipa seismicheskikh [Low-cycle strength of reinforced concrete constructions of frame buildings under loads the type of seismic], Alma ATA, AO «KazNIISA», 2016. 132 p (rus).

8. Abakanov M.S Prochnost gelezobetonnykh constuktsiy pri malotsiklovyykh nagrudgeniyakh tipa seismicheskikh [Strength of reinforced concrete constructions under loads the type of seismic] // *Earthquake engineering. Safety of facilities*. 2013. No. 5. Pp. 30-34 (rus).

9. Garnitsky V.I., Kurnavina S.O. Energy method for determining the direction of cracks in reinforced concrete beams. *The News of Higher Educational Institutions Technology of Textile Industry*. 2018. No 5. Pp. 213-216. (rus)

10. Garnitsky V.I., Belikov A.A. Experimentalnoye izucheniye voschodyashikh i nischodyashikh uchastkov diagram soprotivleniya betonnykh i gelezobetonnykh prizm. *Nauchnoye obozreniye* 2014. No 7-1. Pp. 93-98. (rus)

11. Garnitsky V.I. Razvivitye teorii rascheta uprugoplasticheskyykh gelezobetonnykh konstruktsiy na osobiye dinamicheskoye vozdeystviya: dissertation of the Doctor of Technical Sciences. Moscow, MISI, 1998.

12. 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.

13. Garnitsky V.I., Zabegev A.V. Razvitie teorii seismostoykosti gelezobetonnykh constuktsiy // *Proceedings of the I All Russian Conference on concrete and reinforced concrete*, Moscow, 2001, Vol.2 Pp. 655-658.

14. Kalkan E., Kunnath S.K. Method of modal combinations for pushover analysis of buildings // 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C. Canada, 2004. Paper No. 2713.

15. Sofyan J. Ahmed Seismic evaluation of reinforced concrete frames using pushover analysis, *Al-Rafidian Engineering Journal*. 2013. Vol. 21. No. 3. Pp. 28-45.

16. Hastemoglu H. Seismic performance evaluation of reinforced concrete frames // *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*. 2015. Vol. 12. Issue 5. Pp. 123-131.

17. Aizenberg Ya.M. Spitakskoe zemletryasenie 7 deka brya 1988 goda. Nekotorye uroki i vyvody [Spitak earthquake on December 7, 1988. Some lessons and conclusions]. *Seismostoitkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii*. 1999. No. 1. Pp. 6–9. (rus)

18. Andreev O.O., Oizerman V.I. Uroki zemletryaseniya. Obshchie vyvody [Lessons of earthquake. General conclusions]. *Karpatskoe zemletryasenie 1986 g.* Kishinev, 1990. Pp. 323–325. (rus)

19. Martem'yanov A.I., Alekseenkov D.A., Kilimnik L.Sh. Gazliiskoe zemletryasenie 1984 g.: Analiz povedeniya zdaniy i inzhenernykh sooruzhenii [Gazli earthquake 1984: Analysis of structural behavior]. Moscow : Nauka Publ., 1988. 118 p. (rus)

20. Kabantsev O.V. Makroseismicheskii efekt zemletryaseniya 4 oktyabrya 1994 g. na ostrovakh Iturup, Kunashir, Shikotan [Microseismic effect of earthquake 4 October 1994 on the Iturup, Kunashir, Shikotan islands]. Moscow : Gosstroy Publ., 1995. No. 4. Pp. 7–11. (rus)

21. Banon H., Veneziano D. Seismic Safety of Reinforced Concrete Members and Structures // *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. 1982. V. 10. P. 179–193.

22. Rutman Yu L., Simbort E. Vybor koeffitsienta reduktsii seismicheskikh nagruzok na osnove analiza plasticheskogo resursa konstruktzii [Selection of reduction coefficient based on seismic loads analysis of plastic resource]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2011. No. 27. Pp. 78–81. (rus)

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

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций.

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

Манаенков Иван Константинович

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

E-mail: manaenkov.i.k@gmail.com

Information about authors:

Kurnavina Sofya Ol.

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

E-mail: sofyK@yandex.ru

Tsatsulin Ilya V.

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia, postgraduate student of the department of reinforced concrete and stone structures.

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

Manaenkov Ivan K.

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia, candidate in technical sciences, associate professor of the department of reinforced concrete and stone structures.

E-mail: manaenkov.i.k@gmail.com

GIL-OULBE MATHIEU¹¹Engineering Academy of the Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

RESERVE OF ANALYTICAL SURFACES FOR ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

Abstract. After a period of relative calm in the construction and design of thin-walled large-span shells and network multilayer shell structures, which, according to the world's leading architects, began in the 1980 s, the time has come for the expanded use of spatial structures in the architecture of public and industrial buildings. Less commonly, shells are used in small-sized housing construction: ecological villages, noospheric and bionic architecture. The entire 20th century did not stop research on the development of analytical and numerical methods for analyzing shells for strength and stability, for the creation of new building materials. Geometers have created and studied more than 600 analytical surfaces that can be mistaken for the mid-surfaces of civil and mechanical engineering shells. As a result, by the beginning of the 21st century, architects and engineers had all the necessary tools to continue the traditions of the "golden age of shells". The analysis of problems with the use of new forms in parametric architecture, carried out in the article, showed that more than ten classes of surfaces from their classification have not yet found application in architecture and mechanical engineering. It is assumed that the number of applied classes of surfaces will not expand, and new ideas for the shaping of shells will be based on the use of already well-known surfaces, namely, surfaces of revolution, transfer, umbrella, minimal, ruled and wavy surfaces. Mainly, shell structures will be designed taking into account environmental, energy-saving requirements and transforming structures.

Keywords: analytical surfaces, surface classification, thin shells, shell architecture, shells in mechanical engineering, parametric architecture.

ЖИЛЬ-УЛБЕ МАТЬЕ¹¹ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

РЕЗЕРВ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. После периода относительного затишья в строительстве и проектировании тонкостенных большепролетных оболочек и стержневых многослойных оболочечных структур, который по мнению ведущих архитекторов мира начался в 1980-е годы, наступило время расширенного применения пространственных структур в архитектуре общественных и промышленных зданий. Реже оболочки применяются в малогабаритном жилищном строительстве: экологические деревни, ноосферная и бионическая архитектура. Весь 20-й век не прекращались исследования по развитию аналитических и численных методов расчета оболочек на прочность и устойчивость, по созданию новых строительных материалов. Геометры создали и изучили более 600 аналитических поверхностей, которые могут быть приняты за срединные поверхности оболочек строительного и машиностроительного назначения. В итоге к началу 21-го века архитекторы и инженеры имели весь набор необходимых средств для продолжения традиций «золотого века оболочек». Анализ проблем с применением новых форм в параметрической архитектуре, проведенный в статье, показал, что более десяти классов поверхностей из их классификации не нашел еще применения в архитектуре и машиностроении. Сделано предположение, что число применяемых классов поверхностей не будет расширяться, а новые идеи формообразования оболочек будут базироваться на использовании уже хорошо известных поверхностей, а именно, поверхностей вращения, переноса, зонтичных, минимальных, линейчатых и волнообразных поверхностей. В

основном будут проектироваться оболочечные структуры с учетом экологических, энергосберегающих требований и трансформирующиеся структуры.

Ключевые слова: аналитические поверхности, классификация поверхностей, тонкие оболочки, архитектура оболочек, оболочки в машиностроении, параметрическая архитектура, перспективы применения оболочек.

REFERENCES

1. Krsić Sonja. *Geometrijske površi u arhitekturi*. Građevinsko- arhitektonski fakultet Univerzitet u Nišu. Štampa Galaksija, Niš, 2012. 238 p.
2. Yakupov N.M., Galimov Sh.K., Hismatullin N.I. *Ot Kamennyh Glyb to Tonkostennym Konstruktsiyam* [From Boulders to Thin-Walled Structures]. Kazan: Izd-vo SOS, 2001. 96 p. (in Russian).
3. Bradshaw R., Campbell D., Gargari M., Mirmiran A., Tripeny P. Special structures. Past, present, and future. *Journal of Structural Engineering*. June 2002. Pp. 691-701 [DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:6(691)].
4. Krivoshapko S.N. Shell structures and shells at the beginning of the XXIst century. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2021. No. 6. Pp. 472-480.
5. Bratukhin A.G., Sirotkin O.S., Sabodash P.F., Egorov V.N. *Materials of Future and their unique Properties*. Moscow: "Mashinostroenie", 1995. 126 p. [ISBN 5-217-02739-8].
6. Krivoshapko S.N., Ivanov V.N. *Encyclopedia of Analytical Surfaces*. Springer International Publishing Switzerland, 2015. 752 p. [DOI: 10.1007/978-3-319-11773-7].
7. Mamieva I.A. On training of personnel for architecture, geometry, and analysis of large-span space structures and shells. *Building and Reconstruction*. 2016. No.5 (67). Pp. 114-118 (in Russian).
8. Alyoshina O.O. Researches on geometry and analysis of tangential developable shells of equal slope. *Structural Mechanics and Analysis of Constructions*. 2019. No.3. Pp. 63-70.
9. Ivanov V.N., Romanova V.A. *Constructive Forms of Spatial Structures (Visualization of Surfaces in MathCad, AutoCad)*. Moscow: ASV Publ., 2016. 412 p. ISBN 987-5-4323-0179-6 (rus)
10. Rynkovskaya M.I. Application of Runge-Kutt method and running tri-diagonal matrix for open helicoidal shell calculation. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2014. No. 3. Pp. 77-80.
11. Tupikova E.M. Choice of optimal shell covering on square plan in the form of a translational surface. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2019. 15(No. 5). Pp. 367-373.
12. Parametrische Flächen und Körper. <http://www.3d-meier.de/tut3/>
13. Eric W. Weisstein. Wolfram Web Resource: <http://mathworld.wolfram.com>
14. Druzhinskiy I.A. *Complex Surfaces: Mathematical and Technological Description*: Reference Book. Leningrad: "Mashinostroenie", 1985, 263 p.
15. Krivoshapko S.N. New analytical forms of surfaces as applied to metal art products. *Technologiya Mashinostroeniya*. 2006. No. 7. Pp. 49-51 (in Russ.).
16. Mamieva I.A., Gbaguidi-Aisse G.L. Influence of the geometrical researches of rare type surfaces on design of new and unique structures. *Building and Reconstruction*. 2019. No.5(85). Pp. 23-34.
17. Mamieva I.A., Razin A.D. Parametrical architecture in Moscow. *Architecture and construction of Russia*. 2014. 6. Pp. 25–29 [https://elibrary.ru/download/elibrary_21614483_57957742.pdf] (rus)
18. Grinko E.A. Classification of analytical surfaces as applied to parametrical architecture and machine building. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2018. 19(4). Pp. 438-456 <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8143-2018-19-4-438-456> (rus)
19. Mamieva I.A., Razin A.D. Landmark spatial structures in the form of conic surfaces. *Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroitelstvo [Industrial and Civil Engineering]*. 2017. No. 10. Pp. 5-11 (in Russ.).
20. Krivoshapko S.N. Shells of revolution of non-trivial forms. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Stroitelstvo*. 2018. No. 7(715). Pp. 66-79 (rus).
21. Krivoshapko S.N. A simplified criterion of optimality for shells of revolution. *The Privolzhsky Scientific Journal*. 2019. No. 4. Pp.108-116.
22. Krivoshapko Sergey N. The opportunities of umbrella-type shells. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2020. Vol. 16. No. 4. Pp. 271-278 [DOI 10.22363/1815-5235-2020-16-4-271-278].
23. Krivoshapko S.N., Ivanov V.N. *Geometry, Analysis, and Design of the Structures in the Form of Cyclic Surfaces: Review information*. Ser. "Building Materials and Structures", Iss. 2. Moscow: OAO «VNIINTPI», 2010. 61 p.
24. Burlov V.V., Nesterenko L.A., Remontova L.V., Orlov N.S. [3D-simulation of the second order surfaces](#). *Geometry and Graphics*. 2016. No.4 (4). Pp. 48-59.
25. Rynkovskaya M.I. Analysis and application of helicoidal shells. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2009. No 3. Pp. 113-116.

26. Mamieva I.A. Analytical surfaces for children playgrounds. Biosfernaya Sovmestimost': Chelovek, Region, Tekhnologii [Biosphere Compatibility: Human, Region, Technologies]. 2021. No.1. Pp. 92-100 [DOI: 10.21869/2311-1518-2021-33-1-92-100].
27. Krivoschapko S.N. Geometry and strength of general helicoidal shells. *Applied Mechanics Reviews* (USA). Vol. 52. No. 5. May 1999. Pp. 161-175 [DOI: 10.1115/1.3098932 EID: 2-s2.0-0032639253].
28. Alborova L.A. Minimal surfaces in building and architecture. Biosfernaya sovmetimost': chelovek, region, tekhnologii [Biosphere compatibility: human, region, technologies]. 2021. No.1. Pp.3-11. (In Russian). DOI: 10.21869/2311-1518-2021-33-1-3-11.
29. Berestova S.A, Misyura N.E., Mityushov E.A. Geometry of self-bearing covering on rectangular plan. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2017. (4). Pp15 - 18 [DOI: 10.22363/1815-5235-2017-4-15-18]
30. Mihailescu M., Horvath I. Velaroidal shells for covering universal industrial halls. *Acta techn. Acad. sci. hung.* 1977, No.85 (1-2). Pp. 135-145.
31. Gbaguidi Aïssè G.L. Influence of the geometrical researches of surfaces of revolution and translation surfaces on design of unique structures. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2019. No.15(4). Pp. 308-314 [DOI 10.22363/1815-5235-2019-15-4-308-314].
32. Karnevich V.V. Hydrodynamic surfaces with midsection in the form of Lamé curve. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2021. № 4. Pp. 238-243.
33. Djashiasvili T.G., Karagashev D.A. A method of analysis of frequencies of natural vibrations of metal spiral camera. *Investigation of Rational and economic structures hydro-and-heat-and-power engineering erections for mountain conditions* (GruzNIEGS). Moscow: 1992. Pp. 135-145.
34. Gafurova Yu.F., Filipova E.R., Krivoschapko S.N. Monge's surface and solution of volumetrically-planning composition of a gallery. *Nauchnomu Progressu – Tvorchestvo Molodyh* [Creative Works of Youth for Scientific Progress]. Materials of the IX Int. Youth Scientific Conf. on Natural and Techn. Branches of Science. in 3 parts. Povolzhskiy Gosudarstvenniy Tehnologicheskiy Universitet. 2014. Pp. 163-165.
35. Grinko E.A. Surfaces of plane-parallel transfer of congruent curves. *Structural Mechanics and Analysis of Constructions*, 2021. No.3. Pp. 71–77. (In Russian) DOI: 10.37538/0039-2383.2021.3.71.77
36. Neporada V.I. Velaroidal shells in non-linear architecture. *Mathematical Methods in Architecture and Design*: Conference papers (May 15, 2012). Editor V.G. Mosin. Samara: SGASU, 2013. Pp. 23-31.
37. Magdalena Toda. Weierstrass-type representation of weakly regular pseudospherical surfaces in Euclidean space. *Balkan Journal of Geometry and Its Applications*. 2002. Vol.7. No.2. Pp. 87-136.
38. Boris Rubinstein, Leonid Fel. Stability of unduloidal and nodoidal menisci between two solid spheres. *J. Geom. Symmetry Phys.* 2015. No.39. Pp. 77 - 98 [https://doi.org/10.7546/jgsp-39-2015-77-98].
39. Buhtyak M.S. Составная поверхность, близкая к псевдоминимальной. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i Mekhanika*. 2017. No.46. Pp. 5-24 (In Russian).
40. Nassar H. Abdel-All, R.A. Hussien and Taha Youssef. Hasimoto surfaces. *Life Science Journal*. 2012. 9(3). Pp. 556-560.
41. Mamieva I.A. Analytical surfaces for parametric architecture in contemporary buildings and structures. *Academia. Architecture and Construction*. 2020. No. 1. Pp. 150-165.
42. Korotich A.V. Innovative solutions of architectural shells: the alternative for traditional building. *Akademicheskii Vestnik UralNIIProekt RAASN*. 2015. No. 4. Pp. 70-75 (in Russian).
43. Ermolenko E.V. Forms and constructions on the architecture of the soviet avant-garde and their interpretation in modern foreign practice. *Academia. Architecture and Construction*. 2020. No. 1. Pp. 39-48 [DOI 10.22337/2077-2020-1-39-48].
44. Azant Sadat Mozhdemani, Reza Afhani. Using ecotech architecture as an effective tool for sustainability in construction industry. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 2017. Vol. 7. No. 5. Pp. 1914-1917 [https://doi.org/10.48084/etasr.1230].
45. Bondarenko I.A. On the appropriateness and moderation of architectural innovation. *Academia. Arkhitektura i Stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2020. No. 1. Pp. 13-18 (in Russian).
46. Ivanov V.N., Grinko E.A. Magistrate "Civil Engineering" on specialization "Architecture, Geometry, and Strength Analysis of Large-Span Space Structures and Shells". *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2013. No. 2. Pp. 77-80.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Krsić Sonja. Geometrijske površi u arhitekturi. – Građevinsko- arhitektonski fakultet Univerzitet u Nišu. Štampa Galaksija, Niš, 2012. 238 c.
2. Якупов Н.М., Галимов Ш.К., Хисматуллин Н.И. От каменных глыб к тонкостенным конструкциям. Казань: Изд-во SOS, 2001. 96 с.

3. Bradshaw R., Campbell D., Gargari M., Mirmiran A., and Tripeny P. Special structures. Past, present, and future// Journal of Structural Engineering. June 2002. P. 691-701 [DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:6(691)].
4. Krivoschapko S.N. Shell structures and shells at the beginning of the XXIst century // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2021. № 6. С. 472-480.
5. Братухин А.Г., Сироткин О.С., Сабодаш П.Ф., Егоров В.Н. Материалы будущего и их удивительные свойства. М.: «Машиностроение», 1995. 126 с. [ISBN 5-217-02739-8].
6. Krivoschapko S.N., Ivanov V.N. Encyclopedia of Analytical Surfaces. Springer International Publishing Switzerland, 2015. 752 p. [DOI: 10.1007/978-3-319-11773-7].
7. Мамиева И.А. О подготовке специалистов по архитектуре, геометрии и расчету большепролетных пространственных структур и оболочек // Строительство и реконструкция. 2016. № 5 (67). С. 114-118.
8. Алёшина О.О. Исследования по геометрии и расчету торсовых оболочек одинакового ската // Строительная механика и расчет сооружений. 2019. №3. С. 63-70.
9. Иванов В.Н., Романова В.А. Конструкционные формы пространственных конструкций. Визуализация поверхностей в системах MathCad, AutoCad: Монография. М.: Изд-во АСВ, 2016. 412 с. [ISBN 987-5-4323-0179-6].
10. Рынкoвская М.И. Применение метода Рунге-Кутты и метода прогонки к расчету длинного пологого торса-геликоида // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 3. С. 77-80.
11. Тупикова Е.М. Выбор оптимальной оболочки покрытия на квадратном плане в виде поверхности переноса// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. Т. 15. № 5. С. 367-373.
12. Parametrische Flächen und Körper. <http://www.3d-meier.de/tut3/>
13. Eric W. Weisstein. Wolfram Web Resource: <http://mathworld.wolfram.com>
14. Дружинский И.А. Сложные поверхности: Математическое описание и технологическое описание. Л.: Машиностроение, 1985. 263 с.
15. Кривошапко С.Н. Новые аналитические формы поверхностей применительно к металлическим художественным изделиям // Технология машиностроения. 2006. № 7. С. 49-51.
16. Mamieva I.A., Gbaguidi-Aisse G.L. Influence of the geometrical researches of rare type surfaces on design of new and unique structures // Строительство и реконструкция. 2019. № 5(85). С. 23-34.
17. Мамиева И.А., Разин А.Д. Параметрическая архитектура в Москве// Архитектура и строительство России. 2014. № 6. С. 24-29.
18. Гринько Е.А. Классификация аналитических поверхностей применительно к параметрической архитектуре и машиностроению // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2018. Том 19. № 4. С. 438-456.
19. Мамиева И.А., Разин А.Д. Знаковые пространственные сооружения в форме конических поверхностей// Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 10. С. 5-11.
20. Кривошапко С.Н. Оболочки вращения неканонических форм// Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 7(715). С. 66-79.
21. Кривошапко С.Н. Упрощенный критерий оптимальности для оболочек вращения// Приволжский научный журнал. 2019. № 4. С.108-116.
22. Krivoschapko Sergey N. The opportunities of umbrella-type shells [Возможности оболочек зонтичного типа] // [Строительная механика инженерных конструкций и сооружений](#). 2020. Т. 16. № 4. С. 271-278 [DOI 10.22363/1815-5235-2020-16-4-271-278].
23. Кривошапко С.Н., Иванов В.Н. Геометрия, расчет и проектирование конструкций в форме циклических поверхностей: Обзорная информация. Сер. «Строительные материалы и конструкции», вып. 2. М.:ОАО «ВНИИНТПИ», 2010. 61 с.
24. Бурлов В.В., Нестеренко Л.А., Ремонтова Л.В., Орлов Н.С. [3D-моделирование поверхностей 2-го порядка](#)// Геометрия и графика. 2016. Том 4. № 4. С. 48-59.
25. Рынкoвская М.И. Расчет и применение геликоидальных оболочек// Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2009. № 3. С. 113-116.
26. Мамиева И.А. Аналитические поверхности для детских площадок// Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. №1. С. 92-100 [DOI: 10.21869/2311-1518-2021-33-1-92-100].
27. Krivoschapko S.N. Geometry and strength of general helicoidal shells// Applied Mechanics Reviews. Vol.52. No 5. May 1999. P. 161-175 [DOI: 10.1115/1.3098932 EID: 2-s2.0-0032639253].
28. Алборова Л.А. Минимальные поверхности в строительстве и архитектуре// Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. №1. С. 3-11 [DOI: 10.21869/2311-1518-2021-33-1-3-11]
29. Берестова С.А., Мисюра Н.Е., Митюшов Е.А. Геометрия самонесущих покрытий на прямоугольном плане// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2017. № 4. С. 15 - 18 [DOI: 10.22363/1815-5235-2017-4-15-18].
30. Mihailescu M., Horvath I. Velaroidal shells for covering universal industrial halls// Acta techn. Acad. sci. hung. 1977, 85 (1-2). P. 135-145.

31. Gbaguidi Aïssè G.L. Influence of the geometrical researches of surfaces of revolution and translation surfaces on design of unique structures// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. 15(4). Pp. 308-314 [DOI 10.22363/1815-5235-2019-15-4-308-314].
32. Карневич В.В. Гидродинамические поверхности с мидельшапоутом в форме кривых Ламе // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Инженерные исследования». 2021. № 4. С. 238-243.
33. Джашиашвили Т.Г., Карагашев Д.А. Методика расчета частот собственных колебаний металлической спиральной камеры// Исследование рациональных и экон. конструкций гидро- и теплоэнерг. сооружений для горных условий (ГрузНИИЭГС). М.: 1992. С. 135-145.
34. Гафурова Ю.Ф., Филипова Е.Р., Кривошапко С.Н. Поверхность Монжа как решение объемно-планировочной композиции галереи// Научному прогрессу – творчество молодых. Материалы IX Международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 3 частях. Поволжский государственный технологический университет. 2014. С. 163-165.
35. Гринько Е.А. Поверхности плоскопараллельного переноса конгруэнтных кривых // Строительная механика и расчет сооружений. 2021. № 3. С. 71–77 [DOI: 10.37538/0039-2383.2021.3.71.77].
36. Непорада В.И. Велароидальные оболочки в контексте нелинейной архитектуры// Математические методы в архитектуре и дизайне: Материалы межвузовской научной конференции (15 мая 2012 года) / отв. Ред. В.Г. Мосин. Самара: СГАСУ, 2013. С. 23-31.
37. Magdalena Toda. Weierstrass-type representation of weakly regular pseudospherical surfaces in Euclidean space // Balkan Journal of Geometry and Its Applications. 2002. Vol.7. No.2. Pp. 87-136.
38. Boris Rubinstein, Leonid Fel. Stability of unduloidal and nodoidal menisci between two solid spheres // J. Geom. Symmetry Phys. 2015. № 39. С. 77 - 98 [https://doi.org/10.7546/jgsp-39-2015-77-98].
39. Бухтяк М.С. Составная поверхность, близкая к псевдоминимальной// Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2017. № 46. С. 5-24.
40. Nassar H. Abdel-All, R.A. Hussien and Taha Youssef. Hasimoto surfaces// Life Science Journal. 2012. 9(3). P. 556-560.
41. Мамиева И.А. Аналитические поверхности для параметрической архитектуры в современных зданиях и сооружениях// Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 1. С. 150-165.
42. Коротич А.В. Инновационные решения архитектурных оболочек: альтернатива традиционному строительству// Академический Вестник УралНИИпроект РААСН. 2015. № 4. С. 70-75.
43. Ермоленко Е.В. Формы и построения в архитектуре советского авангарда и их интерпретация в современной зарубежной практике// Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 1. С. 39-48 [DOI 10.22337/2077-2020-1-39-48].
44. Azant Sadat Mozhdehgan, Reza Afhani. Using ecotech architecture as an effective tool for sustainability in construction industry// Engineering, Technology & Applied Science Research. 2017. Vol. 7. No. 5. Pp. 1914-1917 [https://doi.org/10.48084/etasr.1230].
45. Бондаренко И.А. Об уместности и умеренности архитектурных новаций // Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 1. С. 13-18.
46. Иванов В.Н., Гринько Е.А. Магистратура по направлению «Строительство». Специализация «Архитектура, геометрия и расчет большепролетных пространственных структур и оболочек» // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2013. № 2. С. 77-80.

Information about author:

GIL-OULBE Mathieu

Engineering Academy of the Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia,
PhD, associate professor of the department of civil engineering.
E-mail: giloulbem@mail.ru

Информация об авторе:

Жиль-улбе Матье

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент департамента «Строительство».
E-mail: giloulbem@mail.ru

А.В. ШУТКА¹, Е.И. ГУРЬЕВА¹

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

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННОГО РЕШЕНИЯ ВЪЕЗДНОГО ЗНАКА В МАЛЫЙ ГОРОД

Аннотация. Рассмотрены варианты архитектурно-пространственного, композиционного решения въездного знака в малые города. Проанализированы особенности архитектурно-художественного, конструктивного, композиционного решения въездного знака, применение отделочных материалов.

Обосновывается актуальность развития малого города с учетом исторических, культурных, экономических особенностей и достижений района, а также символы культуры и многовековой истории региона в контексте решения проблем градостроительной деятельности.

Приведены требования к оценке по каждому характерному показателю, влияющему на выявление новых архитектурно-художественных и эстетических возможностей представления символа на въезде в малый город.

Ключевые слова: въездной знак в город, архитектурные принципы, общественные пространства, градостроительство, город, градостроительная оптимизация, скульптура.

A.V. SHUTKA¹, E.I. GUREVA¹

¹Voronezh state technical University, Voronezh, Russia

URBAN PLANNING CONCEPT OF FORMING AN ARCHITECTURAL AND SPATIAL SOLUTION FOR AN ENTRANCE SIGN TO A SMALL CITY

Abstract. Variants of architectural, spatial, and compositional solutions of entrance signs in small towns are considered. The article analyzes the features of architectural and artistic, structural, and compositional solutions of the entrance sign, as well as the use of finishing materials.

The urgency of development of small cities taking into account the historical, cultural, economic characteristics and achievements of the district, as well as symbols of culture and long history of the region in the context of solving problems of urban development.

The requirements for the assessment of each characteristic indicator that affects the identification of new architectural, artistic and aesthetic possibilities for the representation of the symbol at the entrance to a small city are given.

Keywords: entrance sign to the city; architectural principles; public spaces; urban planning; city; urban planning optimization; sculpture.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева Д.Д. Въездной знак как художественное воплощение образа города в сборнике: всероссийская научно-практическая конференция "диск-2018". Сборник материалов, 2018. С. 4-6
2. В России появился стандарт «Умного города» [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/press/v-rossii-poyavilsya-standart-umnogo-goroda/>
3. Гурьева Е.И., Федорова А.П. Градозэкологические принципы развития территории Курской области на примере горшечного района // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2020. № 2 (45). С. 44-49.
4. Гурьева Е.И., Янышина Н.А. Социально-психологические факторы в градостроительной политике на примере Воронежской агломерации // Строительство и реконструкция. 2019. № 5 (85). С. 96-107.

5. Девятков М.М., Волков В.С., Гагулина О.В., Щebetko Д. А. Методика формирования архитектурно-ландшафтного и эстетического облика дороги для повышения удобства и безопасности движения. Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2020. № 1. С. 77-92.
6. Девятков М.М., Олейников П.П. Формирование архитектурных доминантных акцентов визуально-ориентирующего и патриотического характера в обустройстве автомобильных дорог. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. № 2 (79). С. 32-46.
7. Москаленко И.А. Стилистические особенности эклектики в центральной части города Ростова-на-Дону на рубеже XIX-XX веков // Инженерный вестник Дона. 2013. №2
8. Олейников П.П. Въезды в город. История. Перспективы // Проект 34. 2008. №1. С. 6.
9. Правительство одобрило проект транспортной стратегии до 2035 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://ria.ru/20200328/1569275325/html>
10. Федоров В.В. Символизм архитектурных пространств : Автореф. дис. ... доктора культурол. наук. – Москва, 2000. С.6-8.
11. Хуранов В.Х., Бжахов М.И., Карданов Л.Т., Шогенова Ф.М. Подкова - символ г. Нальчика в архитектуре столицы КБР Инженерный вестник Дона, 2014. № 4-1 (31). С. 124.
12. Шутка А.В. Ландшафтное оформление праздничной среды города // В сборнике: Инновации в социокультурном пространстве: материалы IX международной научно-практической конференции: в 2-х частях. 2016. С. 135-140.
13. Baier R., Ackva A., Baier M. Strassen und Plätze neu gestaltet : Beispiele aus der Praxis Druckerei J. P. Bachem GmbH, Köln, August 2000.
14. Prinz D. Gestaltung von Strassen und Strassenräumen Städtebau. Städtebauliches Gestalten. Kohlhammer. Architektur. Aufgabe. 1997. Band 2.
15. Weise G., Durch W. Strassenbau: Planung und Entwurf. Berlin : Verl. fuer Bauwesen. 1997. 436 p.

REFERENCES

1. Avdeeva D.D. Entrance sign as an artistic embodiment of the image of the city in the collection: all-Russian scientific and practical conference "disk-2018". Collection of materials. 2018. Pp. 4-6.
2. The "Smart city" standard has appeared in Russia [Electronic resource]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/press/v-rossii-poyavilsya-standart-umnogo-goroda>
3. Gureva E.I., Fedorova A.P. Gradoecological principles of development of the territory of the Kursk region on the example of the gorshechny district // academic Bulletin of Uralniiproekt RAASN. 2020. No. 2 (45). Pp. 44-49.
4. Gureva E.I., Yanshina N.A. Socio-psychological factors in urban planning policy on the example of the Voronezh agglomeration. 2019. No. 5 (85). Pp. 96-107.
5. Devyatov M.M., Volkov V.S., Gagulina O.V., Shchebetko D.A. Method of forming the architectural landscape and aesthetic appearance of the road to improve the convenience and safety of traffic . Vestnik VolgGASU. Ser.: Construction and architecture, 2020. No.1. Pp. 77-92.
6. Devyatov M. M., Oleynikov P. P. Formation of architectural dominant accents of a visa-oriented and Patriotic nature in the arrangement of highways. Bulletin of the Volgograd state University of architecture and civil engineering. Series: Construction and architecture. 2020. No. 2 (79). Pp. 32-46.
7. Moskalenko I. A. Stylistic features of eclecticism in the Central part of the city Of Rostov-on-don at the turn of the XIX-XX centuries // Engineering Bulletin of the don. 2013. No. 2.
8. Oleynikov P. P. Entrances to the city. History. The prospects // Project 34. 2008. No. 1. P. 6.
9. The government has odobreno draft transport strategy until 2035 [Electronic re-source]. URL: <https://ria.ru/20200328/1569275325/html>
10. Fedorov V.V. Symbolism of architectural spaces : author's thesis ... doctor of cultural Sciences. Moscow, 2000. P. 6-8.
11. Khuranov V. Kh., Bzhakhov M.I., Kardanov L.T., Shogenova F.M. Horseshoe - symbol of Nalchik in the architecture of the capital of the KBR Engineering Bulletin of the don. 2014. No. 4-1 (31). P. 124.
12. Shutka A.V. Landscape design of the festive environment of the city // In the collection: Innovations in the socio-cultural space: proceedings of the IX international scientific and practical conference: in 2 parts. 2016. Pp. 135-140.
13. Baier R., Ackva A., Baier M. Strassen und Plätze neu gestaltet : Beispiele aus der Praxis Druckerei J. P. Bachem GmbH, Köln, August. 2000.
14. Prinz D. Gestaltung von Strassen und Strassenräumen Städtebau. Städtebauliches Gestalten. Kohlhammer. Architektur. Aufgabe. 1997. Band 2.
15. Weise G., Durch W. Strassenbau: Planung und Entwurf. Berlin : Verl. fuer Bauwesen, 1997. 436 p.

Информация об авторах:

Шутка Анна Викторовна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Россия,
кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры градостроительства.

E-mail: shutka.a@yandex.ru

Гурьева Елена Ивановна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Россия,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры градостроительства.

E-mail: gurjeva_el@mail.ru

Information about authors:

Shutka Anna V.

Voronezh state technical University, Voronezh, Russia,
PhD architecture, associate professor, associate professor of the department of urban planning.

E-mail: shutka.a@yandex.ru

Gureva Elena Iv.

Voronezh state technical University, Voronezh, Russia,
PhD agricultural sciences, associate professor of urban planning.

E-mail: gurjeva_el@mail.ru

В.З. АБДРАХИМОВ¹, Е.С. АБДРАХИМОВА²

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», г. Самара, Россия

²ФГБОУ ВО «Самарский университет (Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева)», г. Самара, Россия

ПОЛУЧЕНИЕ СЕЙСМОСТОЙКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ШЛАКА ОТ ВЫПЛАВКИ БЕЗУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА И НЕКОНДИЦИОННОЙ ГЛИНЫ

Аннотация. В Российской Федерации большинство легкоплавких глин, применяемых в производстве керамического кирпича, имеют низкое содержание оксида алюминия ($Al_2O_3=12-15\%$). При таком низком содержании оксида алюминия в глинистых материалах из них невозможно получить кирпич марок М150 и выше. Для возведения несущих стен нижних этажей зданий повышенной этажности (15 этажей и более) требуется керамический кирпич марок — М150-М300. В такие глинистые материалы для получения сейсмостойкого кирпича М150 и выше необходимо вводить отощитель, содержащий $Al_2O_3>50\%$. С учетом сокращения запасов традиционного высокоглиноземистого природного сырья необходимо найти новые способы его замещения различными видами отходов. Опыт передовых зарубежных стран показал техническую осуществимость этого направления и применения еще и как инструмента защиты природной среды от загрязнения. В настоящей работе взамен природных традиционных отощителей предлагается использовать шлак от выплавки безуглеродистого феррохрома содержащий $Al_2O_3=55,8\%$. В качестве глинистого материала использовалась некондиционная бейделлитовая глина, которая без отощителей не пригодна для производства керамического кирпича. Получен на основе шлака от выплавки безуглеродистого феррохрома и некондиционной глины керамический сейсмостойкий кирпич М125-М175 в интервале температур 1050-1100°C.

Ключевые слова: сейсмостойкий кирпич, отходы производств, некондиционная бейделлитовая глина, шлак от выплавки безуглеродистого феррохрома.

V.Z. ABDRAKHIMOV¹, E.S. ABDRAKHIMOVA²,

¹Samara State University of Economics, Samara, Russia,

²Samara University (Samara national Research University named after Academician S.P. Koroleva), Samara, Russia

OBTAINING EARTHQUAKE-RESISTANT BRICKS BASED ON SLAG FROM THE SMELTING OF CARBON-FREE FERROCHROME AND SUBSTANDARD CLAY

Abstract. In the Russian Federation, most low-melting clays used in the production of ceramic bricks have a low content of aluminum oxide ($Al_2O_3=12-15\%$). With such a low content of aluminum oxide in clay materials, it is impossible to obtain bricks of grades M150 and higher from them. For the construction of load-bearing walls of the lower floors of high-rise buildings (15 floors or more), ceramic bricks of the M150-M300 brands are required. In such clay materials, to obtain earthquake-resistant bricks M150 and higher, it is necessary to introduce a thinning agent containing $Al_2O_3>50\%$. Taking into account the reduction of reserves of traditional high-alumina natural raw materials, it is necessary to find new ways to replace it with various types of waste. The experience of advanced foreign countries has shown the technical feasibility of this direction and its application as a tool for protecting the natural environment from pollution. In this paper, instead of natural traditional desiccants, it is proposed to use slag from the smelting of carbon-free ferrochrome containing

$Al_2O_3=55.8\%$. As a clay material, substandard beidellite clay was used, which is not suitable for the production of ceramic bricks without thinners. A ceramic earthquake-resistant brick M125-M175 was obtained on the basis of slag from the smelting of carbon-free ferrochrome and substandard clay in the temperature range of 1050-1100°C

Keywords: earthquake-resistant brick, industrial waste, substandard beidellite clay, slag from the smelting of carbon-free ferrochrome

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маловичко А.А., Селезнев В.С., Виноградов Ю.Н., Дягилев Р.А., Горажаев С.В. и др. Федеральный исследовательский центр Единая геофизическая служба Российской академии наук. Обнинск: ФИЦ. ЕГС РАН. 2017. 52 с.
2. Абдрахимов В.З. Влияние нанотехногенного сырья на сушильные свойства и физико-механические показатели керамического кирпича // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2020. №1. С. 29-34.
3. Абдрахимов В.З. Использование обожженного солевого шлака для получения высокопрочного сейсмологического кирпича // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2019. №5. С. 45-50.
4. Абдрахимова Е.С. Рециклинг шлака от выплавки ферротитана в производство сейсмостойкого кирпича на основе бейделлитовой глины // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. №7. С. 32-36.
5. Абдрахимов В.З. Использование отхода обогащения угля и бейделлитовой глины в производстве пористого заполнителя на основе жидкостекольных композиций // Известия вузов. Строительство. 2019. №7. С. 25-34.
6. Абдрахимов В.З. Повышение экологической безопасности за счет использования золошлакового материала и отработанного катализатора в производстве керамического кирпича на основе бейделлитовой глины // Биологическая совместимость: человек, регион, технологии. 2019. №2. С. 35-42.
7. Абдрахимов В.З. Использование золошлакового материала и нанотехногенного карбонатного шлака в производстве кирпича на основе бейделлитовой глины // Строительство и реконструкция. 2019. №2. С. 81-89.
8. Абдрахимов В.З. Применение алюмосодержащих отходов в производстве керамических материалов различного назначения // Новые огнеупоры. 2013. №1. С. 13-23
9. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Использование отходов цветной металлургии и ортофосфорной кислоты в производстве жаростойкого бетона // Промышленное и гражданское строительство. 2021. №2. С. 42-48.
10. Чернышов А.И., Тишин П.А., Вологодина И.В. Структуры и текстуры магматических и метаморфических горных пород. Томск. Издательский дом Томского государственного университета, 2018. 1356 с.
11. Попова В.С., Богатикова О.И. Петрография и петрология магматических, метафизических и метасоматических пород. М.: Лотос, 2001. 768 с.
12. Шамина М.И., Шалдыбин М.В. Магматические горные породы. Томск: Томский политехнический университет, 2013. 20 с.
13. Тюлькин Д.С., Плетнев П.М., Богданов В.А. Корундомуллитовые огнеупоры для синтеза и обжига технической керамики // Сборник научных трудов Международной конференции «СТРОЙСИБ 2012»: Новые технологии в материаловедение. Новосибирск, 2012. С. 45-54.
14. Сорокина Е.С., Ожогина Е.Г., Якоб Д.Е., Хофмейстер В. Некоторые особенности онтогении корунда и качество руды месторождения Снежное, Таджикистан (Восточный Памир). Записки РМО, 2012. №6. С. 100-108.
15. Buravleva S.Y., Smirnov S.Z., Pakhomova V.A., Fedoseev D.G. Use of Raman spectrometry to determine the composition of primary inclusions in sapphires // 11th International Conference on Raman Spectroscopy and its Applications to Geological, Planetary and Archeological Sciences". Abstract volume. Washington University, St Louis, USA, 2014. P. 161.

REFERENCES

1. Malovichko A.A., Seleznev V.S., Vinogradov Yu.N., Diaghilev R.A., Gorazhaev S.V., etc. Federal Research Center Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences. Obninsk: Fitz. EGS RAS. 2017. 52 p.
2. Abdrakhimov V.Z. Influence of nanotechnogenic raw materials on drying properties and physical and mechanical parameters of ceramic bricks. Safety of structures. 2020. № 1. P. 29-34.
3. Abdrakhimov V.Z. The use of burnt salt slag for obtaining high-strength seismological bricks. Safety of structures. 2019. №5. P. 45-50.

4. Abdrakhimova E.S. Recycling of slag from ferrotitanite smelting into the production of earthquake-resistant bricks based on beidellite clay // Ecology and industry of Russia. 2021. Vol. 25. № 7. Pp. 32-36.
5. Abdrakhimov V.Z. Use of coal and beidellite clay processing waste in the production of porous aggregate based on liquid-glass compositions // Izvestiya vuzov. Construction. 2019. № 7. Pp. 25-34.
6. Abdrakhimov V.Z. Improving environmental safety through the use of ash and slag material and spent catalyst in the production of ceramic bricks based on beidellite clay // Biological compatibility: man, region, technologies. 2019. №2. Pp. 35-42.
7. Abdrakhimov V.Z. The use of ash and slag material and nanotechnogenic carbonate sludge in the production of bricks based on beidellite clay // Construction and reconstruction. 2019. №2. Pp. 81-89.
8. Abdrakhimov V.Z. The use of aluminum-containing waste in the production of ceramic materials for various purposes // New refractories. 2013. № 1. Pp. 13-23.
9. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. The use of non-ferrous metallurgy waste and orthophosphoric acid in the production of heat-resistant concrete // Industrial and civil construction. 2021. №2. Pp. 42-48.
10. Chernyshov A.I., Tishin P.A., Vologda I.V. Structures and textures of igneous and metamorphic rocks. Tomsk. Publishing House of Tomsk State University, 2018. 1356 p.
11. Popova V.S., Bogatikova O.I. Petrography and petrology of igneous, metaphysical and metasomatic rocks. Moscow: Lotos, 2001. 768 p.
12. Shaminova M.I., Shaldybin M.V. Igneous rocks. Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2013. 20 p.
13. Tyulkin D.S., Pletnev P.M., Bogdanov V.A. Corundomullite refractories for synthesis and firing of technical ceramics // Collection of scientific papers of the International conference "STROYISIB 2012": New technologies in materials science. Novosibirsk, 2012. Pp. 45-54.
14. Sorokina E.S., Ozhogina E.G., Jacob D.E., Hofmeister V. Some features of corundum ontogeny and ruby quality of the Snezhnoye deposit, Tajikistan (Eastern Pamir). Notes of the RMO, 2012. No. 6. Pp. 100-108.
15. Buravleva S.Y., Smirnov S.Z., Pakhomova V.A., Fedoseev D.G. Use of Raman spectrometry to determine the composition of primary inclusions in sapphires // 11th International Conference on Raman Spectroscopy and its Applications to Geological, Planetary and Archeological Sciences". Abstract volume. Washington University, St Louis, USA, 2014. P. 161.

Информация об авторах:

Абдрахимов Владимир Закирович

Самарский государственный экономический университет, г. Самара, Россия,
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Землеустройство и кадастры», почетный работник
высшего и профессионального образования.
E-mail: 3375892@mail.ru

Абдрахимова Елена Сергеевна

Самарский университет (Национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева),
г. Самара, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Химия».
E-mail: 3375892@mail.ru

Information about authors:

Abdrakhimov Vladimir Z.

Samara State University of Economics, Samara, Russia,
doctor of technical sciences, professor, professor of the department of land management and cadastre, honorary worker of
higher and professional education.
E-mail: 3375892@mail.ru

Abdrakhimova Elena S.

Samara University (National Research University named after Academician S.P. Koroleva), Samara, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of «Chemistry».
E-mail: 3375892@mail.ru

Н.И. ШЕСТАКОВ¹, А.В. КОРШУНОВ¹, С.В. ПУТИЛИН¹¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛАКА МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В статье рассматривается вариант укрепления грунтов земляного полотна автомобильных дорог комплексным вяжущим на основе гранулированного шлака медеплавильного производства и гидратной извести. Представлены характеристики исследуемого шлака, микрофотоснимки его поверхности, а также химический и фазовый составы. Выполнено подробное описание рентгенодифрактограммы исследуемого шлака с обработкой полученных рефлексов с использованием базы данных ICDD PDF-2. Проведены расчеты гидролитических равновесий с использованием основных фаз, найденных по данным рентгенофазового анализа. Расчетным методом установлено, что при уровне pH=11-12 в известково-шлаковой смеси протекает разложение силикатов и алюмосиликатов железа с образованием гелей гидроксидов железа и алюминия, а также аморфного кремнезема. На основе полученного комплексного вяжущего изготовлены стандартные образцы укрепленного суглинистого грунта и определены его физико-механические свойства. Результаты проведенных экспериментов дают перспективную возможность для получения укрепленных грунтов на основе комплексного минерального вяжущего с прочностью на сжатие до 2,2 МПа.

Ключевые слова: шлак медеплавильного производства, купершлак, земляное полотно, грунты, укрепление грунтов, дорожное строительство.

N.I. SHESTAKOV¹, A.V. KORSHUNOV¹, S.V. PUTILIN¹¹Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF COPPER MELTING SLAG IN ROAD CONSTRUCTION

Abstract. The article discusses the option of strengthening the soils of the roadbed of highways with complex binders based on granular slag of copper smelting production and air lime. The characteristics of the investigated slag, photomicrographs of its surface, as well as the chemical and phase compositions are presented. A detailed description of the X-ray diffractogram of the studied slag with the processing of the obtained reflections using the ICDD PDF-2 database is presented. Calculations of hydrolytic equilibria were carried out using the main phases found from the data of X-ray phase analysis. It was found by the calculation method that at pH = 11-12 in the lime-slag mixture decomposition of iron silicates and aluminosilicates occurs with the formation of gels of iron and aluminum hydroxides, as well as amorphous silica. On the basis of the obtained complex binder, standard samples of strengthened soil based on loam were made and tested to determine the physical and mechanical properties. The results of the experiments carried out create an opportunity for obtaining hardened soils based on a complex mineral binder with a compressive strength of up to 2.2 MPa.

Keywords: copper smelting slag, roadbed, soils, soil strengthening, road construction.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Balaguera A., Carvajal G.I., Arias Y.P., Alberti J., Fullana-i-Palmer P. Technical feasibility and life cycle assessment of an industrial waste as stabilizing product for unpaved roads, and influence of packaging // Science of The Total environment. Vol. 651, P. 1. Pp. 1272–1282.
2. Дмитриева Т.В., Строкова В.В., Безродных А.А. Влияние генетических особенностей грунтов на свойства грунтобетонных на их основе // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 69–77.

3. Gorai B., Jana R.K. Premchand; Characteristics and utilisation of copper slag – a review. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.39. 2003. P.299-313.
4. Харченко Е.М., Ульяева Г.А., Егорова Т.Г., Рахимбеков С.С. Переработка шлаков медеплавильного производства // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 7. С. 30-33.
5. Tixier R, Devaguptapu R, Mobasher B.; the effect copper slag for hydration and mechanical properties of cementitious mixtures. *Cement and concrete Research*. Volume 27. No. 10. 1997. Pp. 1569-1580.
6. Murashev A.K., Kirkcaldie D.K., Keepa C., Cubrinovski M., Orense R., Lloyd J.N. The assessment of liquefaction and lateral spreading effects on bridges // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура*. 2014. №3. С. 17-23.
7. Li Z., Ma J., Yuan H. Research and practice on grouting technology with new cement-based/polymer composite // *Modeling and Computation in Engineering II*. 2013. T. 201. pp. 207–212.
8. Слободчикова Н.А. Научные основы подбора состава грунтов, укрепленных известью // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2017. №4. С. 62-68.
9. Самедов А. М., Ткач Д. В. Укрепление переувлажненных глинистых грунтов молотой негашеной известью или жженой магнезией // *Известия ТулГУ. Науки о Земле*. 2012. №2. С. 163-171.
10. Дмитриева Т.В., Куцына Н.П., Безродных А.А., Строкова В.В., Маркова И.Ю. Эффективность укрепления техногенного грунта минеральными модификаторами // *Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова*. 2019. №7. С. 14-23.
11. Игошева Л.А., Гришина А.С. Обзор основных методов укрепления грунтов основания // *Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура*. 2016. №2. С. 5-21.
12. Khalifa S. Al-Jabri, Abdullah H. Al-Saidy, Ramzi Taha. Effect of copper slag as a fine aggregate on the properties of cement mortars and concrete. *Construction and Building Materials*. 2011. Vol.25. No.2. P.933-938.
13. Patel J.B., Solanki C.H., Tandel Y.K., Joseph J. Finite Element Modeling of Pervious Concrete Stone Column Composite Column Group for Ground Improvement // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2018. Vol. 9. Iss. 5. P. 889–895.
14. Rimal S., Poudel R.K., Gautam D. Experimental study on properties of natural soils treated with cement kiln dust // *Case Studies in Construction Materials*. Vol. 10. June 2019. e00223.
15. Pereira R.S. et al. Mechanical stabilization of soils as alternative for construction of low cost forest road // *Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais*. 2017. T. 5. №. 3. Pp. 212–217.
16. Karun Mani, Nigee K. A study on ground improvement using stone column technique // *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2013. Vol. 2. Iss. 11. P. 6451–6456.
17. Nehab N., Latifi F.E., Bahi L., Baba K. Numerical Study On Soil Improvement Using The VibroStone Columns Technique “Case of Bouregreg Valley // *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*. 2018. Vol. 9. Iss. 7. P. 147–159.
18. Pugh R.S. Briefing: Efficiency of stone-column groups installed in very soft clays // *Geotechnical Engineering*. 2018. Vol. 171. Iss. 2. P. 104–108.

REFERENCES

1. Balaguera A., Carvajal G.I., Arias Y.P., Alberti J., Fullana-i-Palmer P. Technical feasibility and life cycle assessment of an industrial waste as stabilizing product for unpaved roads, and influence of packaging // *Science of The Total environment*. Vol. 651, P. 1. Pp. 1272–1282
2. Дмитриева Т.В., Строкова В.В., Безродных А.А. Влияние генетических особенностей грунтов на свойства грунтобетона на их основе // *Строительные материалы и изделия*. 2018. P. 1. Vol 1. Pp. 69–77.
3. Gorai B., Jana R.K. Premchand; Characteristics and utilisation of copper slag – a review. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.39, 2003; p.299-313
4. Harchenko E.M., Ul'eva G.A., Egorova T.G., Rahimbekov S.S. Pererabotka shlakov medeplavil'nogo proizvodstva // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 2015. Vol. 7. Pp. 30-33.
5. Tixier R, Devaguptapu R, Mobasher B.; the effect copper slag for hydration and mechanical properties of cementitious mixtures. *Cement and concrete Research*, Volume 27, No. 10, 1997; pp. 1569-1580
6. Murashev A. K., Kirkcaldie D. K., Keepa C., Cubrinovski M., Orense R., Lloyd J. N. The assessment of liquefaction and lateral spreading effects on bridges // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура*. 2014. №3. С. 17-23.
7. Li Z., Ma J., Yuan H. Research and practice on grouting technology with new cement-based/polymer composite // *Modeling and Computation in Engineering II*. 2013. T. 201. pp. 207–212.
8. Slobodchikova N.A. Nauchnye osnovy podbora sostava gruntov, ukreplennyh izvest'yu // *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*. 2017. Vol. 4. Pp. 62-68.
9. Samedov A. M., Tkach D. V. Ukreplenie pereuvlazhnennyh glinistyh gruntov molotoj negashenoj izvest'yu ili zhzhenoj magneziej // *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle*. 2012. Vol. 2. Pp. 163-171.
10. Dmitrieva T.V., Kucyna N.P., Bezrodnyh A.A., Stroкова V.V., Markova I.YU. Effektivnost' ukrepleniya tekhnogennogo grunta mineral'nymi modifikatorami // *Vestnik BGTU imeni V. G. Shuhova*. 2019. Vol. 7. Pp. 14-23.

11. Igosheva L.A., Grishina A.S. Obzor osnovnykh metodov ukrepleniya gruntov osnovaniya // Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arhitektura. 2016. Vol. 2. Pp. 5-21.
12. Khalifa S. Al-Jabri, Abdullah H. Al-Saidy, Ramzi Taha. Effect of copper slag as a fine aggregate on the properties of cement mortars and concrete. Construction and Building Materials, Vol.25, No.2, 2011; p.933-938
13. Patel J.B., Solanki C.H., Tandel Y.K., Joseph J. Finite Element Modeling of Pervious Concrete Stone Column Composite Column Group for Ground Improvement // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. Vol. 9. Iss. 5. P. 889–895.
14. Rimal S., Poudel R.K., Gautam D. Experimental study on properties of natural soils treated with cement kiln dust // Case Studies in Construction Materials. Vol. 10. June 2019. e00223.
15. Pereira R.S. et al. Mechanical stabilization of soils as alternative for construction of low cost forest road // Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais, 2017. T. 5. №. 3. Pp. 212–217
16. Karun Mani, Nigee K. A study on ground improvement using stone column technique // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2013. Vol. 2. Iss. 11. P. 6451–6456.
17. Nehab N., Latifi F.E., Bahi L., Baba K. Numerical Study On Soil Improvement Using The VibroStone Columns Technique “Case of Bouregreg Valley // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). 2018. Vol. 9. Iss. 7. P. 147–159.
18. Pugh R.S. Briefing: Efficiency of stone-column groups installed in very soft clays // Geotechnical Engineering. 2018. Vol. 171. Iss. 2. P. 104–108.

Информация об авторах:

Шестаков Николай Игоревич

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет" (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения.
E-mail: SHestakovNI@mgsu.ru

Коршунов Андрей Владимирович

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет" (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,
доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения.
E-mail: KorshunovAV@mgsu.ru

Путин Сергей Владимирович

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет" (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,
магистрант кафедры строительного материаловедения.
E-mail: serg.putilin@gmail.com

Information about authors:

Shestakov Nikolay Ig.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor of the department of Building Materials Science.
E-mail: SHestakovNI@mgsu.ru

Korshunov Andrey V.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
doctor of technical sciences, professor of the department of Building Materials Science.
E-mail: KorshunovAV@mgsu.ru

Putilin Sergei V.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
graduate student of the department of Building Materials Science.
E-mail: serg.putilin@gmail.com

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 A4 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 23.12.2021
Дата выхода в свет 28.12.2021
Формат 70×108/16. Печ. л. 6,1
Цена свободная. Тираж 1000 экз.
Заказ № 183

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