

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

ISSN 2073-7416

BUILDING AND RECONSTRUCTION

№5(103) 2022

Теория инженерных сооружений.
Строительные конструкции

The theory of engineering
constructions. Construction
design

Безопасность зданий
и сооружений

Building and structure
safety

Архитектура
и градостроительство

Architecture
and urban development

Строительные материалы
и технологии

Building materials
and technology



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

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

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

Редакция:
Акимов П.А., *акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Бакаева Н.В., *советник РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Бок Т., *д-р техн. наук, проф. (Германия)*
Булгаков А.Г., *д-р техн. наук, проф. (Германия)*
Данилевич Д.В., *канд. техн. наук, доц. (Россия)*
Емельянов С.Г., *чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Карпенко Н.И., *акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Колесникова Т.Н., *д-р арх., проф. (Россия)*
Колчунов В.И., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Коробко А.В., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Король Е.А., *чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Кривошапко С.Н., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Лефай З., *д-р техн. наук, проф. (Франция)*
Мелькумов В.Н., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Орлович Р.Б., *д-р техн. наук, проф. (Польша)*
Птичкина Г.А., *д-р арх., проф. (Россия)*
Реболж Д., *д-р техн. наук, проф. (Словения)*
Римшин В.И., *чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Сергейчук О.В., *д-р техн. наук, проф. (Украина)*
Серпик И.Н., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Тамразян А.Г., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Травуш В.И., *акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Трещев А.А., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Тур В.В., *д-р техн. наук, проф. (Белоруссия)*
Турков А.В., *д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Федоров В.С., *акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Федорова Н.В., *советник РААСН, д-р техн. наук, проф. (Россия)*
Шах Р., *д-р техн. наук, проф. (Германия)*
Яковенко И.А., *д-р техн. наук, проф. (Украина)*

Исполнительный редактор:
Юрова О.В., *(Россия)*

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

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

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

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022

Содержание

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

- Овсянников С.Н., Околичный В.Н.** Силовые испытания пленки ЭТФЭ*.. 3
Орлович Р.Б., Зимин С.С., Галалюк А.В. Анализ работоспособности
опорных участков каменных сводов..... 13

Безопасность зданий и сооружений

- Алексейцев А.В., Курченко Н.С., Сазонова С.А.** Динамика
фиброжелезобетонной плиты на податливых опорах при переменной
по площади импульсной нагрузке..... 23
Андреева Н.Б. Неравновесные и нелинейные процессы при оценке
потенциала живучести железобетонных конструктивных систем:
аналитический обзор..... 34
Кореньков П.А., Федорова Н.В., Кайдас П.А. Методика
экспериментального определения параметров живучести сборно-
монолитного железобетонного каркаса..... 45
Люблинский В.А., Миронова Ю.В. Повышение сопротивляемости
штепсельного стыка колонн прогрессирующему обрушению..... 57
**Трекин Н.Н., Саркисов Д.Ю., Крылов В.В., Евстафьева Е.Б.,
Андрян К.Р.** Несущая способность монолитных железобетонных плит
на продавливание при статическом и динамическом нагружении..... 67

Архитектура и градостроительство

- Блатова О.Ю.** Памятники федерального значения на территории
Алтайского края: проблемы сохранения..... 80
Гиясов Б.И., Гурович Б.М. Влияние архитектуры и планировочной
структуры современной городской застройки на экологию окружающей
среды..... 94
**Шейна С.Г., Федоровская А.А., Чубарова К.В., Помельников А.А.,
Умнякова Н.П.** Создание геоинформационной системы сопровождения
устойчивости экологического ландшафта сельских поселений
субъекта РФ (на примере Ростовской области)..... 104

Строительные материалы и технологии

- Степина И.В., Содомон М.** Биостойкий растительный композит для
теплоизоляции..... 115

Editor-in-Chief

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

Editor-in-Chief Assistants:

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

Korobko V.I., *doc. sc. tech., prof. (Russia)*

Savin S.Yu., *candidate sc. tech., docent (Russia)*

Finadeeva E.A., *candidate sc. tech., docent (Russia)*

Editorial Board

Akimov P.A., *doc. sc. tech., prof. (Russia)*

Bakaeva N.V., *doc. sc. tech., prof. (Russia)*

Bock T., *doc. sc. tech., prof. (Germany)*

Bulgakov A.G., *doc. sc. tech., prof. (Germany)*

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

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

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

Kolesnikova T.N., *doc. arc., prof. (Russia)*

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

Korobko A.V., *doc. sc. tech., prof. (Russia)*

Korol E.A., *doc. sc. tech., prof. (Russia)*

Krivoshapko S.N., *doc. sc. tech., prof. (Russia)*

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

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

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

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

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

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

Sergeychuk 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:

ПИ №Фс 77-67169 from 16.09.2016 г.

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

© Orel State University, 2022

Contents

Theory of engineering structures. Building units

- Ovsyannikov S.N., Okolichnyi V.N.** Power testing of effe FILM[®]..... 3
Orlovich R.B., Zimin S.S., Halaliuk A.V. The analysis of efficiency of support area in masonry vaults..... 13

Building and structure safety

- Alekseytsev A.V., Kurchenko N.S., Sazonova S.A.** Fibro reinforced concrete plate dynamics on deformable supports with variable area of blast load..... 23
Androsova N.B. Non-equilibrium and nonlinear processes in survivability potential evaluation of reinforced concrete structural systems: analytical review..... 34
Korenkov P.A., Fedorova N.V., Kaydas P.A. Resistance of the precast - cast-in-situ reinforced concrete frames of civil buildings under special emergency impact..... 45
Lyublinskiy V.A., Mironova Ju.V. Increasing the resistance of the plug joint of columns to progressive collapse..... 57
Trekin N.N., Sarkisov D.Y., Krylov V.V., Evstafieva E.B., Andrian K.R. Strength of monolithic reinforced concrete slabs for punching under static and dynamic loading..... 67

Architecture and town-planning

- Blatova O.Y.** Monuments of federal significance on the territory of Altai krai: conservation problems..... 80
Giyasov B.I., Gurovich B.M. Influence of architecture and planning structure modern urban development for ecology environment..... 94
Sheina S.G., Fedorovskaya A.A., Chubarova K.V., Pomelnikov A.A., Umnyakova N.P. Geoinformation system development to support the rural settlements ecological landscape sustainability for the subject of the Russian Federation (on the Rostov region example)..... 104

Construction materials and technologies

- Stepina I.V., Sodomon M.** Biostable vegetal composite for thermal insulation..... 115

С.Н. ОВСЯННИКОВ^{1,2}, В.Н. ОКОЛИЧНЫЙ¹

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия

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

СИЛОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПЛЕНКИ ЭТФЭ*

Аннотация. Исследования механических свойств пленки из этилен-тетрафторэтилена (ЭТФЭ) актуальны для широкого применения в строительстве светопрозрачных покрытий в климатических условиях России, особенно в арктической зоне. Силовые испытания выполнены для пленки толщиной 250 мкм на разрывной машине INSTRON, а также при равномерно распределенной нагрузке при положительных и отрицательных температурах. Установлен начальный модуль упругости по ГОСТ 34370-2017, который составил 1090 МПа. Для расчетов светопрозрачных покрытий выявлены три стадии нагружения. В упругой стадии работы пленки ЭТФЭ средний модуль упругости составил 35,8 МПа, в упруго-пластичной стадии – 1,78...2,71 МПа и в пластичной стадии работы – 0,06...0,086 МПа.

Силовые испытания мембраны из пленки ЭТФЭ толщиной 250 мкм на силовой треугольной раме при равномерно распределенной нагрузке до 8,577 кПа не привели к разрыву мембраны ни при положительных (+15...+18 °С), ни при отрицательных температурах (-23...-29 °С). Многократные механические повреждения (порезы) мембраны под нагрузкой 8,50 кПа при температуре -26 °С также не привели к ее разрыву. Прогибы мембраны при положительных температурах достигали 84 мм, при отрицательных температурах – 58,2 мм. Силовые испытания пленки ЭТФЭ показали ее сверхвысокие прочностные характеристики, что позволяет при локализации производства в России широко использовать ее для создания комфортной среды в сооружениях, возводимых в Арктике и на других территориях России.

Ключевые слова: пленка из этилен-тетрафторэтилена, механические испытания на разрыв, силовые испытания равномерно распределенной нагрузкой.

S.N. OVSYANNIKOV^{1,2}, V.N. OKOLICHNYI¹

¹Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

²Scientific Research Institute of Construction Physics RAASN, Moscow, Russia

POWER TESTING OF ETFE FILM*

Abstract. Studies of mechanical properties of ethylene-tetrafluoroethylene (ETFE) film they are relevant for wide application in the construction of translucent coatings in the climatic conditions of Russia, especially in the Arctic zone. Power tests were performed for a film with a thickness of 250 microns on an INSTRON bursting machine, as well as with a uniformly distributed load at positive and negative temperatures. The initial modulus of elasticity according to GOST 34370-2017 was established, which was 1090 MPa. Three loading stages have been identified for the calculations of translucent coatings. In the elastic stage of operation of the ETFE film, the average modulus of elasticity was 35.8 MPa, in the elastic-plastic stage – 1.78...2.71 MPa and in the plastic stage of operation – 0.06...0.086 MPa.

© Овсянников С.Н., Околичный В.Н., 2022

* Исследование выполнено по заказу ФГУП «ГНПП «КРОНА» по теме «Поиск, исследование и анализ решений несущих, ограждающих конструкций и оснований для создания большепролетных климатических искусственных укрытий для условий районов Крайнего Севера и вечной мерзлоты» и при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по проекту FEMN-2020-0003.

Force tests of a membrane made of ETFE film with a thickness of 250 microns on a power triangular frame with a uniformly distributed load of up to 8,577 kPa did not lead to rupture of the membrane at any positive (+15 ...+18 °C) not at subzero temperatures (-23...-29 °C). Repeated mechanical damage (cuts) of the membrane under a load of 8.50 kPa at a temperature of -26 °C also did not lead to its rupture. The deflections of the membrane at positive temperatures reached 84 mm, at negative temperatures – 58.2 mm. Power tests of the ETFE film have shown its ultra-high strength characteristics, which makes it possible to widely use it to create a comfortable environment in structures erected in the Arctic and other territories of Russia when localizing production in Russia.

Keywords: ethylene-tetrafluoroethylene film, mechanical tensile tests, power tests with evenly distributed load.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новое в технологии соединений фтора: Пер. с японск./ Под ред. Н. Исикавы. М.: Мир, 1984. 592 с.
2. Houtman R. Materials used for architectural fabric structures / in Llorens J.I // Fabric Structures in Architecture. Woodhead Publishing, Boston, MA. 2015. Pp. 101-120.
3. Паншин Ю.А., Малкевич С.Г., Дунаевская Ц.С. Фторопласты. Л.: Химия, 1978. 232 с.
4. Robinson-Gayle S., Kolokotroni M., Cripps A., Tanno S. ETFE foil cushions in roofs and atria // Constr. Build. Mater. 2001. No. 15 (7). Pp. 323–327.
5. Chilton J. Lightweight envelopes: ethylene tetra-fluoro-ethylene foil in architecture // Proc. Inst. Civ. Eng. Constr. Mater. 2013. No. 166 (6). Pp. 343–357.
6. Chilton J., Lau B. Lighting and the visual environment in architectural fabric structures, in: Fabric Structures in Architecture. 2015. Pp. 203–219.
7. Robinson L.A. Structural Opportunities of ETFE (Ethylene Tetra Fluoro Ethylene), Massachusetts Institute of Technology. 2005. 66 p.
8. Hu J., et al. Buildings with ETFE foils: A review on material properties, architectural performance and structural behavior // Construction and Building Materials. 2017. No. 131. Pp. 411-422.
9. Charbonneau L., Polak M.A., Penlidis A. Mechanical properties of ETFE foils: testing and modelling // Constr. Build. Mater. 2014. No. 60. Pp. 63–72.
10. Li Y., Wu M. Uniaxial creep property and viscoelastic–plastic modelling of ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) foil // Mech. Time-Depend. Mater. 2015. No. 19 (1). Pp. 21–34.
11. Chen W., Tang Y., Ren X., Dong S. Analysis methods of structural design and characteristics of numerical algorithm for ETFE air inflated film structures // Spat. Struct. 2010. No.16 (4). Pp.38–43.
12. Hu J., Chen W., Sun R., Zhao B., Luo R. Mechanical properties of ETFE foils under uniaxial cyclic tensile loading // Build. Mater. 2015. No.18 (1). Pp. 69–75.
13. Hu J., Chen W., Luo R., Zhao B., Sun R. Uniaxial cyclic tensile mechanical properties of ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) foils // Constr. Build. Mater. 2014. No. 63 (1). Pp. 311–319.
14. Schmid G. ETFE cushions and their thermal and climatic behaviour, in: Tensinet Symposium, Milan, Italy. 2007. Pp. 115–125.
15. Hu J., Chen W., Zhao B., Song H. Experimental studies on summer performance and feasibility of a BIPV/T ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) cushion structure system // Energy Build. 2014. No.69 (1). Pp.394–406.
16. Hu J., Chen W., Zhao B., Song H. Experimental studies on system performance of PV-ETFE cushion system in winter, J. Zhejiang Univ. (Eng. Sci.). 2014. No. 48 (10). Pp. 1816–1821.
17. Zehentmaier S. Fluoropolymers in Film Applications // 27th Annual World Symposium on Performance Films. Duesseldorf. April. 2012.
18. Цеентмайер С. Пленочные фторполимеры / пер. А. П. Сергеевкова // Полимерные материалы. 2018. № 8. С. 30–38.
19. Chen W. Design of Membrane Structure Engineering, China Building Industry Press. 2010.
20. Tanigami T., Yamaura K., Matsuzawa S., Ishikawa M., Mizoguchi K., Miyasaka K. Structural studies on ethylene-tetrafluoroethylene copolymer 1. Crystal structure, Polymer. 1986. No.27 (7). Pp. 999–1006.
21. Kawabata M. Viscoplastic Properties of ETFE Film and Structural Behavior of Film Cushion, International Association for Shell and Spatial Structures Symposium, Venice, Italy, 2007.

REFERENCES

1. New in the technology of fluorine compounds: Per. from Japanese / Ed. N. Ishikawa. M.: Mir. 1984. 592 p.
2. Houtman R. Materials used for architectural fabric structures / in Llorens J.I // Fabric Structures in Architecture. Woodhead Publishing, Boston, MA. 2015. Pp. 101-120.
3. Panshin Yu.A. Malkevich S.G., Dunaevskaya Ts.S. Fluoroplasts. L.: Chemistry, 1978. 232 p.

4. Robinson-Gayle S., Kolokotroni M., Cripps A., Tanno S. ETFE foil cushions in roofs and atria // *Constr. Build. Mater.* 2001. No. 15 (7). Pp. 323–327.
5. Chilton J. Lightweight envelopes: ethylene tetra-fluoro-ethylene foil in architecture // *Proc. Inst. Civ. Eng. Constr. Mater.* 2013. No. 166 (6). Pp. 343–357.
6. Chilton J., Lau B. Lighting and the visual environment in architectural fabric structures, in: *Fabric Structures in Architecture*. 2015. Pp. 203–219.
7. Robinson L.A. *Structural Opportunities of ETFE (Ethylene Tetra Fluoro Ethylene)*, Massachusetts Institute of Technology. 2005. 66 p.
8. Hu J., et al. Buildings with ETFE foils: A review on material properties, architectural performance and structural behavior // *Construction and Building Materials*. 2017. No. 131. Pp. 411–422.
9. Charbonneau L., Polak M.A., Penlidis A. Mechanical properties of ETFE foils: testing and modelling // *Constr. Build. Mater.* 2014. No. 60. Pp. 63–72.
10. Li Y., Wu M. Uniaxial creep property and viscoelastic–plastic modelling of ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) foil // *Mech. Time-Depend. Mater.* 2015. No. 19 (1). Pp. 21–34.
11. Chen W., Tang Y., Ren X., Dong S. Analysis methods of structural design and characteristics of numerical algorithm for ETFE air inflated film structures // *Spat. Struct.* 2010. No.16 (4). Pp.38–43.
12. Hu J., Chen W., Sun R., Zhao B., Luo R. Mechanical properties of ETFE foils under uniaxial cyclic tensile loading // *Build. Mater.* 2015. No.18 (1). Pp. 69–75.
13. Hu J., Chen W., Luo R., Zhao B., Sun R. Uniaxial cyclic tensile mechanical properties of ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) foils // *Constr. Build. Mater.* 2014. No. 63 (1). Pp. 311–319.
14. Schmid G. ETFE cushions and their thermal and climatic behaviour, in: *Tensinet Symposium*, Milan, Italy. 2007. Pp. 115–125.
15. Hu J., Chen W., Zhao B., Song H. Experimental studies on summer performance and feasibility of a BIPV/T ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) cushion structure system // *Energy Build.* 2014. No.69 (1). Pp.394–406.
16. Hu J., Chen W., Zhao B., Song H., Experimental studies on system performance of PV-ETFE cushion system in winter, *J. Zhejiang Univ. (Eng. Sci.)*. 2014. No. 48 (10). Pp. 1816–1821.
17. Zehentmaier S. *Fluoropolymers in Film Applications* // 27th Annual World Symposium on Performance Films. Duesseldorf. April. 2012.
18. Tseentmayer S. *Film fluoropolymers* / per. A. P. Sergeenkova // *Polymer materials*. 2018. No. 8. Pp. 30–38.
19. Chen W. *Design of Membrane Structure Engineering*, China Building Industry Press. 2010.
20. Tanigami T., Yamaura K., Matsuzawa S., Ishikawa M., Mizoguchi K., Miyasaka K. Structural studies on ethylene-tetrafluoroethylene copolymer 1. Crystal structure, *Polymer*. 1986. No.27 (7). Pp. 999–1006.
21. Kawabata M. *Viscoplastic Properties of ETFE Film and Structural Behavior of Film Cushion*, International Association for Shell and Spatial Structures Symposium, Venice, Italy, 2007.

Информация об авторах:

Овсянников Сергей Николаевич

Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия, доктор технических наук, профессор.
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН, г. Москва, Россия, главный научный сотрудник.
E-mail: ovssn@tsuab.ru

Околичный Василий Николаевич

Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия, кандидат технических наук, доцент.
E-mail: okolichnyi@mail.ru

Information about authors:

Ovsyannikov Sergey N.

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, doctor of technical sciences, professor.
Scientific Research Institute of Construction Physics RAASN, Moscow, Russia, chief researcher.
E-mail: ovssn@tsuab.ru

Okolichny Vasily N.

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, candidate of technical sciences, associate professor.
E-mail: okolichnyi@mail.ru

Р.Б. ОРЛОВИЧ¹, С.С. ЗИМИН², А.В. ГАЛАЛЮК³¹ООО «ПИ Геореконструкция», г. Санкт-Петербург, Россия²ФГАУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
г. Санкт-Петербург, Россия³Филиал РУП «ИНСТИТУТ БелНИИС» – «Научно-технический центр», г. Брест, Республика Беларусь

АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПОРНЫХ УЧАСТКОВ КАМЕННЫХ СВОДОВ

Аннотация. В статье обосновывается, что в цилиндрических сводах с распалубками и крестовых сводах исторических зданий наиболее напряженными являются зоны опирания сводов на опорные конструкции (стены и столбы) и зоны сопряжения распалубок со сводами. В частности, в крестовых сводах наиболее нагруженными являются диагональные ребра, в которых сжимающие усилия действуют под углом 45° (именно в этом направлении каменная кладка обладает наименьшим сопротивлением сжатию), а поток сжимающих усилий в пределах диагоналей свода накапливается, достигая максимальных значений в его опорных пятках. Из чего делается вывод, что именно опорные консоли чаще всего определяют несущую способность крестового свода в целом. В статье даются приближенные расчетные зависимости для оценки несущей способности опорных консолей крестовых сводов и делается вывод, что наиболее точную картину напряженного состояния опорных консолей можно установить путем численного моделирования, а для оценки несущей способности необходимо использовать частные критерии прочности.

Ключевые слова: цилиндрические каменные своды, крестовые каменные своды, своды с распалубками, опорные консоли крестовых сводов, несущая способность каменных сводов, критерии прочности каменных сводов.

R.B. ORLOVICH¹, S.S. ZIMIN², A.V. HALALIUK³¹ООО «PI Georekonstrukcia», Saint-Petersburg, Russia²Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia,³Branch office of the RUE «Institute BelNIIS» – Scientific-Technical Center, Brest, Republic of Belarus

THE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF SUPPORT AREA IN MASONRY VAULTS

Abstract. The article substantiates that in cylindrical vaults with stripping and cross vaults of historical buildings, the most stressed areas are the areas where the vaults rest on the supporting structures (walls and pillars) and the zones of interface between strippings and vaults. In particular, in cross vaults, the most loaded are the diagonal ribs, in which the compressive forces act at an angle of 45° (it is in this direction that the masonry has the least resistance to compression), and the flow of compressive forces within the diagonals of the vault accumulates, reaching maximum values in its supporting heels. From which it is concluded that it is the supporting consoles that most often determine the bearing capacity of the cross vault as a whole. The article gives approximate calculated dependences for assessing the bearing capacity of the supporting consoles of the cross vaults and concludes that the most accurate picture of the stress state of the supporting consoles can be established by numerical modeling, and to assess the bearing capacity, it is necessary to use particular strength criteria.

Keywords: cylindrical stone vaults, cross stone vaults, vaults with demouldings, supporting consoles of cross vaults, load-bearing capacity of stone vaults, strength criteria for stone vaults.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование деформаций, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем. Методические рекомендации. М.: Объединение Союзреставрация, 1989. 171 с.
2. Бернгард В.Р. Арки и своды: Руководство по устройству и расчету арочных и сводчатых перекрытий. С-Петербург: Типография Ю.Н. Эрлих, 1901. 128 с.
3. Физдель И.А. Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения. М.: Стройиздат, 1987. 135 с.
4. Павлов В.В., Харьков Е.В. Восстановление работоспособности каменных арок и сводов // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6(65). С. 65-70.
5. Ahnert R., Krause K.H. Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz. Berlin, 2009. 360 p.
6. Jasięko J., Tomasz Ł., Rapp P. Naprawa, konserwacja i wzmacnianie wybranych, zabytkowych konstrukcji ceglanych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2006. 185 p.
7. Соколов Б.С., Павлов В.В., Харьков Е.В. Конструктивно-технологические особенности восстановления эксплуатационной пригодности каменных сводчатых покрытий // Сб. ст. IV Международной (X Всероссийской) конференции НАСКР-2018. Чебоксары: Издательство Чувашского университета. 2018. С. 323-329.
8. СП 15.13330.2020. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция: утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. N 635/5: дата введения 1 января 2013 г. Москва: Минрегион России, 2012. 73 с.
9. Деркач В.Н., Галалюк А.В., Беспалов В.В. Несущая способность кирпичных сводов исторических зданий // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения: Материалы VIII международной научно-практической конференции. 13 октября 2017 года. СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2017. С. 63–70.
10. Guggisberg R., Thurlimann B. Versuche zur Festlegung der Rechenwerte von Mauerwerksfestigkeiten. Zurich: Institut für Baustatik und Konstruktion, 1987. 61 p.
11. Mojsilović N.A. Discussion of masonry characteristics derived from compression tests // Proceedings of the 10th Canadian Masonry Symposium, Banff, Alberta, Canada, and June 8 – 12, 2005 / University of Calgary, Department of Civil Engineering. Calgary, 2005. Pp. 242 – 250.
12. Asteris P., Symakezis C. Strength of Unreinforced Masonry Walls under Concentrated Compression Loads // Practice Periodical Structural Design and Construction. 2005. No. 10(2). Pp. 133-140.
13. Беспалов В.В., Зимин С.С. Прочность каменной кладки сводчатых конструкций // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 11 (50). С. 37-51.
14. Зимин С.С., Беспалов В.В., Скрипченко И.В. Влияние распалубок на напряженное состояние каменных сводов // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения: Материалы VIII международной научно-практической конференции. 13 октября 2017 года. СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2017. С. 133-144.
15. Skripchenko I., Bepalov V., Lukichev S., Zimin S. Unconventional cases of the stone vaults // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. No. 2 (53). С. 87-95.
16. Bepalov V., Orlovich R., Zimin S. Stress-strain state of brick masonry vault with an aperture // MATEC Web of Conferences 53, 01009. 2016. 6 p. doi:10.1051/mateconf/20165301009.
17. Зимин С.С., Беспалов В.В., Кокоткова О.Д. Сводчатые конструкции исторических зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 2 (29). С. 57-72.
18. Зимин С.С., Беспалов В.В., Казимирова А.С. Расчетная модель каменной арочной конструкции // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2015. № 3 (113). С. 33-37.
19. Орлович Р.Б., Беспалов В.В., Семенова М.Д. О совместной работе каменных арок и стен // Строительство и реконструкция. 2018. № 5 (79). С. 32-39.
20. Орлович Р.Б., Деркач В.Н. Критерии прочности, применяемые в зарубежной практике расчета и проектирования каменных конструкций // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. № 6. С. 101-106.

REFERENCES

1. Issledovanie deformatsij, raschet nesushchej sposobnosti i konstruktivnoe ukreplenie drevnih raspornyh sistem. Metodicheskie rekomendacii. M.: Ob'edinenie Soyuzrestavraciya, 1989. 171 p.
2. Berngard V.R. Arki i svody: Rukovodstvo po ustrojstvu i raschetu arochnyh i svodchatyh perekrytij. S-Peterburg: Tipografiya YU.N. Erlih, 1901. 128 p.
3. Fizdel' I.A. Defekty v konstrukciyah, sooruzheniyah i metody ih ustraneniya. M.: Strojizdat, 1987. 135 p.
4. Pavlov V.V., Har'kov E.V. Vosstanovlenie rabotosposobnosti kamennyh arok i svodov // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2017. No. 6(65).Pp. 65-70.

5. Ahnert R., Krause K.H. Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz. Berlin, 2009. 360 p.
6. Jasięńko J., Tomasz Ł., Rapp P. Naprawa, konserwacja i wzmacnianie wybranych, zabytkowych konstrukcji ceglanych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2006. 185 p.
7. Sokolov B.S., Pavlov V.V., Hor'kov E.V. Konstruktivno-tekhnologicheskie osobennosti vosstanovleniya ekspluatatsionnoj prigodnosti kamennyh svodchatyh pokrytij // Сб. ст. IV Mezhdunarodnoj (H Vserossijskoj) konferencii NASKR-2018. СНебoksary: Izdatel'stvo CHuvashskogo universiteta. 2018. Pp. 323-329.
8. SP 15.13330.2020. Kamennye i armokamennye konstrukcii. Aktualizirovannaya redakciya: utverzhden Prikazom Ministerstva regional'nogo razvitiya Rossijskoj Federacii (Minregion Rossii) ot 29 dekabrya 2011 g. N 635/5: data vvedeniya 1 yanvary 2013 g. Moskva: Minregion Rossii, 2012. 73 p.
9. Derkach V.N., Galalyuk A.V., Bepalov V.V. Nesushchaya sposobnost' kirpichnyh svodov istoricheskikh zdaniy // Obsledovanie zdaniy i sooruzhenij: problemy i puti ih resheniya: Materialy VIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 13 oktyabrya 2017 goda. SPb.: Izdatel'stvo Politekhn. un-ta, 2017. Pp. 63-70.
10. Guggisberg R., Thurlimann B. Versuche zur Festlegung der Rechenwerte von Mauerwerksfestigkeiten. Zurich: Institut fur Baustatik und Konstruktion, 1987. 61 p.
11. Mojsilović N.A. Discussion of masonry characteristics derived from compression tests // Proceedings of the 10th Canadian Masonry Symposium, Banff, Alberta, Canada, and June 8 – 12, 2005 / University of Calgary, Department of Civil Engineering. Calgary, 2005. Pp. 242-250.
12. Asteris P., Syrmakezis C. Strength of Unreinforced Masonry Walls under Concentrated Compression Loads // Practice Periodical Structural Design and Construction. 2005. No. 10(2). Pp. 133-140.
13. Bepalov V.V., Zimin S.S. Prochnost' kamenoj kladki svodchatyh konstrukcij // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. 2016. No. 11 (50). Pp. 37-51.
14. Zimin S.S., Bepalov V.V., Skripchenko I.V. Vliyanie raspalubok na napryazhennoe sostoyanie kamennyh svodov // Obsledovanie zdaniy i sooruzhenij: problemy i puti ih resheniya: Materialy VIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 13 oktyabrya 2017 goda. SPb.: Izdatel'stvo Politekhn. un-ta, 2017. Pp. 133-144.
15. Skripchenko I., Bepalov V., Lukichev S., Zimin S. Unconventional cases of the stone vaults // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. 2017. No. 2 (53). Pp. 87-95.
16. Bepalov V., Orlovich R., Zimin S. Stress-strain state of brick masonry vault with an aperture // MATEC Web of Conferences 53, 01009. 2016. 6 p. doi:10.1051/mateconf/20165301009.
17. Zimin S.S., Bepalov V.V., Kokotkova O.D. Svodchatye konstrukcii istoricheskikh zdaniy // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. 2015. No. 2 (29). Pp. 57-72.
18. Zimin S.S., Bepalov V.V., Kazimirova A.S. Raschetnaya model' kamenoj arochnoj konstrukcii // Vestnik Donbasskoj nacional'noj akademii stroitel'stva i arhitektury. 2015. No. 3 (113). Pp. 33-37.
19. Orlovich R.B., Bepalov V.V., Semenova M.D. O sovместnoy rabote kamennyh arok i sten // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2018. No. 5 (79). Pp. 32-39.
20. Orlovich R.B., Derkach V.N. Kriterii prochnosti, primenyaemye v zarubezhnoj praktike rascheta i proektirovaniya kamennyh konstrukcij // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2011. No. 6. Pp. 101-106.

Информация об авторах:

Орлович Роман Болеславович

ООО «ПИ Геореконструкция», г. Санкт-Петербург, Россия,
доктор технических наук, профессор, научный консультант.
E-mail: orlowicz@mail.ru

Зимин Сергей Сергеевич

ФГАУО ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
г. Санкт-Петербург, Россия,
кандидат технических наук, доцент Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства
Инженерно-строительного института СПбПУ.
E-mail: zimin_sergei@mail.ru

Галалюк Антон Владимирович

Филиал РУП «ИНСТИТУТ БелНИИС» – «Научно-технический центр», г. Брест, Республика Беларусь,
начальник отдела.
E-mail: Halaliuk@mail.ru

Information about authors:

Orlovich Roman B.

Chief Engineer of the company «PI Georekonstrukciya», Saint-Petersburg, Russia,
doctor of technical sciences, professor, scientific consultant.

E-mail: orlowicz@mail.ru

Zimin Sergey S.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia,
candidate of technical sciences, assistant professor of the Higher School Industrial, Civil and Highway Engineering of
the Civil Engineering Institute.

E-mail: zimin_sergei@mail.ru

Halaliuk Anton V.

Branch office of the RUE «Institute BelNIIS» – Scientific-Technical Center, Brest, Belarus,
head of department.

E-mail: Halaliuk@mail.ru

А.В. АЛЕКСЕЙЦЕВ¹, Н.С. КУРЧЕНКО¹, С.А. САЗОНОВА¹

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

ДИНАМИКА ФИБРОЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ НА ПОДАТЛИВЫХ ОПОРАХ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ПО ПЛОЩАДИ ИМПУЛЬСНОЙ НАГРУЗКЕ

Аннотация. Статья посвящается численному анализу напряженно-деформированного состояния фиброжелезобетонных плитных конструкций при аварийных динамических воздействиях. Рассматривается сборная плита покрытия защитного сооружения, заглубленного в грунт. Ударные воздействия на плиту считаются импульсными. Причиной их возникновения полагается взрыв на поверхности земли или иной импульс, передающийся через грунт на конструкцию. Исследуется изменение во времени компонентов НДС в бетоне и арматуре при изменении податливости опор. Рассматривается возможность жесткого или упругоэластического деформирования опор при ударном воздействии. На конкретном примере показана эффективность предлагаемого подхода при симметричном нагружении импульсной нагрузкой с учетом переменной площади пятна удара. Численное моделирование показало, что как при статическом, так и при динамическом догружении плита разрушается по фибробетону с образованием вантового механизма, при этом сохраняя свойство живучести при обеспечении неразрушаемости арматуры. Показано, что использование податливых опор играет существенную роль в демпфировании колебаний и позволяет регулировать как уровень механической безопасности конструкции, так и ее материалоемкость. Установлена необходимость и актуальность определения фактических демпфирующих свойств конструкций рассматриваемого типа.

Ключевые слова: живучесть, импульсное воздействие, динамический анализ, демпфирование, численное моделирование, железобетонные конструкции, защитные сооружения.

A.V. ALEKSEYTSEV¹, N.S. KURCHENKO¹, S.A. SAZONOVA¹

¹Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

FIBRO REINFORCED CONCRETE PLATE DYNAMICS ON DEFORMABLE SUPPORTS WITH VARIABLE AREA OF BLAST LOAD

Abstract. The article is devoted to the numerical analysis of the stress-strain state of fiber reinforced concrete slab structures under emergency dynamic impacts. A prefabricated cover slab of a protective structure buried in the ground is considered. Shock effects on the slab are considered to be blast ones. An explosion at the ground surface or another impulse transmitted through the ground to the structure is assumed to be the cause of their occurrence. The change in time of the components of the stress-strain in concrete and reinforcement is investigated in case of change in the suppleness of the supports. The possibility of rigid or elastoplastic deformation of supports under impact action is considered.

By means of a concrete example, the efficiency of the suggested approach is demonstrated under symmetric loading by a blast load taking into account a variable shock spot area. Numerical modeling has shown that under both static and dynamic additional loading the slab fractures along the fibro concrete with the formation of a cable mechanism while preserving the survivability property of the reinforcement.

It is shown that the use of compliant supports plays an essential role in damping of vibrations and allows to regulate both the level of mechanical safety of the structure and its material capacity. The necessity and urgency of determining the actual damping properties of the structures of the considered type has been established.

Keywords: *survivability, impulse action, dynamic analysis, damping, numerical modeling, fibro reinforced concrete structures, protective structures.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колчунов В.И., Туен Ву.Н., Нижегородов Д.И. Динамический отклик конструктивной системы здания с конечным числом степеней свободы при особом воздействии // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 10. С. 1337-1345.
2. Savin S.Yu., Kolchunov V.I. Dynamic behavior of reinforced concrete column under accidental impact // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2021. Т. 17. No. 3. Pp. 120-131.
3. Трекин Н.Н., Крылов В.В. К вопросу о несущей способности железобетонных плит на продавливание при динамическом нагружении на объектах наземной космической инфраструктуры // Научный аспект. 2018. Т. 7. № 4. С. 771-778.
4. Федорова Н.В., Ильющенко Т.А., Медянкин М.Д., Инсафутдинов А.Р. Особенности динамических догрузений железобетонных элементов конструктивных систем при гипотетическом удалении одной из несущих конструкций и трещинообразовании // Строительство и реконструкция. 2019. № 2 (82). С. 72-80.
5. Li Y., Aoude H. Influence of steel fibers on the static and blast response of beams built with high-strength concrete and high-strength reinforcement. Eng. Struct. Elsevier, 2020. Vol. 221. Pp. 111031.
6. Zhang C., Abedini M., Mehrmashhadi J. Development of pressure-impulse models and residual capacity assessment of RC columns using high fidelity Arbitrary Lagrangian-Eulerian simulation. Eng. Struct. Elsevier, 2020. Vol. 224. Pp. 111219.
7. Momeni M. et al. Damage evaluation of H-section steel columns under impulsive blast loads via gene expression programming. Eng. Struct. Elsevier, 2020. Vol. 219. Pp. 110909.
8. Nam J.W. et al. Analytical study of finite element models for FRP retrofitted concrete structure under blast loads // Int. J. Damage Mech. 2009. Vol. 18. No. 5. Pp. 461-490.
9. Radchenko P., Batuev S., Radchenko A. Fracture of Protective Structures from Heavy Reinforcing Cement During Interaction with High-velocity Impactor. Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics. 2021. No. 6(14). Pp. 779-786. doi:10.17516/1997-1397-2021-14-6-779-786
10. Тонких Г.П., Кумпяк О.Г., Галютдинов З.Р. Расчет прочности защитных сооружений гражданской обороны на податливых опорах в виде сминаемых вставок кольцевого сечения // Технологии гражданской безопасности. 2020. Т. 17. № 4 (66). С. 94-97.
11. Кумпяк О.Г., Галютдинов З.Р., Kokorin D.N. Strength of concrete structures under dynamic loading В сборнике: AIP Conference Proceedings. Proceedings of the II All-Russian Scientific Conference of Young Scientists "Advanced Materials in Technology and Construction". 2016. С. 070006.
12. Galyautdinov Z.R. Deformation of reinforced concrete slabs on yielding supports under short-time dynamic loading // В сборнике: AIP Conference Proceedings. 2017. С. 040002.
13. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 45-50.
14. Tamrazyan A., Alekseytsev A. Evolutionary optimization of reinforced concrete beams, taking into account design reliability, safety and risks during the emergency loss of supports // В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. С. 04005.
15. Alekseytsev A.V. Mechanical safety of reinforced concrete frames under complex emergency actions // Magazine of Civil Engineering. 2021. No. 3 (103). С. 10306.
16. Гениев Г.А. Об оценке динамических эффектов в стержневых системах из хрупких материалов // Бетон и железобетон. 1993. № 3. С. 25.
17. Чернуха Н.А. Особенности расчета сооружений на взрывные воздействия в среде SCAD // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 1. С. 12-22.
18. Mkrttychev O.I.V., Savenkov An.Y. Modeling of blast effects on underground structure // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2019. No. 15(4). Pp. 111-122.
19. Castedo R., Natale M., López L.M., Sanchidrián J.A., Santos A.P., Navarro J., Segarra P. Estimation of Jones-Wilkins-Lee parameters of emulsion explosives using cylinder tests and their numerical validation // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences Volume 112, December 2018. Pp. 290-301.

20. Алексейцев А.В. Поиск рациональных параметров строительных конструкций на основе многокритериальной эволюционной оптимизации // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 7. С. 18-22.
21. Серпик И.Н., Курченко Н.С. Об определении рациональных параметров систем адаптации металлических рам к проектным воздействиям // Строительство и реконструкция. 2012. № 6 (44). С. 56-62.

REFERENCES

1. Kolchunov V.I., Tuyen Vu.N., Nizhegorodov D.I. Dinamicheskiy otklik konstruktivnoy sistemy zda-niya s konechnym chislom stepeney svobody pri osobom vozdeystvii // Vestnik MGSU. 2021. T. 16. No. 10. Pp.1337-1345.
2. Savin S.Yu., Kolchunov V.I. Dynamic behavior of reinforced concrete column under accidental impact // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2021. T. 17. No. 3. Pp.120-131.
3. Trekin N.N., Krylov V.V. K voprosu o nesushchey sposobnosti zhelezobetonnykh plit na prodavliwa-niye pri dinamicheskom nagruzhении na ob"yektakh nazemnoy kosmicheskoy infrastruktury // Nauchnyy aspekt. 2018. T. 7. No. 4. Pp. 771-778.
4. Fedorova N.V., Il'yushchenko T.A., Medyankin M.D., Insafutdinov A.R. Osobennosti dinamicheskikh dogruzhений zhelezobetonnykh elementov konstruktivnykh sistem pri gipoteticheskom udalenii odnoy iz ne-sushchikh konstruktсий i treshchinoobrazovanii // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2019. No. 2 (82). Pp. 72-80.
5. Li Y., Aoude H. Influence of steel fibers on the static and blast response of beams built with high-strength concrete and high-strength reinforcement. Eng. Struct. Elsevier, 2020. Vol. 221. Pp. 111031.
6. Zhang C., Abedini M., Mehrmashhadi J. Development of pressure-impulse models and residual capacity assessment of RC columns using high fidelity Arbitrary Lagrangian-Eulerian simulation. Eng. Struct. Elsevier, 2020. Vol. 224. Pp. 111219.
7. Momeni M. et al. Damage evaluation of H-section steel columns under impulsive blast loads via gene expression programming. Eng. Struct. Elsevier, 2020. Vol. 219. Pp. 110909.
8. Nam J.W. et al. Analytical study of finite element models for FRP retrofitted concrete structure under blast loads // Int. J. Damage Mech. 2009. Vol. 18. No. 5. Pp. 461–490.
9. Radchenko P., Batuev S., Radchenko A. Fracture of Protective Structures from Heavy Reinforcing Cement During Interaction with High-velocity Impactor. Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics. 2021. No. 6(14). Pp. 779-786. doi:10.17516/1997-1397-2021-14-6-779-786
10. Tonkikh G.P., Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R. Raschet prochnosti zashchitnykh sooruzheniy grazhdanskoй oborony na podatlivykh oporakh v vide sminayemykh vstavok kol'tsevogo secheniya // Tekhnologii grazhdanskoй bez-opasnosti. 2020. T. 17. No. 4 (66). Pp. 94-97.
11. Kumpyak O.G., Galyautdinov Z.R., Kokorin D.N. Strength of concrete structures under dynamic loading V sbornike: AIP Conference Proceedings. Proceedings of the II All-Russian Scientific Conference of Young Scientists "Advanced Materials in Technology and Construction". 2016. Pp. 070006.
12. Galyautdinov Z.R. Deformation of reinforced concrete slabs on yielding supports under short-time dynamic loading // V sbornike: AIP Conference Proceedings. 2017. Pp. 040002.
13. Tamrazyan A.G., Alekseytsev A.V. Evolyutsionnaya optimizatsiya normal'no ekspluatiruyemykh zhelezobetonnykh balochnykh konstruktсий s uchetom riska aviarnykh situatsiy // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2019. No. 9. Pp. 45-50.
14. Tamrazyan A., Alekseytsev A. Evolutionary optimization of reinforced concrete beams, taking into account design reliability, safety and risks during the emergency loss of supports // V sbornike: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. P. 04005.
15. Alekseytsev A.V. Mechanical safety of reinforced concrete frames under complex emergency actions // Magazine of Civil Engineering. 2021. No. 3 (103). P. 10306.
16. Geniyev G.A. Ob otsenke dinamicheskikh effektov v sterzhnevnykh sistemakh iz khrupkikh materialov // Beton i zhelezobeton. 1993. No. 3. P. 25.
17. Chernukha N.A. Osobennosti rascheta sooruzheniy na vzyryvnyye vozdeystviya v srede SCAD // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2014. No. 1. Pp. 12-22.
18. Mkrtychev O.I., Savenkov An.Y. Modeling of blast effects on underground structure // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2019. No. 15(4). Pp. 111-122.
19. Castedo R., Natale M., López L.M., Sanchidrián J.A., Santos A.P., Navarro J., Segarra P. Estimation of Jones-Wilkins-Lee parameters of emulsion explosives using cylinder tests and their numerical validation // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences Volume 112, December 2018. Pp. 290-301.
20. Alekseytsev A.V. Poisk ratsional'nykh parametrov stroitel'nykh konstruktсий na osnove mnogokriterial'noy evolyutsionnoy optimizatsii // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2019. No. 7. Pp. 18-22.
21. Serpik I.N., Kurchenko N.S. Ob opredelenii ratsional'nykh parametrov sistem adaptatsii metal-licheskiх ram k zaproyektnym vozdeystviyam // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2012. No. 6 (44). Pp. 56-62.

Информация об авторах:

Алексейцев Анатолий Викторович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия,
доктор технических наук, доцент, доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции».
E-mail: aalexw@mail.ru

Курченко Наталья Сергеевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции».
E-mail: ms.kurchenko@mgsu.ru

Сазонова Светлана Андреевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия,
студент, специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».
E-mail: s.sazonovaa17@mail.ru

Information about authors:

Alekseytsev Anatoliy V.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
doctor of engineering, associate professor of department «Concrete and reinforced concrete structures».
E-mail: aalexw@mail.ru

Kurchenko Natalia S.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
Ph.D of Engineering, associate professor of department «Concrete and reinforced concrete structures».
E-mail: ms.kurchenko@mgsu.ru

Sazonova Svetlana An.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
student, specialty 08.05.01 «Construction of unique buildings and structures».
E-mail: s.sazonovaa17@mail.ru

Н.Б. АНДРОСОВА^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия
²ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия

НЕРАВНОВЕСНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛА ЖИВУЧЕСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Аннотация. Представлен обзор научных исследований, связанных с вопросами оценки потенциала живучести железобетонных конструктивных систем с учетом неравновесных и нелинейных процессов. Особое внимание в научном обзоре уделено анализу работ, относящихся к теории ползучести бетонных и железобетонных строительных конструкций зданий и сооружений. Систематизированы основные разновидности феноменологической теории ползучести и дана их классификация. Значимость предлагаемого научного обзора состоит в том, что представлены основные достоинства и недостатки существующих феноменологических теорий ползучести бетона применительно к расчету железобетонных конструктивных систем с учетом неравновесных и нелинейных процессов.

Ключевые слова: прогрессирующее обрушение, потенциал живучести, железобетонные конструкции, ползучесть, особое воздействие.

N.B. ANDROSOVA^{1,2}

¹Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia
²Scientific and Research Institute of construction physics of RAASN, Moscow, Russia

NON-EQUILIBRIUM AND NONLINEAR PROCESSES IN SURVIVABILITY POTENTIAL EVALUATION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURAL SYSTEMS: ANALYTICAL REVIEW

Abstract. A review of scientific research related to the limitation of the right to life of reinforced concrete structural systems, taking into account incompatible and non-linear processes. Particular attention in the scientific review is devoted to the analysis of the work necessary to study the use of concrete and reinforced concrete building structures of buildings and structures. The fundamental phenomenological theory of creep is systematized and given from the classification. The significance of the proposed scientific review lies in the fact that there is a high value and transience of phenomenological theories of concrete creep, primarily for the calculation of reinforced concrete structural systems, taking into account non-equilibrium heavy and nonlinear processes.

Keywords: progressive collapse, survivability potential, reinforced concrete structures, creep, accidental action.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Райзер В.Д. К проблеме живучести зданий и сооружений // Строительная механика и расчет сооружений. 2012. № 5. С. 77-78.
2. Назаров Ю.П., Городецкий А.С., Симбиркин В.Н. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. № 4. С. 5-9.

3. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Концепция и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 2. С. 28-31.
4. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009. № 384.
5. СП 296.1325800.2017 «Здания и сооружений. Особые воздействия».
6. СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения».
7. Колчунов В.И., Ключева Н.В., Андросова Н.Б., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях. М.: Издательство АСВ, 2016. 208 с.
8. Травуш В.И., Федорова Н.В. Живучесть конструктивных систем сооружений при особых воздействиях // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 5. С. 73-80. doi:10.18720/МСЕ.81.8
9. Колчунов В.И., Тамразян А.Г. Основные направления развития теории конструктивной безопасности и синтеза железобетонных конструкций зданий и сооружений // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону (Москва, 12-16 мая 2014 г.): в 7 т. Т.7. Пленарные доклады. Москва: МГСУ, 2014. С. 176-191.
10. Краснощек Ю.В. Живучесть зданий со сборными железобетонными перекрытиями // Вестник СибАДИ. 2017. № 4-5. С. 107-116.
11. Арутюнян Н.Х., Колмановский В.Б. Теория ползучести неоднородных тел. М.: Наука, 1983. 336 с.
12. Александровский С.В., Васильев П.И. Экспериментальные исследования ползучести бетона // Ползучесть и усадка бетона и железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1976. С. 97–152.
13. Бондаренко В.М., Бондаренко С.В. Инженерные методы нелинейной теории железобетона. М.: Стройиздат, 1982. 287 с.
14. Васильев П.И., Лившиц Я.Д. Приложение теории ползучести бетона к расчетам конструкций и мостов // Ползучесть и усадка бетона и железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1976. С. 268.
15. Гвоздев А.А., Яшин А.В., Петрова К.В. и др. Прочность, структурные изменения и деформации бетона. М.: Стройиздат. 1978. 299 с.
16. Маслов Г.Н. Термическое напряженное состояние бетонных массивов при учете ползучести бетона // Известия ВНИИГ. 1941. Т. 28. С. 175-183.
17. Прокопович И.Е., Зедгенидзе В.А. Прикладная теория ползучести, М., Стройиздат, 1980. 240 с.
18. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. М.: Наука, 1966. 752 с.
19. Ржаницына А.Р. Теория ползучести. М.: Стройиздат, 1968. 416 с.
20. Санжаровский Р.С. Нелинейная наследственная теория ползучести // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 1. С. 63–68.
21. Улицкий И.И. Определение величин деформаций ползучести и усадки бетонов. Киев.: Госстройиздат УССР, 1963. 132 с.
22. Харлаб В. Д. Принципиальные вопросы линейной теории ползучести (с привязкой к бетону): монография / В.Д. Харлаб. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. 212 с. URL: <https://www.iprbookshop.ru/33300.html>
23. Vařant Z.P., Prasannan S. Solidification theory for concrete creep, I: Formulation // Eng. Mech. ASCE, 115:8. 1989. P. 1691–1703.
24. Gilbert R.I. Creep and Shrinkage Models for High Strength Concrete – Proposals for Inclusion in AS3600 // Australian Journal of Structural Engineering. 2002. No. 4 (2). P. 95–106.
25. Hamed E. Nonlinear creep response of reinforced beams // Journal of mechanics of materials and structures. 2012. Vol. 7. No. 5. P. 435-460. doi:doi.org/10.2140/jomms.2012.7.435
26. Галустов К.З. Некоторые представления о ползучести бетона // Строительные материалы. 2008. № 5. С. 66-67.
27. Александровский С.В., Васильев П.И. Экспериментальные исследования ползучести бетона и железобетона конструкций. М.: Стройиздат, 1976. С. 90-152.
28. Арутюнян Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести. М.: Гостехиздат, 1952. 324 с.
29. Прокопович И.Е. Влияние длительных процессов на напряженное и деформированное состояние сооружения. М.: Госстройиздат, 1963. 260 с.
30. Галустов К.З. Развитие теории ползучести бетона и совершенствование методов расчета железобетонных конструкций / автореферат диссертации на соискание учетной степени д.т.н., Москва, 2008.
31. Гвоздев А.А. О перераспределении усилий в статически неопределимых железобетонных обычных и предварительно напряженных конструкциях. Научное сообщение. Москва. ЦНИПС. 1955. 30с.

32. Гольшев А.Б., Колчунов В.И. Сопротивление железобетона. Киев: Основа, 2009. 432 с.
33. Беглов А.Д., Санжаровский Р.С. О методах решения уравнений ползучести бетона // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2005. № 3. С. 55-63.
34. Санжаровский Р.С., Тер-Эммануильян Т.Н., Манченко М.М. Принцип наложения как основополагающая ошибка теории ползучести и стандартов по железобетону // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. Т. 14. № 2. С. 92–104. doi:10.22363/1815-5235-2018-14-2-92-104.
35. Санжаровский Р.С., Манченко М.М., Гаджиев М.А., Мусабаев Т.Т., Тер-Эммануильян Т.Н., Вареник К.А. Система несостоятельности современной теории длительного сопротивления железобетона и предупреждения проектировщиков // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. Т. 15. № 1. С. 3–24. doi:10.22363/1815-5235-2019-15-1-3-24
36. EN 1992-1-2: 2004. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings (Проектирование железобетонных конструкций), 2004.
37. Ларионов Е.А., Римшин В.И., Жданова Т.В. Принцип наложения деформаций в теории ползучести // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. Т. 15. № 6. С. 483–496.
38. Фёдоров. В.С., Золина Т.В., Купчикова Н.В., Левитский В.Е., Завьялова О.Б. Проектирование строительных конструкций и оснований с учётом надёжности и режимных воздействий [Электронный ресурс]: монография, под общей редакцией Н.В. Купчиковой. – Электрон. текстовые данные (13,7Мб). – Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2021.
39. Травуш В.И., Мурашкин В.Г. Влияние ползучести на распределение деформаций и напряжений в изгибаемом элементе // Строительство и реконструкция. 2017. № 2. С. 57-70.
40. Назаренко В.Г., Звездов А.И., Ларионов Е.А., Квасников А.А. Концепция развития прикладной теории ползучести железобетона // Бетон и железобетон. 2020. № 2 (602). С. 8–11.

REFERENCES

1. Rajzer V.D. K probleme zhivuchesti zdaniy i sooruzhenij // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. 2012. No. 5. Pp. 77-78.
2. Nazarov YU.P., Gorodeckij A.S., Simbirkin V.N. K probleme obespecheniya zhivuchesti stroitel'nyh konstrukcij pri avarijnyh vozdeystviyah // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. 2009. No. 4. Pp.5-9.
3. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. Konceptiya i napravleniya razvitiya teorii konstruktivnoj bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij pri silovyh i sredovyh vozdeystviyah // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2013. No. 2. Pp. 28-31.
4. Federal'nyj zakon «Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij» ot 30.12.2009. No. 384.
5. SP 296.1325800.2017 «Zdaniya i sooruzhenij. Osobyje vozdeystviya».
6. SP 385.1325800.2018 «Zashchita zdaniy i sooruzhenij ot progressiruyushchego obrusheniya».
7. Kolchunov V.I., Klyueva N.V., Androsova N.B., Buhtiyarova A.S. ZHivuchest' zdaniy i sooruzhenij pri zaproektnyh vozdeystviyah. M.: Izdatel'stvo ASV. 2016. 208 p.
8. Travush V.I., Fedorova N.V. ZHivuchest' konstruktivnyh sistem sooruzhenij pri osobyh vozdeystviyah // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2018. No. 5. Pp. 73-80. doi:10.18720/MCE.81.8
9. Kolchunov V.I., Tamrazyan A.G. Osnovnye napravleniya razvitiya teorii konstruktivnoj bezopasnosti i sinteza zhelezobetonnyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij // Beton i zhelezobetone – vzglyad v budushchee: nauchnye trudy III Vserossijskoj (II Mezhdunarodnoj) konferencii po betonu i zhelezobetonu (Moskva, 12-16 maya 2014 g.): v 7 t. T.7. Plenarnye doklady. Moskva: MGSU, 2014. Pp. 176-191.
10. Krasnoshchekov YU.V. ZHivuchest' zdaniy so sbornymi zhelezobetonnyimi perekrytiyami // Vestnik SibADI. 2017. No. 4-5. Pp. 107-116.
11. Arutyunyan N.H., Kolmanovskij V.B. Teoriya polzuchesti neodnorodnyh tel. M.: Nauka, 1983. 336 p.
12. Aleksandrovskij S.V., Vasil'ev P.I. Eksperimental'nye issledovaniya polzuchesti betona // Polzuchest' i usadka betona i zhelezobetonnyh konstrukcij. M.: Strojizdat, 1976. Pp. 97–152.
13. Bondarenko V.M., Bondarenko S.V. Inzhenernye metody nelinejnoj teorii zhelezobetona. M.: Strojizdat, 1982. 287 p.
14. Vasil'ev P.I., Livshic YA.D. Prilozhenie teorii polzuchesti betona k raschetam konstrukcij i mostov // Polzuchest' i usadka betona i zhelezobetonnyh konstrukcij. M.: Strojizdat, 1976. Pp. 268.
15. Gvozdev A.A., YAshin A.V., Petrova K.V. i dr. Prochnost', strukturnye izmeneniya i deformacii betona. M.: Strojizdat. 1978. 299 p.

16. Maslov G.N. Termicheskoe napryazhennoe sostoyanie betonnyh massivov pri uchete polzuchesti betona // *Izvestiya VNIIG*. 1941. T. 28. Pp. 175-183.
17. Prokopovich I.E., Zedgenidze V.A. *Prikladnaya teoriya polzuchesti*. M., Strojizdat, 1980. 240 p.
18. Rabotnov YU.N. *Polzuchest' elementov konstrukcij*. M.: Nauka, 1966. 752 p.
19. Rzhanicyn A.R. *Teoriya polzuchesti*. M.: Strojizdat, 1968. 416 p.
20. Sanzharovskij R.S. *Nelinejnaya nasledstvennaya teoriya polzuchesti // Stroitel'naya mekhanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij*. 2014. No. 1. Pp. 63–68.
21. Ulickij I.I. *Opreделение velichin deformacij polzuchesti i usadki betonov*. Kiev.: Gosstrojizdat USSR, 1963. 132 p.
22. Harlab V.D. *Principial'nye voprosy linejnoj teorii polzuchesti (s privyazkoj k betonu): monografiya / V.D. Harlab*. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet, EBS ASV, 2014. 212 c. URL: <https://www.iprbookshop.ru/33300.html>
23. Bažant Z.P., Prasannan S. *Solidification theory for concrete creep, I: Formulation // Eng. Mech. ASCE*, 115:8, 1989. Pp. 1691–1703.
24. Gilbert R.I. *Creep and Shrinkage Models for High Strength Concrete – Proposals for Inclusion in AS3600 // Australian Journal of Structural Engineering*. 2002. No. 4 (2). P. 95–106.
25. Hamed E. *Nonlinear creep response of reinforced beams // Journal of mechanics of materials and structures*. 2012. Vol. 7. No. 5. Pp. 435–460. doi:doi.org/10.2140/jomms.2012.7.435
26. Galustov K.Z. *Nekotorye predstavleniya o polzuchesti betona // Stroitel'nye materialy*, 2008. No. 5. Pp. 66-67.
27. Aleksandrovskij S.V., Vasil'ev P.I. *Eksperimental'nye issledovaniya polzuchesti betona i zhelezobetona konstrukcij*. M.: Strojizdat, 1976. Pp. 90-152.
28. Arutyunyan N.H. *Nekotorye voprosy teorii polzuchesti*. M.: Gostekhizdat, 1952. 324 p.
29. Prokopovich I.E. *Vliyanie dlitel'nyh processov na napryazhennoe i deformirovannoe sostoyanie sooruzheniya*. M.: Gosstrojizdat, 1963. 260 p.
30. Galustov K.Z. *Razvitie teorii polzuchesti betona i sovershenstvovanie metodov rascheta zhelezobetonnyh konstrukcij / avtoreferat dissertacii na soiskanie uchetoj stepeni d.t.n.*, Moskva, 2008.
31. Gvozdev A.A. *O pereraspredelenii usilij v staticheski neopredelimyh zhelezobetonnyh obychnyh i predvaritel'no napryazhennyh konstrukcijah*. Nauchnoe soobshchenie. Moskva. CNIPS. 1955. 30 p.
32. Golyshev A.B., Kolchunov V.I.I. *Soprotivlenie zhelezobetona*. Kiev: Osnova, 2009. 432 p.
33. Beglov A.D., Sanzharovskij R.S. *O metodah resheniya uravnenij polzuchesti betona // Stroitel'naya mekhanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij*. 2005. No. 3. Pp. 55-63.
34. Sanzharovskij R.S., Ter-Emmanuil'yan T.N., Manchenko M.M. *Princip nalozheniya kak osnovopolagayushchaya oshibka teorii polzuchesti i standartov po zhelezobetonu // Stroitel'naya mekhanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij*. 2018. T. 14. No. 2. Pp. 92–104. doi:10.22363/1815-5235-2018-14-2-92-104.
35. Sanzharovskij R.S., Manchenko M.M., Gadzhiev M.A., Musabaev T.T., Ter-Emmanuil'yan T.N., Varenik K.A. *Sistema nesostoyatel'nosti sovremennoj teorii dlitel'nogo soprotivleniya zhelezobetona i preduprezhdeniya proektirovshchikov // Stroitel'naya mekhanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij*. 2019. T. 15. No. 1. Pp. 3–24. doi:10.22363/1815-5235-2019-15-1-3-24
36. EN 1992-1-2: 2004. *Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings (Proektirovanie zhelezobetonnyh konstrukcij)*, 2004.
37. Larionov E.A., Rimshin V.I., Zhdanova T.V. *Princip nalozheniya deformacij v teorii polzuchesti // Stroitel'naya mekhanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij*. 2019. T. 15. No. 6. Pp.483–496.
38. Fyodorov V.S., Zolina T.V., Kupchikova N.V., Levitskij V.E., Zav'yalova O.B. *Proektirovanie stroitel'nyh konstrukcij i osnovanij s uchyotom nadyozhnosti i rezhimnyh vozdeystvij [Elektronnyj resurs]: monografiya, pod obshchej redakciej N.V. Kupchikovej. – Elektron. tekstovye dannye (13,7Mb). – Astrahan': Astrahanskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet, 2021.*
39. Travush V.I., Murashkin V.G. *Vliyanie polzuchesti na raspredelenie deformacij i napryazhenij v izgibaemom elemente // Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2017. No. 2. Pp. 57-70.
40. Nazarenko V.G., Zvezdov A.I., Larionov E.A., Kvasnikov A.A. *Koncepciya razvitiya prikladnoj teorii polzuchesti zhelezobetona // Beton i zhelezobeton*. 2020. No. 2 (602). Pp. 8–11.

Информация об авторе:

Андросова Наталия Борисовна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия,
кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой строительных конструкций и материалов.

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

E-mail: ramia84@rambler.ru

Information about author:

Androsova Natalia B.

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,

candidate of technical science, docent, head of the department of building constructions and materials.

Scientific and Research Institute of construction physics of RAASN, Moscow, Russia,

starshiy nauchnyy sotrudnik.

E-mail: ramia84@rambler.ru

П.А. КОРЕНЬКОВ¹, Н.В. ФЕДОРОВА¹, П.А. КАЙДАС¹

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

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЖИВУЧЕСТИ СБОРНО-МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА

Аннотация. Приведена методика проведения экспериментальных и численных исследований железобетонных рам-фрагментов сборно-монолитной железобетонной конструктивной системы многоэтажных зданий. Целью проведенных исследований являлось определение характера изменения параметров статико-динамического деформирования и силового сопротивления предлагаемой конструктивной системы как на стадии эксплуатации, так и при аварийном воздействии, вызванным выключением из работы одного из элементов - угловой колонны первого этажа. Для повышения сопротивляемости исследуемой системы к локальному или прогрессирующему обрушению предложены новые конструктивные решения ригелей сборно-монолитной рамы, позволяющие повысить ее сопротивляемость при внезапном изменении силовых потоков в рассматриваемой конструктивной системе. Предложены аналитические зависимости для определения параметров межсредовой зоны контакта в сборно-монолитной конструкции ригеля. Решение рассматриваемых задач выполнено с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР с учетом диаграмм работы материала, учитывающих статико-динамический характер нагружения конструкций. Приведено обоснование принятых конструктивных решений опытных конструкции рам-фрагментов для разработки программы проведения экспериментальных исследований рассматриваемой конструктивной системы при особых воздействиях.

Ключевые слова: живучесть, сборно-монолитный каркас, особое предельное состояние, физическая нелинейность.

P.A. KORENKOV¹, N.V. FEDOROVA¹, P.A. KAYDAS¹

¹Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

RESISTANCE OF THE PRECAST - CAST-IN-SITU REINFORCED CONCRETE FRAMES OF CIVIL BUILDINGS UNDER SPECIAL EMERGENCY IMPACT

Abstract. The article presents a technique for carrying out experimental and numerical studies of reinforced concrete frame-fragments of a prefabricated monolithic reinforced concrete structural system of multi-storey buildings. The purpose of the research was to determine the nature of the change in the parameters of static-dynamic deformation and force resistance of the proposed structural system both at the stage of operation and during an emergency impact caused by the shutdown of one of the elements - the corner column of the first floor. To increase the resistance of the system under study to local or progressive collapse, new design solutions for the crossbars of the prefabricated monolithic frame are proposed, which make it possible to increase its resistance to a sudden change in power flows in the structural system under consideration. Analytical dependencies are proposed to determine the parameters of the intermedium contact zone in the prefabricated-monolithic structure of the crossbar. The solution of the problems under consideration was carried out using the LIRA-SAPR software package, taking into account material operation diagrams that take into account the static-dynamic nature of the loading of structures. The substantiation of the adopted design solutions for experimental designs of frame fragments for developing a program for conducting experimental studies of the structural system under consideration under special effects is given.

Keywords: *survivability, precast-monolithic frame, special limiting state, material nonlinearity.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adam J.M., Parisi F., Sagaseta J., Lu X. Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century. *Eng. Struct.* 2018. 173. Pp. 122–149.
2. Мониторинг объемов жилищного строительства. <https://minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishnaya-politika/8/>
3. Мажанская Е.В. Экономические факторы, влияющие на стоимость строительства / Е.В. Мажанская, А.С. Пасечник, Д.А. Калинина [и др.] // *Экономические науки.* 2020. № 184. С. 58-61. doi:10.14451/1.184.58
4. Зенин С.А., Шарипов Р.Ш., Кудинов О.В., Шапиро Г.И., Гасанов А.А. Расчеты крупнопанельных зданий на устойчивость против прогрессирующего обрушения методами предельного равновесия и конечного элемента // *ACADEMIA. Архитектура и строительство.* 2016. № 4. С. 109-111.
5. Krentowski J.R., Knyziak P., Mackiewicz M. Durability of interlayer connections in external walls in precast residential buildings // *Engineering Failure Analysis.* 2021. Vol. 121, 105059. ISSN 1350-6307. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105059>.
6. Sokolov B.S. Construction of Deformation Diagrams of Concrete Under Shear Based on the Author's Theory of Anisotropic Materials Power Resistance to Compression and Deformation Theory of Plasticity // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering.* 2019. No. 15. Pp. 149–160.
7. Baran E., Mahamid M., Baran M., Kurtoglu M., Torra-Bilal I. Performance of a moment resisting beam-column connection for precast concrete construction // *Engineering Structures.* 2021. 246, 113005.
8. Barański J., Berkowski P. Computer Modelling of Precast Large-panel Buildings with Degraded Horizontal Joints // *Procedia Engineering.* 2015. 111. Pp. 89–96.
9. Xia K., Hu X. & Xue W. Experimental studies on in-plane connections of composite beam-precast concrete shear wall under reversed cyclic loading // *Structures.* 2021. 34. 1961–1972.
10. Kolchunov V.I., Fedorova N.V., Savin S.Yu., Kovalev V.V., Iliushchenko T.A. Failure simulation of a RC multi-storey building frame with prestressed girders // *Magazine of Civil Engineering.* 2019. No. 8. Pp. 155–162.
11. Савин С.Ю., Федорова Н.В., Емельянов С.Г. Анализ живучести сборно-монолитных каркасов многоэтажных зданий из железобетонных панельно-рамных элементов при аварийных воздействиях, вызванных потерей устойчивости одной из колонн // *Жилищное строительство.* 2018. № 12. С. 3-7.
12. Savin S.Y., Fedorov S.S. Stability analysis of reinforced concrete building frames damaged by corrosion under static-dynamic loading // *Journal of Physics: Conference Series.* 2019. 1425, 012043.
13. Elsanadedy H.M., Al-Salloum Y.A., Alrubaidi M.A., Almusallam T.H., Abbas H. Finite element analysis for progressive collapse potential of precast concrete beam-to-column connections strengthened with steel plates // *Journal of Building Engineering.* 2021. 34, 101875.
14. Fedorova N., Tamrazyan A., Korenkov P. Industrial constructive system of civil buildings of increased survivability // *E3S Web of Conferences.* 2019. Vol. 97. P. 04003
15. Колчунов В.И., Осовских Е.В., Фомичев С.И., Прочность железобетонных платформенных стыков жилых зданий с перекрестно-стеновой системой из панельных элементов // *Жилищное строительство.* 2009. № 12. С. 12-16.
16. Соколов Б.С., Трошков Е.О. Сравнение результатов компьютерного моделирования и экспериментальных исследований штепсельных стыков сборных железобетонных колонн с плитами перекрытий // *Жилищное строительство.* 2017. № 7. С. 41-46.
17. Трошков Е.О. Экспериментальные исследования штепсельных стыков второго типа на сдвиг // Долговечность, прочность и механика разрушения бетона, железобетона и других строительных материалов: Сборник докладов IX Академических чтений РААСН – Международной научной конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2016. С. 85–90.
18. Ibrahim M.H. Alshaikh, Aref A. Abadel, Mohammed Alrubaidi. Precast RC structures' progressive collapse resistance: Current knowledge and future requirements, *Structures,* 2022. Vol. 37. Pp. 338-352. ISSN 2352-0124. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.12.086>.
19. Johannes A.J. Huber, Hercend Mpidi Bita, Thomas Tannert, Sven Berg. Finite element analysis of alternative load paths to prevent disproportionate collapse in platform-type CLT floor systems // *Engineering Structures.* 2021. Vol. 240, 112362. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112362>.
20. Yu J., Tan K.H. Structural Behavior of RC Beam-Column Subassemblages under a Middle Column Removal Scenario // *J. Struct. Eng.* 2013. Vol. 139. No. 2. Pp. 233–250.
21. Kang S.B., Tan K.H., Yang E.H. Progressive collapse resistance of precast beam-column sub-assemblages with engineered cementitious composites // *Eng. Struct.* 2015.
22. Forquin P., Chen W. An experimental investigation of the progressive collapse resistance of beam-column RC sub-assemblages // *Constr. Build. Mater.* 2017. Vol. 152. P. 1068–1084.

23. Han Q. et al. Experimental Investigation of Beam–Column Joints with Cast Steel Stiffeners for Progressive Collapse Prevention // *J. Struct. Eng.* 2019. Vol. 145. No. 5. P. 04019020.
24. Колчунов В.И., Панченко Л.А. Расчет составных тонкостенных конструкций. М.: АСВ, 1999. 281 с.
25. Колчин Я.Е., Колчунов В.И. Исследование закономерностей деформирования и разрушения зон контакта железобетонных составных конструкций // *Строительство и реконструкция*. 2010. № 2(28). С. 17–22.
26. Колчунов В.И. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях / В.И. Колчунов, Н.В. Ключева, Н.Б. Андросова, А.С. Бухтиярова. М. : АСВ, 2014. 208 с.
27. СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования». ЭС НТИ "Техэксперт", 2017. 35 с.
28. Korenkov P. Determination of the scale factor in the physical modeling of reinforced concrete structures exposed to emergency loads / P. Korenkov, V. Chemodurov, O. Korenkova, I. Manaenkov // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 GiaiPhong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 GiaiPhong Road, Hanoi, 2020. P. 052053. doi:10.1088/1757-899X/869/5/052053. EDN WSCSUU.
29. Fedorova N.V., Ngoc V.T. Deformation and failure of monolithic reinforced concrete frames under special actions // *J. Phys. Conf. Ser.* 2020. Vol. 1425. № 1.
30. Патент № 2642542 С1 Российская Федерация, МПК G01N 3/60. Устройство для экспериментального определения динамических догрузений в рамно-стержневых конструктивных системах : № 2016130263 : заявл. 22.07.2016 : опубл. 25.01.2018 / Н.В. Ключева, П.А. Кореньков ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского". EDN QHFNGF.
31. Колчунов В.И., Колчунов Вл.И., Федорова Н.В. Деформационные модели железобетона при особых воздействиях // *Промышленное и гражданское строительство*. 2018. № 8. С. 54–60. EDN UWQAEF.

REFERENCES

1. Adam J.M., Parisi F., Sagaseta J., Lu X. Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century. *Eng. Struct.* 2018. 173. Pp. 122–149.
2. Monitoring of housing construction volumes. <https://minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishnaya-politika/8/>
3. Mazhanskaya E.V. Ekonomicheskie faktory, vliyayushchie na stoimost' stroitel'stva [Economic factors that affect the cost of construction] / E.V. Mazhanskaya, A.S. Pasechnik, D.A. Kalinina [et al.] // *Economic Sciences*. 2020. No. 184. Pp. 58–61. doi:10.14451/1.184.58 (rus)
4. Zenin S.A., Sharipov R.Sh., Kudinov O.V., Shapiro G.I., Gasanov A.A. Raschety krupnopanel'nykh zdaniy na ustoychivost' protiv progressiruyushchego obrusheniya metodami predel'nogo ravnovesiya i konechnogo elementa [Calculations of large-panel buildings for stability against progressive collapse by the methods of limiting equilibrium and finite element]. *ACADEMIA. Architecture and construction*. 2016. No. 4. Pp. 109–111. (rus)
5. Krentowski J.R., Knyziak P., Mackiewicz M. Durability of interlayer connections in external walls in precast residential buildings // *Engineering Failure Analysis*. 2021. Vol. 121, 105059. ISSN 1350-6307. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105059>.
6. Sokolov B.S. Construction of Deformation Diagrams of Concrete Under Shear Based on the Author's Theory of Anisotropic Materials Power Resistance to Compression and Deformation Theory of Plasticity // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2019. No. 15. Pp. 149–160.
7. Baran E., Mahamid M., Baran M., Kurtoglu M., Torra-Bilal I. Performance of a moment resisting beam-column connection for precast concrete construction // *Engineering Structures*. 2021. 246, 113005.
8. Barański J., Berkowski P. Computer Modelling of Precast Large-panel Buildings with Degraded Horizontal Joints // *Procedia Engineering*. 2015. 111. Pp. 89–96.
9. Xia K., Hu X. & Xue W. Experimental studies on in-plane connections of composite beam-precast concrete shear wall under reversed cyclic loading // *Structures*. 2021. 34. 1961–1972.
10. Kolchunov V.I., Fedorova N.V., Savin S.Yu., Kovalev V.V., Iliushchenko T.A. Failure simulation of a RC multi-storey building frame with prestressed girders // *Magazine of Civil Engineering*. 2019. No. 8. Pp. 155–162.
11. Savin S.Yu., Fedorova N.V., S.G. Emelyanov S.G. Analiz zhivuchesti sborno-monolitnykh karkasov mnogoetazhnykh zdaniy iz zhelezobetonnykh panel'no-ramnykh element pri avariynnykh vozdeystviyakh, vyzvannykh poterey ustoychivosti odnoy iz kolonn [Survivability Analysis of Reinforced Concrete Frameworks of Multi-storey Buildings Made of Frame-panel Elements Using Combination of Prefabricated and Monolithic Concrete in Case of Accidental Impacts Caused by Loss of Stability of One of the Columns]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2018. No. 12. Pp. 3–7. (rus)
12. Savin S.Y., Fedorov S.S. Stability analysis of reinforced concrete building frames damaged by corrosion under static-dynamic loading // *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. 1425, 012043.

13. Elsanadedy H.M., Al-Salloum Y.A., Alrubaidi M.A., Almusallam T.H., Abbas H. Finite element analysis for progressive collapse potential of precast concrete beam-to-column connections strengthened with steel plates // *Journal of Building Engineering*. 2021. 34, 101875.
14. Fedorova N., Tamrazyan A., Korenkov P. Industrial constructive system of civil buildings of increased survivability // *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 97. P. 04003
15. Kolchunov V.I., Osovskikh E.V., Fomichev S.I. Prochnost' zhelezobetonnykh platformennykh stykov zhilykh zdaniy s perekrestno-stenovoy sistemoy iz panel'nykh elementov [Strength of reinforced concrete platform joints of residential buildings with a cross-wall system of panel elements]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2009. No. 12. Pp. 12-16/ (rus)
16. Troshkov E.O., Sokolov B.S. Sravneniye rezul'tatov komp'yuternogo modelirovaniya i eksperimental'nykh issledovaniy shtepsel'nykh stykov sbornykh zhelezobetonnykh kolonn s plitami perekrytiy [Comparison of the results of computer modeling and experimental research of plug joints of precast concrete columns with floor slabs]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2017. No 7. Pp. 41-46. (rus)
17. Troshkov E.O. Eksperimental'nyye issledovaniya shtepsel'nykh stykov vtorogo tipa na sdvig [Experimental studies of plug joints of the second type for shear]. *Dolgovechnost', prochnost' i mekhanika razrusheniya betona, zhelezobetona i drugikh stroitel'nykh materialov: Sbornik dokladov IX Akademicheskikh chteniy RAASN – Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Durability, strength and fracture mechanics of concrete, reinforced concrete and other building materials: Collection of reports of the IX Academic Readings of the RAACS - International Scientific Conference]. Saint Petersburg :SPbGASU, 2016. Pp. 85–90. (rus)
18. Ibrahim M.H. Alshaikh, Aref A. Abadel, Mohammed Alrubaidi. Precast RC structures' progressive collapse resistance: Current knowledge and future requirements, *Structures*, 2022. Vol. 37. Pp. 338-352. ISSN 2352-0124. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.12.086>.
19. Johannes A.J. Huber, Hercend Mpidi Bitu, Thomas Tannert, Sven Berg. Finite element analysis of alternative load paths to prevent disproportionate collapse in platform-type CLT floor systems // *Engineering Structures*. 2021. Vol. 240, 112362. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112362>.
20. Yu J., Tan K.H. Structural Behavior of RC Beam-Column Subassemblages under a Middle Column Removal Scenario // *J. Struct. Eng*. 2013. Vol. 139. No. 2. Pp. 233–250.
21. Kang S.B., Tan K.H., Yang E.H. Progressive collapse resistance of precast beam-column sub-assemblages with engineered cementitious composites // *Eng. Struct*. 2015.
22. Forquin P., Chen W. An experimental investigation of the progressive collapse resistance of beam-column RC sub-assemblages // *Constr. Build. Mater*. 2017. Vol. 152. P. 1068–1084.
23. Han Q. et al. Experimental Investigation of Beam-Column Joints with Cast Steel Stiffeners for Progressive Collapse Prevention // *J. Struct. Eng*. 2019. Vol. 145. No. 5. P. 04019020.
24. Kolchunov V.I., Panchenko L.A. Raschet sostavnykh tonkostennykh konstrukcij [Calculation of composite thin-walled structures]. M.: ASV, 1999. 281 p. (rus)
25. Kolchin YA.E., Kolchunov V.I. Issledovanie zakonornostej deformirovaniya i razrusheniya zon kontakta zhelezobetonnykh sostavnykh konstrukcij // *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2010. No. 2(28). Pp. 17-22. (rus)
26. Kolchunov V.I. ZHivuchest' zdaniy i sooruzhenij pri zaproektnykh vozdeystviyah [Survivability of buildings and structures under beyond-design impacts] / V.I. Kolchunov, N.V. Klyueva, N.B. Androsova, A.S. Buhtiyarova. M. : ASV, 2014. 208 p. (rus)
27. SP 385.1325800.2018 Zashchita zdaniy i sooruzhenij ot progressiruyushchego obrusheniya. Pravila proektirovaniya. [Protection of buildings and structures from progressive collapse] ES NTI "Tekhekspert", 2017. 35 p. (rus)
28. Korenkov P. Determination of the scale factor in the physical modeling of reinforced concrete structures exposed to emergency loads / P. Korenkov, V. Chemodurov, O. Korenkova, I. Manaenkov // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 GiaiPhong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 GiaiPhong Road, Hanoi, 2020. P. 052053. doi:10.1088/1757-899X/869/5/052053. EDN WSCSUY.
29. Fedorova N.V., Ngoc V.T. Deformation and failure of monolithic reinforced concrete frames under special actions // *J. Phys. Conf. Ser*. 2020. Vol. 1425. No. 1.
30. Patent № 2642542 CI Rossijskaya Federaciya, MPK G01N 3/60. Ustrojstvo dlya eksperimental'nogo opredeleniya dinamicheskikh dogruzhenij v ramno-sterzhnevyykh konstruktivnykh sistemah : No. 2016130263 : zayavl. 22.07.2016 :opubl. 25.01.2018 / N.V. Klyueva, P.A. Koren'kov ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Krymskij federal'nyj universitet imeni V.I. Vernadskogo". EDN QHFNGF
31. Kolchunov V.I., Kolchunov V.I., Fedorova N.V. Deformacionnye modeli zhelezobetona pri osobykh vozdeystviyah // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Deformation models of reinforced concrete under special effects]. 2018. No. 8. Pp. 54-60. EDN UWOAEP (rus)

Информация об авторах:

Кореньков Павел Анатольевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, доцент, и.о. зав. кафедрой технологии, организации и управления в строительстве.
E-mail: KorenkovPA@mgsu.ru

Федорова Наталия Витальевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,
Советник РААСН, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой архитектурно-строительного проектирования.
E-mail: FedorovaNV@mgsu.ru

Кайдас Павел Анатольевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,
аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций.
E-mail: KaydasPA@mgsu.ru

Information about authors:

Korenkov Pavel An.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
candidate of technical science, docent, acting head of the department of Technology, Organization and Management in Construction.
E-mail: KorenkovPA@mgsu.ru

Fedorova Natalya V.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
Advisor of RAACS, doctor of technical sciences, professor, Head of the Department of Architectural and Construction Design in Construction.
E-mail: FedorovaNV@mgsu.ru

Kaydas Pavel An.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
postgraduate student of the department of Reinforced Concrete and Stone Structures
E-mail: KaydasPA@mgsu.ru

В.А. ЛЮБЛИНСКИЙ¹, Ю.В. МИРОНОВА²

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

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия

ПОВЫШЕНИЕ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ШТЕПСЕЛЬНОГО СТЫКА КОЛОНН ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ

Аннотация. Рассмотрена необходимость разработки решений, повышающих сопротивляемость несущих систем прогрессирующему разрушению, приводящему к моментальному или длительному разрушению отдельных конструктивных элементов и узлов. Штепсельный стык колонн в сборных и сборно-монолитных каркасах запроектированный на сжимающие усилия, при аварийном воздействии начинает работать на растяжение. Определены максимальные растягивающие усилия в колоннах и стыках типового сборного каркаса при аварийном воздействии и предложены варианты модернизации конструктивных решений штепсельного стыка. Предложено использование закладной детали для скважины штепсельного стыка сборных колонн, обеспечивающее работу на растягивающие усилия. Проведено многофакторное численное моделирование штепсельного стыка с учетом работы на растяжение, определены прочностные характеристики. Разработаны рекомендации по проектированию штепсельного стыка для несущих систем с учетом их работы при прогрессирующем разрушении, предложены рекомендации по армированию стыка в зависимости от усилий в нем. Результаты могут быть использованы при проектировании штепсельных стыков сборных и сборно-монолитных каркасов.

Ключевые слова: многоэтажные здания, сборный железобетонный каркас, прогрессирующее разрушение, штепсельный стык, напряженно-деформированное состояние.

V.A. LYUBLINSKIY¹, Ju.V. MIRONOVA²

¹National Research Moscow State University of civil engineering, Moscow, Russia

²Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

INCREASING THE RESISTANCE OF THE PLUG JOINT OF COLUMNS TO PROGRESSIVE COLLAPSE

Abstract. The necessity of developing solutions that increase the resistance of load-bearing systems to progressive destruction, leading to instant or prolonged destruction of individual structural elements and assemblies, is considered. The plug joint columns in prefabricated and prefabricated monolithic frames designed for compressive forces, in case of emergency impact, begins to work on tension. The maximum tensile forces in the columns and joints of a typical prefabricated frame in case of emergency impact are determined and options for upgrading the design solutions of the plug joint are proposed. It is proposed to use a plug-in part for the well of the plug joint of the prefabricated columns, which provides work for tensile forces. Multivariate numerical simulation of the plug joint was carried out taking into account the tensile work, strength characteristics were determined. Recommendations have been developed for the design of a plug joint for load-bearing systems, taking into account their work with progressive destruction, recommendations for reinforcing the joint depending on the efforts in it have been proposed. The results can be used in the design of plug joints of prefabricated and prefabricated monolithic frames.

Keywords: multi-storey buildings, precast reinforced concrete frame, progressive destruction, plug joint, stress-strain state.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Травуш В.И., Колчунов В.И., Ключева Н.В. Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений // *Промышленное и гражданское строительство*. 2015. № 3. С. 4-11.
2. Тамразян А.Г. Основные принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений // *Вестник МГСУ*. 2011. № 2-1. С. 21-27.
3. Кодыш Э.Н. Проектирование защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения с учетом возникновения особого предельного состояния // *Промышленное и гражданское строительство*. 2018. № 10. С. 95-101.
4. Juliya Mironova. Structural solution of the horizontal joint of floor slabs in girderless frame // *2 International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE –2021)*. 2021. Vol. 274. Pp. 1–10. doi:10.1051/e3sconf/202127403017
5. Люблинский В.А. К вопросу о перераспределении напряжений в вертикальных несущих железобетонных конструкциях многоэтажных зданий // *Строительство и реконструкция*. 2021. № 2. С. 39-45. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-94-2-39-45>
6. Люблинский В.А. К испытанию вертикальных сварных стыковых соединений панельных зданий // *Строительство и реконструкция*. 2019. № 5. С. 17-22. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2019-85-5-17-22>
7. Liu J., Xue Y., Wang C., Nie J., Wu Z. Experimental investigation on seismic performance of mechanical joints with bolted flange plate for precast concrete column // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 216. doi:10.1016/j.engstruct.2020.110729.
8. Hu J.Y., Hong W.K., Park S.C. Experimental investigation of precast concrete based dry mechanical column–column joints for precast concrete frames // *Structural Design of Tall and Special Buildings*. 2017. Vol. 26. No. 5. doi:10.1002/tal.1337.
9. Ruiz-Pinilla J.G., Cladera A., Pallarés F.J., Calderón P.A., Adam J.M. Joint strengthening by external bars on RC beam-column joints // *Journal of Building Engineering*. 2022. Vol. 45. doi:10.1016/j.job.2021.103445.
10. Федорова Н.В., Савин С.Ю. Анализ особенностей сопротивления прогрессирующему обрушению конструктивных систем зданий и сооружений при внезапных структурных перестройках: аналитический обзор научных исследований // *Строительство и реконструкция*. 2021. № 3 С. 76-108. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-95-3-76-108>.
11. Kiakojouri F. et al. Progressive collapse of framed building structures: Current knowledge and future prospects // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 206. P. 110061. doi:10.1016/j.engstruct.2019.110061
12. Колчунов В.И., Московцева В.С., Бушова О.Б., Жуков Д.И. Расчетный анализ способов защиты монолитных каркасов многоэтажных зданий с плоскими перекрытиями от прогрессирующего обрушения // *Строительство и реконструкция*. 2021. № 4. С. 35-44. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-96-4-35-44>.
13. Morey P.K., Satone P.S.R. Progressive collapse analysis of building // *International Journal of Optimization in Civil Engineering*. 2012. Vol. 2. No. 4.
14. Yi N.H. et al. Collision capacity evaluation of RC columns by impact simulation and probabilistic evaluation // *Journal of Advanced Concrete Technology*. 2015. Vol. 13. No. 2. Pp. 67–81.
15. Rong Q., Luo Q. Experimental study on seismic performance of an improved precast reinforced concrete column-to-column joint // *Mechanics Based Design of Structures and Machines*. 2022. Vol. 50. No. 5. doi:10.1080/15397734.2020.1763183.
16. Thai H.T., Ho Q.V., Li W., Ngo T. Progressive collapse and robustness of modular high-rise buildings // *Structure and Infrastructure Engineering*. 2021. doi:10.1080/15732479.2021.1944226.
17. Sharafi P., Alembagheri M., Kildashti K., Ganji H.T. Gravity-Induced Progressive Collapse Response of Precast Corner-Supported Modular Buildings // *Journal of Architectural Engineering*. 2021. Vol. 27. No. 4. doi:10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000499.
18. Peng J., Hou C., Shen L. Progressive collapse analysis of corner-supported composite modular buildings // *Journal of Building Engineering*. 2022. Vol. 48. doi:10.1016/j.job.2021.103977.
19. Соколов Б.С. Латыпов Р.Р. Прочность и податливость штепсельных стыков железобетонных колонн при действии статических и сейсмических нагрузок. М. : Изд-во АСВ, 2010. 127 с.
20. Трошков Е.О. Сравнение результатов компьютерного моделирования и экспериментальных исследований штепсельных стыков сборных железобетонных колонн с плитами перекрытий // *Жилищное строительство*. 2017. № 7. С. 41-46.
21. Васильев А.П., Матков Н.Г., Мирмуминов М.М. Местное сжатие в стыках колонн каркаса многоэтажных зданий // *Бетон и железобетон*. 1977. № 9. С. 30-32.
22. Абдрахимова Н.С., Миронова Ю.В., Шамсутдинова А.И. Экспериментально-теоретические исследования усиленных штепсельных стыков железобетонных колонн при действии поперечной силы // *Известия КГАСУ*. 2016. № 3(37). С. 118-128.
23. Соколов Б.С., Трошков Е.О. Деформативность штепсельных стыков сборных железобетонных плит перекрытий с колоннами в несущей системе УИКСС // *Вестник гражданских инженеров*. 2017. № 3(62). С. 32-39.

REFERENCES

1. Travush V.I., Kolchunov V.I., Klueva N.V. Some directions of development of survivability theory of structural systems of buildings and structures // *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. 2015. No. 3. P. 4–11.
2. Tamrazyan A.G. Recommendations to working out of requirements to robustness of buildings and constrictions // *Vestnik MGSU*. 2011. No. 2-1. Pp. 21-27.
3. Kodysh E.N. Designing the protection of buildings and structures against progressive collapse in view of the emergence of a special limiting state // *Promyshlennoye i grazhdanskoye Stroitel'stvo*. 2018. No. 10. P. 95–101.
4. Juliya Mironova. Structural solution of the horizontal joint of floor slabs in girderless frame // 2 International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE –2021). 2021. Vol. 274. Pp.1–10. doi:10.1051/e3sconf/202127403017
5. Lyublinskiy V.A. To the question of redistribution of stress in vertical bearing RC structures multi-story buildings // *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2021. No. 2. Pp. 39-45. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-94-2-39-45>
6. Lyublinskiy V.A. To test vertical welded butt joints of panel buildings // *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2019. No. 5. P. 17-22. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2019-85-5-17-22>
7. Liu J., Xue Y., Wang C., Nie J., Wu Z. Experimental investigation on seismic performance of mechanical joints with bolted flange plate for precast concrete column // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 216. doi:10.1016/j.engstruct.2020.110729.
8. Hu J.Y., Hong W.K., Park S.C. Experimental investigation of precast concrete based dry mechanical column–column joints for precast concrete frames // *Structural Design of Tall and Special Buildings*. 2017. Vol. 26. No. 5. doi:10.1002/tal.1337.
9. Ruiz-Pinilla J.G., Cladera A., Pallarés F.J., Calderón P.A., Adam J.M. Joint strengthening by external bars on RC beam-column joints // *Journal of Building Engineering*. 2022. Vol. 45. doi:10.1016/j.job.2021.103445.
10. Fedorova N.V., Savin S. Yu. Progressive collapse resistance of facilities experienced to localized structural damage - an analytical review // *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2021. No. 3. Pp. 76-108. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-95-3-76-108>
11. Kiakojouri F. et al. Progressive collapse of framed building structures: Current knowledge and future prospects // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 206. P. 110061. doi:10.1016/j.engstruct.2019.110061
12. Kolchunov V.I., Moskovtseva V.S., Bushova O.B., Zhukov D.I. Computational analysis of methods for protecting monolithic frames of multi-storey buildings with flat floors from progressive collapse // *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2021. No. 4. Pp. 35-44. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-96-4-35-44>
13. Morey P.K., Satone P.S.R.. Progressive collapse analysis of building // *International Journal of Optimization in Civil Engineering*. 2012. Vol. 2. No. 4.
14. Yi N.H. et al. Collision capacity evaluation of RC columns by impact simulation and probabilistic evaluation // *Journal of Advanced Concrete Technology*. 2015. Vol. 13. No. 2. Pp. 67–81.
15. Rong Q., Luo Q. Experimental study on seismic performance of an improved precast reinforced concrete column-to-column joint // *Mechanics Based Design of Structures and Machines*. 2022. Vol. 50. No. 5. doi:10.1080/15397734.2020.1763183.
16. Thai H.T., Ho Q.V., Li W., Ngo T. Progressive collapse and robustness of modular high-rise buildings // *Structure and Infrastructure Engineering*. 2021. doi:10.1080/15732479.2021.1944226.
17. Sharafi P., Alembagheri M., Kildashti K., Ganji H.T. Gravity-Induced Progressive Collapse Response of Precast Corner-Supported Modular Buildings // *Journal of Architectural Engineering*. 2021. Vol. 27. No. 4. doi:10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000499.
18. Peng J., Hou C., Shen L. Progressive collapse analysis of corner-supported composite modular buildings // *Journal of Building Engineering*. 2022. Vol. 48. doi:10.1016/j.job.2021.103977.
19. Sokolov B.S. Latypov R.R. Strength and pliability of plug joints of reinforced concrete columns under the action of static and seismic loads. Moscow: Izdatelstvo Associatsiyi Stroitel'nykh Vuzov, 2010. 127 p.
20. Troshkov E.O. Comparison of the results of computer modeling and experimental studies of plug joints of precast reinforced concrete columns with floor slabs // *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2017. No. 7. P.41-46.
21. Vasiliev A.P., Matkov N.G., Mirmuminov M.M. Local compression at the joints of the columns of the frame of multi-storey buildings // *Beton i zhelezobeton*. 1977. No. 9. P. 30-32.
22. Abdrakhimova N.S., Mironova Yu.V., Shamsutdinova A.I. Experimental and theoretical studies of reinforced plug joints of reinforced concrete columns under the action of transverse force // *Izvestiya KGASU*. 2016. No. (37). P. 118-128.
23. Sokolov B.S., Troshkov E.O. Deformability of plug joints of precast reinforced concrete floor slabs with columns in the bearing system of UICSS // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2017. No. 3(62). P. 32-39.

Информация об авторах:

Люблинский Валерий Аркадьевич

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

E-mail: lva_55@mail.ru

Миронова Юлия Викторовна

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: yul.mironova2018@mail.ru

Information about authors:

Lyublinskiy Valery A.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,

candidate of technical sciences, professor, professor of the department of reinforced concrete and stone structures.

E-mail: lva_55@mail.ru

Mironova Juliya V.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia,

candidate of technical science, associated professor, associated professor of the department of reinforced concrete and stone structures.

E-mail: yul.mironova2018@mail.ru

Н.Н. ТРЕКИН¹, Д.Ю. САРКИСОВ², В.В. КРЫЛОВ¹, Е.Б. ЕВСТАФЬЕВА³, К.Р. АНДРЯН⁴

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

²ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск, Россия

³ООО «Научно-проектное бюро «Конструктивные решения»», г. Москва, Россия

⁴АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений – ЦНИИПромзданий», г. Москва, Россия

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ И ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Аннотация. Современные нормы проектирования развитых стран имеют существенные различия в расчетных положениях по определению несущей способности монолитных железобетонных плит на продавливание и не учитывают полностью особенности конструктивных решений и условий эксплуатации. Имеющиеся расчетные положения разработаны для статического режима нагружения конструкций. Напряженно-деформированное состояние плит на продавливание при динамической нагрузке в настоящее время мало изучено, и как следствие, отсутствуют методики определения несущей способности плит на продавливание при динамическом нагружении. В статье представлены результаты экспериментально-теоретических исследований несущей способности плит при статическом и динамическом нагружении. Описана методика экспериментальных исследований и конструкции опытных образцов, оборудование для проведения силовых испытаний, представлены результаты исследований на продавливание фрагментов сопряжения плоских железобетонных монолитных плит с колонной при динамическом и статическом нагружении. Представлено сравнение разрушающей нагрузки для образцов, испытанных при динамическом нагружении с разрушающей нагрузкой для образцов, испытанных на статическую нагрузку. Определены факторы, влияющие на прочность плит при продавливании при динамическом нагружении. Разработаны предложения по совершенствованию методики расчёта прочности плоских железобетонных плит при продавливании на статическую и динамическую нагрузку.

Ключевые слова: динамическая нагрузка, безбалочная плита, прочность на продавливание, метод конечных элементов.

N.N. TREKIN¹, D.Y. SARKISOV², V.V. KRYLOV¹, E.B. EVSTAFIEVA³, K.R. ANDRIAN⁴

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

²Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

³LLC «Scientific Design Bureau «Constructive Solutions», Moscow, Russia

⁴JSC «Central Research and Design and Experimental Institute of Industrial Buildings and Structures – TsNIIPromzdaniy», Moscow, Russia

STRENGTH OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE SLABS FOR PUNCHING UNDER STATIC AND DYNAMIC LOADING

Abstract. Modern design standards of developed countries have significant differences in the design provisions for determining the bearing capacity of monolithic reinforced concrete slabs for punching and do not fully take into account the features of design solutions and operating conditions. The available design positions are designed for the static loading mode of structures. The stress-strain state of plates for punching under dynamic load is currently little studied, and as a result, there are no methods for determining the bearing capacity of plates for punching under dynamic loading. The article

presents the results of experimental and theoretical studies of the bearing capacity of plates under static and dynamic loads. The methodology of experimental studies and the design of prototypes, equipment for conducting power tests are described, the results of studies on the penetration of fragments of the interface of flat reinforced concrete monolithic slabs with a column under dynamic and static loading are presented. A comparison of the destructive load for samples tested under dynamic loading with the destructive load for samples tested under static load is presented. The factors affecting the strength of the plates during punching under dynamic loading are determined. Proposals have been developed to improve the methodology for calculating the strength of flat reinforced concrete slabs when pushing through static and dynamic loads.

Keywords: *dynamic load, girderless plate, punching strength, finite element method.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Однокопылов Г.И., Саркисов Д.Ю. Оценка параметров разрушающей нагрузки при ударно-волновом нагружении для ответственных строительных конструкций сооружений нефтегазового комплекса // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 3. С. 89 – 95.
2. Однокопылов Г.И., Саркисов Д.Ю., Бугузов Е.А. Оценка степени живучести ответственных строительных конструкций при ударно-волновом нагружении // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 12. С. 122 – 135.
3. Трекин Н.Н., Крылов В.В. К вопросу о несущей способности железобетонных плит на продавливание при динамическом нагружении на объектах наземной космической инфраструктуры // Научный аспект. 2018. Т. 7. № 4. С. 771.
4. Клованич С.Ф., Шеховцов В.И. Продавливание железобетонных плит. «Натурный и численный эксперименты». Одесса: ОНМУ, 2011.
5. Бирбраер А.Н., Роледер А.Ю. Экстремальные воздействия на сооружения. 2009.
6. Крылов В.В. Проверка несущей способности монолитной железобетонной плиты на продавливание при действии динамической нагрузки // Научный аспект. 2019. Т. 3. № 3. С. 320 – 325.
7. Крылов В.В., Саркисов Д.Ю., Эргешов Э.Т., Евстафьева Е.Б. Программа экспериментальных исследований несущей способности безбалочных плит на продавливание при динамическом нагружении. Конструкция опытных образцов // Строительные материалы и изделия. 2020. Т. 3. № 3.
8. Патент на изобретение № 2726031. Стенд для испытания железобетонных элементов на продавливание при кратковременной динамической нагрузке.
9. Sarkisov D.Yu., Odnokopylov G.I., Krylov V.V., Annenkov A.O. Numerical and experimental studies of deflections of conventional and strengthened reinforced concrete bendable elements under short-term dynamic loading // INCAS BULLETIN. 2021. Vol. 13. Special Issue. https://bulletin.incas.ro/files/sarkisov_odnokopylov_krylov_all_vol_13_special_iss.pdf
10. Jun Yu, Li-zhong Luo, Qin Fang. Structure behavior of reinforced concrete beam-slab assemblies subjected to perimeter middle column removal scenario // Engineering Structures. 2020. Vol. 208. 110336. Pp. 1-19. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110336>
11. Alejandro Pérez Caldentey, Yolanda G. Diego, Freddy Ariñez Fernández, Anastasio P. Santos, Testing robustness: A full-scale experimental test on a two-storey reinforced concrete frame with solid slabs // Engineering Structures. 2021. Vol. 240, 112411. Pp. 1-17. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112411>
12. Jinjie Men, Liquan Xiong, Jiachen Wang, Guanlei Fan, Effect of different RC slab widths on the behavior of reinforced concrete column and steel beam-slab subassemblies // Engineering Structures. 2021. Vol. 229. 111639. Pp. 1-13. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111639>.
13. Mohamed Eladawy, Mohamed Hassan, Brahim Benmokrane, Emmanuel Ferrier, Lateral cyclic behavior of interior two-way concrete slab-column connections reinforced with GFRP bars // Engineering Structures. 2020. Vol. 209. 109978. Pp. 1-15. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109978>
14. Deifalla A. A mechanical model for concrete slabs subjected to combined punching shear and in-plane tensile forces // Engineering Structures. 2021. Vol. 231. 111787. Pp. 1-14. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111787>
15. Yu J.L., Wang Y.C. Modelling and design method for static resistance of a new connection between steel tubular column and flat concrete slab // Journal of Constructional Steel Research. 2020. Vol. 173. 106254. Pp. 1-16. ISSN 0143-974X. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106254>
16. Kumar V., Kartik K.V., Iqbal M.A. Experimental and numerical investigation of reinforced concrete slabs under blast loading // Engineering Structures. 2020. Vol. 206. 110125. Pp. 1-13. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.110125>.
17. Mao L., Barnett S.J., Tyas A., Warren J., Schleyer G.K., Zaini S.S. Response of small scale ultra high performance fibre reinforced concrete slabs to blast loading // Construction and Building Materials. 2015. Vol. 93. Pp. 822-830. ISSN 0950-0618. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.085>

18. Fernández Ruiz M., Mirzaei Y., Muttoni A. Post-Punching Behavior of Flat Slabs // *ACI Structural Journal*. USA, 2013. Vol. 110. Pp. 801-812. <https://www.researchgate.net/publication/283905342>
19. Melo G.S. «Behaviour of Reinforced Concrete Flat Slabs after Local Failure» PhD thesis, Polytechnic of Central London, London, UK, 1990. 214 p. <https://www.researchgate.net/publication/352157118>
20. More R.S., Sawant V.S. Analysis of Flat Slab. July 2015. Vol. 4. Issue 7. ISSN: 2319-7064. https://www.ijsr.net/get_abstract.php
21. Петров А.Н. Экспериментальные исследования бетона при нагружении сжатием и срезом // *Бетон и железобетон*. 1965. № 11. С. 34-37.

REFERENCES

1. Odnokopylov G.I., Sarkisov D.Yu. Ocenka parametrov razrushayushhej nagruzki pri udarno-volnovom nagruzhении dlya otvetstvenny`x stroitel`ny`x konstrukcij sooruzhenij neftegazovogo kompleksa // *Izvestiya Tomskogo politexnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2017. T. 328. No. 3. Pp. 89 – 95.
2. Odnokopylov G.I. Sarkisov D.Yu., Butuzov E.A. Ocenka stepeni zhivuchesti otvetstvenny`x stroitel`ny`x konstrukcij pri udarno-volnovom nagruzhении // *Izvestiya Tomskogo politexnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2018. T. 329. No. 12. Pp. 122 – 135.
3. Trekin N.N., Krylov V.V. K voprosu o nesushhej sposobnosti zhelezobetonny`x plit na prodavlivanie pri dinamicheskom nagruzhении na ob`ektax nazemnoj kosmicheskoy infrastruktury // *Nauchny`j aspekt*. 2018. T. 7. No. 4. Pp. 771.
4. Klovanych S.F., Shexovczov V.I. Prodavlivanie zhelezobetonny`x plit. *Naturny`j i chislenny`j e`ksperimenty*». Odessa: ONMU, 2011.
5. Birbraer A.N., Roleder A.Yu. E`kstremal`ny`e vozdeystviya na sooruzheniya. 2009.
6. Krylov V.V. Proverka nesushhej sposobnosti monolitnoj zhelezobetonnoj plity` na prodavlivanie pri dejstvii dinamicheskoy nagruzki // *Nauchny`j aspekt*. 2019. T. 3. No. 3. Pp. 320 – 325.
7. Krylov V.V., Sarkisov D.Yu., E`rgeshov E.T., Evstaf`eva E.B. Programma e`ksperimental`ny`x issledovanij nesushhej sposobnosti bezbalochny`x plit na prodavlivanie pri dinamicheskom nagruzhении. *Konstrukciya opy`tny`x obrazczov // Stroitel`ny`e materialy` i izdeliya*. 2020. T. 3. No. 3.
8. Patent na izobretenie № 2726031. Stend dlya ispy`taniya zhelezobetonny`x e`lementov na prodavlivanie pri kratkovremennoj dinamicheskoj nagruzke.
9. Sarkisov D.Yu. , Odnokopylov G.I., Krylov V.V., Annenkov A.O. Numerical and experimental studies of deflections of conventional and strengthened reinforced concrete bendable elements under short-term dynamic loading // *INCAS BULLETIN*. 2021. Vol. 13. Special Issue. https://bulletin.incas.ro/files/sarkisov_odnokopylov_krylov_all_vol_13_special_iss.pdf
10. Jun Yu, Li-zhong Luo, Qin Fang. Structure behavior of reinforced concrete beam-slab assemblies subjected to perimeter middle column removal scenario // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 208. 110336. Pp. 1-19. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110336>
11. Alejandro Pérez Caldentey, Yolanda G. Diego, Freddy Ariñez Fernández, Anastasio P. Santos, Testing robustness: A full-scale experimental test on a two-storey reinforced concrete frame with solid slabs // *Engineering Structures*. 2021. Vol. 240, 112411. Pp. 1-17. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112411>
12. Jinjie Men, Liquan Xiong, Jiachen Wang, Guanlei Fan, Effect of different RC slab widths on the behavior of reinforced concrete column and steel beam-slab subassemblies // *Engineering Structures*. 2021. Vol. 229. 111639. Pp. 1-13. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111639>.
13. Mohamed Eladawy, Mohamed Hassan, Brahim Benmokrane, Emmanuel Ferrier, Lateral cyclic behavior of interior two-way concrete slab-column connections reinforced with GFRP bars // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 209. 109978. Pp. 1-15. ISSN 0141-0296, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109978>
14. Deifalla A. A mechanical model for concrete slabs subjected to combined punching shear and in-plane tensile forces // *Engineering Structures*. 2021. Vol. 231. 111787. Pp. 1-14. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111787>
15. Yu J.L., Wang Y.C. Modelling and design method for static resistance of a new connection between steel tubular column and flat concrete slab // *Journal of Constructional Steel Research*. 2020. Vol. 173. 106254. Pp. 1-16. ISSN 0143-974X. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106254>
16. Kumar V., Kartik K.V., Iqbal M.A. Experimental and numerical investigation of reinforced concrete slabs under blast loading // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 206. 110125. Pp. 1-13. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.110125>.
17. Mao L., Barnett S.J., Tyas A., Warren J., Schleyer G.K., Zaini S.S. Response of small scale ultra high performance fibre reinforced concrete slabs to blast loading // *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 93. Pp. 822-830. ISSN 0950-0618. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.085>
18. Fernández Ruiz M., Mirzaei Y., Muttoni A. Post-Punching Behavior of Flat Slabs // *ACI Structural Journal*. USA, 2013. Vol. 110. Pp. 801-812. <https://www.researchgate.net/publication/283905342>
19. Melo G.S. «Behaviour of Reinforced Concrete Flat Slabs after Local Failure» PhD thesis, Polytechnic of Central London, London, UK, 1990. 214 p. <https://www.researchgate.net/publication/352157118>

20. More R.S., Sawant V.S. Analysis of Flat Slab. July 2015. Vol. 4. Issue 7. ISSN: 2319-7064. https://www.ijsr.net/get_abstract.php

21. Petrov A.N. Eksperimental'ny'e issledovaniya betona pri nagruzhении szhatiem i srezom // Beton i zhelezobeton. 1965. No. 11. Pp. 34-37.

Информация об авторах:

Трекин Николай Николаевич

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

доктор технических наук, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: nik-trekin@yandex.ru

Саркисов Дмитрий Юрьевич

ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: Milandd@yandex.ru

Крылов Владимир Владимирович

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

аспирант.

E-mail: albet-group@yandex.ru

Евстафьева Елизавета Борисовна

ООО «Научно-проектное бюро «Конструктивные решения»», г. Москва, Россия
начальник отдела научного сопровождения.

E-mail: npb-kr@yandex.ru

Андрян Константин Рашидович

АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений – ЦНИИПромзданий», г. Москва, Россия,
инженер.

E-mail: andryankr@mail.ru

Information about authors:

Trekin Nikolai N.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
doctor of technical sciences, professor of the department of Reinforced Concrete and Stone Structure.

E-mail: nik-trekin@yandex.ru

Sarkisov Dmitry Yu.

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor of the department of Reinforced Concrete and Stone Structure

E-mail: Milandd@yandex.ru

Krylov Vladimir V.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
graduate student.

E-mail: albet-group@yandex.ru

Yvstafieva Elizaveta B.

LLC «Scientific Design Bureau «Constructive Solutions», Moscow, Russia,
head of Scientific and Technical Support Department.

E-mail: ipevstafeva@yandex.ru

Andrian Konstantin R.

JSC «Central Research and Design and Experimental Institute of Industrial Buildings and Structures – TsNIIPromzdaniy», Moscow, Russia,
engineer.

E-mail: andryankr@mail.ru

О.Ю. БЛАТОВА¹

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

ПАМЯТНИКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ: ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ

***Аннотация.** Статья посвящена актуализации вопросов, связанных с проблемой сохранения объектов культурного наследия федерального значения, расположенных на территории Алтайского края. Проведенный краткий анализ памятников позволяет соединить воедино и представить ключевые проблемы, связанные с физическим состоянием объектов и изменениями их исторического облика, которые оказывают влияние на культурно-исторический ландшафт города и восприятие памятников. Введенные в научный оборот результаты собранного материала и анализ памятников позволяют расширить представление об этапах развития и актуальной сохранности объектов культурного наследия региона. Алтайский край ценен не только своими природно-климатическими условиями, но и историей развития региона, которая напрямую связана с культурным центром Российской империи, Санкт-Петербургом. Уникальные объекты культуры являются прямым подтверждением связи удаленной провинции со столицей, их малочисленность и стремительно разрушающийся культурный ландшафт актуализирует вопросы сохранности объектов в историко-градостроительной среде, и в дальнейшем позволит подойти как можно ближе к решению вопросов комфортной застройки городов, сохраняя при этом их аутентичность.*

***Ключевые слова:** федеральное значение, памятник архитектуры, утраты, стиль, фасад, Алтайский край.*

O.Yu. BLATOVA¹

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

MONUMENTS OF FEDERAL SIGNIFICANCE ON THE TERRITORY OF ALTAI KRAI: CONSERVATION PROBLEMS

***Abstract.** The article is devoted to the actualization of issues related to the problem of preserving objects of cultural heritage of federal significance located on the territory of the Altai Territory. The brief analysis of the monuments allows us to bring together and present the key problems associated with the physical state of objects and changes in their historical appearance, which affect the cultural and historical landscape of the city and the perception of monuments. The results of the collected material and the analysis of monuments introduced into scientific circulation will expand the understanding of the stages of development and the current preservation of cultural heritage sites in the region. The Altai Territory is valuable not only for its natural and climatic conditions, but also for the history of the development of the region, which is directly connected with the cultural center of the Russian Empire, St. Petersburg. Unique cultural objects are a direct confirmation of the connection of a remote province with the capital, their small number and rapidly deteriorating cultural landscape actualizes the issues of preservation of objects in the historical and urban environment, and in the future will allow you to come as close as possible to solving the issues of comfortable urban development, while maintaining their authenticity.*

***Keywords:** federal significance, architectural monument, loss, style, facade, Altai Territory.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баландин С.Н. Архитектура Барнаула. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1974. 108 с.
2. Баландин С.Н. Здания первой и второй сереброплавильных «фабрик» старого Барнаульского завода // Памятники истории и архитектуры Сибири / Академия наук СССР, Сибирское отделение, Институт истории, филологии и философии; отв. ред.: О.Н. Вилков, А.С. Московский. Новосибирск: Наука, 1986. С. 87–98.
3. Барнаул: Энциклопедия / под ред. В. А. Скубневского. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2000. 407 с.
4. Бойко В.П., Ситникова Е.В. Архитектура городов Томской губернии и сибирское купечество (XVII – начало XX века). Томск: Томск. гос. архит.-строит. ун-т, 2011. 480 с.
5. Долнаков А.П. Архитектурное наследие Барнаула и проблема его сохранения // Труды / Алтайский политехнический институт им. И. И. Ползунова. Вып. 52: Строительные конструкции. Барнаул, 1975. С. 41–49.
6. Долнаков А.П., Долнакова Е.А., Зотева Л.А., Степанская Т.М. Памятники архитектуры Барнаула. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1982. 160 с.
7. История Барнаула: учебное пособие для средней школы / А.В. Старцев, М.О. Тяпкин, О.А. Тяпкина. Барнаул: Алт. полиграф. комбинат, 2000. 326 с.
8. Конищева О.Ю. Народный дом в г. Барнауле – памятник архитектуры и культуры начала XX в. // Баландинские чтения: сборник статей научных чтений памяти С.Н. Баландина. Новосибирск: Новосиб. Гос. архит.-худ. акад., 2015. Т. X. Ч. 1. С. 230–237.
9. Конищева О.Ю. Общественная деятельность гражданского инженера И.Ф. Носовича в первой трети XX в. в Западной Сибири // Мир науки, культуры, образования. 2010. № 5. С. 166–170.
10. Конищева О.Ю. Строительная и надзорная деятельность гражданского инженера И.Ф. Носовича в поселке Новониколаевском и городе Новониколаевске (Новосибирске) // Баландинские чтения: сборник статей научных чтений памяти С.Н. Баландина. Новосибирск: Новосиб. Гос. архит.-худ. акад., 2014. Т. IX. Ч. 1. С. 124–126.
11. Петракова Л.Д. Проблемы сохранения интерьеров памятников архитектуры Барнаула // Мир науки, культуры, образования. 2019. № 3. С. 26–28.
12. Скубневский В.А., Гончаров Ю.М. Города Западной Сибири во второй половине XIX – начале XX в. Барнаул: Азбука, 2004. 160 с.
13. Скубневский В.А. Народный дом – центр культуры и общественной жизни дореволюционного Барнаула // Известия Алтайского государственного университета. 2012. Т. 2. № 4. С. 191–193.
14. Скубневский В.А., Степанская Т.М. Барнаульский металлургический завод – памятник истории и архитектуры // Памятники истории и культуры Барнаула. Барнаул, 1983. С. 30–39.
15. Скубневский В.А. Уголок Петербурга // История Петербурга. 2004. № 6. С. 33–38.
16. Степанская Т.М. Архитектура Алтая XVIII–XX вв. Барнаул: А.Р.Т., 2006. 300 с.
17. Усанова А.Л. Художественное пространство Барнаула: диалектика столичной и провинциальной культуры // Вестник славянских культур. 2019. Т. 51. С. 277–288.

REFERENCES

1. Balandin S.N. Architecture of Barnaul. Barnaul, 1974. 108 p. (rus)
2. Balandin S.N. Buildings of the first and second silver-smelting «factories» of the old Barnaul plant. In: Monuments of history and architecture of Siber. Novosibirsk: Nauka, 1986. Pp. 87–98. (rus)
3. Barnaul: Encyclopedia / edited by V. A. Skubnevsky. Barnaul: Publishing house of Alt. State University, 2000. 407 p.
4. Bojko V.P., Sitnikova E.V. The architecture of the cities of the Tomsk province and the Siberian merchants (XVII – the beginning of the XX century). Tomsk: Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering Publ., 2011. 480 p. (rus)
5. Dolnakov A.P. The architectural heritage of Barnaul and the problem of its preservation. In: Scientific works of Polzunov Altai State Technical University, 1975. Is. 52. Pp. 41–49. (rus)
6. Dolnakov A.P., Dolnakova E.A., Zoteeva L.A., Stepanskaja T.M. Architectural monuments of Barnaul. Barnaul: AltaibookPubl, 1982. 160 p. (rus)
7. The history of Barnaul: a textbook for secondary school / A.V. Startsev, M.O. Tyapkin, O.A. Tyapkina. Barnaul: Alt. polygraph. combine, 2000. 326 p.
8. Konysheva O.Ju. The People's House in Barnaul is a monument of architecture and culture of the early 20th century. In: Balandinsky readings. Novosibirsk, 2015. Vol. 10. Part 1. Pp. 230–237. (rus)
9. Konysheva O.Ju. Public activities of civil engineer I.F. Nosovich in the first third of the 20th century in Western Siberia. In: The world of science, culture, education. 2010. No. 5. Pp. 166–170. (rus)
10. Konysheva O.Ju. Construction and supervisory activities of civil engineer I.F. Nosovich in the village of Novonikolaevsky and the city of Novonikolaevsk (Novosibirsk). In: Balandinsky readings. Novosibirsk, 2014. Vol. 9. Part 1. Pp. 124–126 (rus)

11. Petrakova L.D. Problems of preservation of the interiors of architectural monuments of Barnaul. In: The world of science, culture, education. 2019. No. 3. Pp. 26–28. (rus)
12. Skubnevskij V.A., Goncharov Ju.M. (2004) Cities of Western Siberia in the second half of the 19th – early 20th centuries. Barnaul: Azbuka, 2004. 160 p. (rus)
13. Skubnevskij V.A. The People's House – the center of culture and social life of pre-revolutionary Barnaul. In: News of the Altai State University. 2012. Vol. 2. No. 4. Pp. 191–193. (rus)
14. Skubnevskij V.A., Stepanskaja T.M. Barnaul Metallurgical Plant a monument of history and architecture. In: Monuments of history and culture of Barnaul. Barnaul, 1983. Pp. 30–39. (rus)
15. Skubnevskij V.A. Petersburg nook // In: History of St. Petersburg. 2004. No. 6. Pp. 33–38. (rus)
16. Stepanskaja T.M. Architecture of Altai XVIII–XX centuries. Barnaul, 2006. A.P.T. 300 p. (rus)
17. Usanova A.L. The Artistic Space of Barnaul: Dialectics of Metropolitan and Provincial Culture // Bulletin of Slavic Cultures. 2019. Vol. 51. Pp. 277–288. (rus)

Информация об авторе:

Блатова Ольга Юрьевна

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Новосибирск, Россия,
кандидат искусствоведения, доцент кафедры Архитектуры и реставрации городской среды.
E-mail: 9059849359@mail.ru

Information about author:

Blatova Olga Yu.

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russia,
candidate of art history, associate professor of the department of Architecture and Restoration of the Urban Environment.
E-mail: 9059849359@mail.ru

Б.И. ГИЯСОВ¹, Б.М. ГУРОВИЧ²

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

²Акционерное общество «МОНОЛИТ», г. Москва, Россия

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРЫ И ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ СОВРЕМЕННОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ЭКОЛОГИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

***Аннотация.** Современные города, как урбанизированная территория, являются высокотехнологической средой, где горожане ведут активный образ жизни и хозяйственную деятельность. В результате роста численности городского населения, появляется необходимость развития городской территории: совершенствуются городские пространственные объекты, растет количество жилых и общественных зданий, развиваются транспортные сети и инженерная инфраструктура. Вследствие этого, увеличивается плотность городской застройки и растет интенсивность транспортных потоков. Такие стремительные изменения городского пространства серьезно влияют на экологию окружающей среды. Кроме того антропогенные факторы, возникающие в результате активной хозяйственной деятельности горожан, создают дополнительную нагрузку на экологию городской среды. В связи с этим, вопрос формирования экологии в современных городах приобретает все большую актуальность. Представленная статья посвящена анализу факторов влияющих на экологическое состояние современных мегаполисов. Выявленные в процессе исследований причины нарушения аэрации городской среды, могут учитываться при градостроительном планировании. Регулирование воздушных потоков термического происхождения, возникающие в дворовых пространствах, способствует циркуляции воздуха в замкнутых дворовых пространствах, что улучшит экологическое состояние воздушной среды.*

***Ключевые слова:** экология, городская среда, конвективные потоки, энергопотребление, загрязняющие вещества, плотная застройка, транспортная инфраструктура.*

B.I. GIYASOV¹, B.M. GUROVICH²

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

²Joint Stock Company «MONOLIT», Moscow region, Mytishchi, Russia

INFLUENCE OF ARCHITECTURE AND PLANNING STRUCTURE MODERN URBAN DEVELOPMENT FOR ECOLOGY ENVIRONMENT

***Abstract.** The modern urban environment, as an urbanized area, is a high-tech environment where citizens lead an active lifestyle and economic activity. As a result of the growth of the urban population, there is a need to develop the urban territory: urban spatial objects are being improved, the number of residential and public buildings is growing, transport networks and engineering infrastructure are developing. As a result, the density of urban development increases and the intensity of traffic flows increases. Such rapid changes in urban space seriously affect the ecology of the environment. In addition, anthropogenic factors resulting from the active economic activity of citizens create an additional burden on the ecology of the urban environment. In this regard, the issue of the formation of ecology in modern cities is becoming increasingly important. The presented article is devoted to the analysis of factors affecting the ecological state of modern megacities. Causes of violation of aeration of the urban environment, revealed in the process of research, can be taken into account in urban planning. The regulation of air flows of thermal origin, arising in the yard spaces, promotes air circulation in closed yard spaces, which will improve the ecological state of the air environment.*

Keywords: *ekologiya, gorodskaya sreda, konvektivnyye potoki, energopotrebleniye, zagryaznyayushchiye veshchestva, plotnaya zastroyka, transportnaya infrastruktura.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скобелева Е.А., Абрамов А.В., Пилипенко О.В., Пчеленок О.А., Родичева М.В. Прогнозирование динамики воздушной среды в городской застройке // Строительство и реконструкция. 2019. № 1(81). С. 106-114.
2. Пряхин В.Н., Большеротов А.Л., Рязанова Н.Е. Экологические проблемы плотно застроенных урбанизированных территорий // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 3. С. 72-76.
3. Чекмарева О.В. Использование модели улицы промышленного города для управления пылегазовыми выбросами от автомобильного транспорта в атмосферу (на примере г. Оренбурга) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2005. С. 235-238.
4. Кашинцева В.Л., Леонова Д.А., Гиясов Т.Б. Роль конвективных потоков в экологии воздушного бассейна города // Бюллетень строительной техники. 2018. № 12. С. 27-30.
5. Jason A. Byrne, Donna Houston. Urban Ecology. International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition). 2020. Pp. 47-58. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10760-7>
6. Шойхет Б.М. Концепция энергоэффективного здания // Энергосбережение. 2007. № 7. С. 62-66.
7. Самарин О.Д. Нормирование энергопотребления здания с учетом теплопотуплений от солнечной радиации // Жилищное строительство. 2013. № 1. С. 32 - 33.
8. Табунщиков Ю.А., Бродяч М.М., Шилкин Н.В. // Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 199 с.
9. Столяр А.С., Панчук Н.Н. Проектирование энергоэффективных зданий // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции. ФАД ТОГУ, 2019. Т. 2. С. 239-243.
10. Перехоженцев А.Г., Войтович Е.В. О качестве нормирования теплозащиты зданий // Строительство и реконструкция. 2019. № 3(83). С. 100 – 111.
11. Giyasov V.I., Semenov V.S., Giyasova I.V. Optimization of thermal stability of structural elements of high-rise buildings to increase their energy efficiency. MATEC Web of Conferences 196, 04084 (2018).
12. Малявина Е.Г. Расчет воздушного режима многоэтажных зданий с различной температурой воздуха в помещениях. АВОК, 2008. № 2. С. 40-44.
13. Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Аэродинамика высотных зданий. АВОК, 2004. № 8. С. 14-23.
14. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения. М.: Стройиздат, 1984. 360 с.
15. ASHRAE Handbook. Fundamentals. SIEdition, 1997. 65 p.
16. Andrea Patricia Cuesta-Mosquera, Matthew Wahl, Jansen Gabriel Acosta-López, José Agustín García-Reynoso, Beatriz Helena Aristizábal-Zuluaga. Mixing layer height and slope wind oscillation: Factors that control ambient air SO₂ in a tropical mountain city // Sustainable Cities and Society. January 2020. Vol. 52. Article 101852.
17. Bin Cheng, Chzhunkhua Gou, Fan' Chzhan, Cyushuan Fehn, Czyfehnh Khuan. Thermal comfort in urban mountain parks in the hot summer and cold winter climate // Sustainable Cities and Society. November 2019. Vol. 51. Article 101756.
18. Сахарова А.А., Азаров В.Н. Исследование аэродинамических и физико-химических характеристик пыли опои, применяемых в строительстве // Строительство и реконструкция. 2019. № 2 (82). С. 106-115.
19. Ким Д.А., Гиясов Т.Б. Влияние объемно-планировочного решения здания на показатели энергоэффективности // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5490.
20. Гныря А.И., Коробков С.В., Кошин А.А., Терехов В.И. Моделирование ветровых нагрузок при обтекании воздушным потоком системы моделей зданий при вариации их расположения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 4. С. 65–73.
21. Shady Attia, Theo Lacombe, Heri Tiana Rakotondramiarana, Francois Garde. Analysis tool for bioclimatic design strategies in hot humid climates // Sustainable Cities and Society. February 2019. Vol. 45. Pp. 8-24.
22. Jari Niemelä. Ecology of urban green spaces: The way forward in answering major research questions // Landscape and Urban Planning May 2014. Vol. 125. Pp. 298-303.
23. Гиясов Б.И., Гиясов Р.Б. Роль современной застройки в формировании экологии города Санкт-Петербурга // Инженерный вестник Дона. 2022. № 1. www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2022/7395.

REFERENCES

1. Skobeleva E.A., Abramov A.V., Pilipenko O.V., Pchelenok O.A., Rodicheva M.V. Prognozirovaniye dinamiki vozduшной sredy` v gorodskoj zastroyke. [Forecasting the dynamics of the air environment in urban areas] Stroitelstvo i rekonstrukciya. 2019. No. 1(81). Pp. 106-114 (rus).

2. Priakhin V.N., Bolsherotov A.L., Riazanova N.E. *Ekologicheskie problemy plotno zastroyennykh urbanizirovannykh territorii. [Ecological problems of densely built-up urban areas] Vestnik RUDN, seriia Ekologiya i bezopasnost zhiznedeiatelnosti. 2009. No. 3. Pp. 72-76. (rus).*
3. Chekmareva O.V. *Ispol'zovanie modeli ulicy promy'shlennogo goroda dlya upravleniya py'legazovy'mi vy'brosami ot avtomobil'nogo transporta v atmosferu (na primere g.Orenburga) [The use of a street model of an industrial city to control dust and gas emissions from motor transport into the atmosphere (on the example of Orenburg)] . Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Samara : Izdatel'stvo Samarskogo nauchnogo centra RAN, 2005. Pp. 235-238. (rus).*
4. Kashinceva V.L., Leonova D.A., Giyasov T.B. *Rol' konvektivny'x potokov v e'kologii vozdušnogo bassejna goroda. [The role of convective flows in the ecology of the air basin of the city] Byulleten' stroitel'noj tekhniki. 2018. No. 12. Pp. 27-30 (rus).*
5. Jason A. Byrne, Donna Houston. *Urban Ecology. International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition). 2020. Pp. 47-58. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10760-7>*
6. Shojhet B.M. *Koncepciya ehnergoehffektivnogo zdaniya. [The concept of an energy efficient building] Ehnergoberezenie. 2007. No. 7. Pp.62-66. (rus).*
7. Samarin O.D. *Normirovanie ehnergotrebleniya zdaniya s uchetom teplopostuplenij ot solnechnoj radiacii. [Normirovanie ehnergotrebleniya zdaniya s uchetom teplopostuplenij ot solnechnoj radiacii] Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2013. No. 1. Pp. 32 – 33. (rus).*
8. Tabunshchikov YU.A., Brodach M.M., Shilkin N.V. *Ehnergoehffektivnye zdaniya. [Energy efficient buildings]. M.: AVOK-PRESS, 2003. 199 p. (rus).*
9. Stolyar A.S., Panchuk N.N. *Proektirovanie ehnergoehffektivnykh zdaniy. [Design of energy efficient buildings] Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii FAD TOGU, 2019. T. 2. Pp. 239-243. (rus).*
10. Perexozhencev A.G., Vojtovich E.V. *O kachestve normirovaniya teplozashhity' zdaniy [On the quality of regulation of thermal protection of buildings] Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2019. No. 3(83). Pp. 100 – 111. (rus).*
11. Giyasov B.I., Semenov V.S., Giyasova I.V. *Optimization of thermal stability of structural elements of high-rise buildings to increase their energy efficiency. MATEC Web of Conferences 196, 04084 (2018). (rus).*
12. Malyavina E.G. *Raschet vozdušnogo rezhima mnogoetaznykh zdaniy s razlichnoj tempera-turoj vozdukh v pomeshcheniyakh [Calculation of the air regime of multi-storey buildings with different air temperatures in the premises]. AVOK, 2008. No. 2. Pp. 40-44. (rus).*
13. Tabunshchikov Yu.A., Shilkin N.V. *Ae'rodinamika vy'sotny'x zdaniy [Aerodynamics of high-rise buildings]. AVOK, 2004. No. 8. Pp. 14–23. (rus).*
14. Simiu E.H., Skanlan R. *Vozdejstvie vetra na zdaniya i sooruzheniya. [The impact of wind on buildings and structures]. M.: Strojizdat, 1984. 360 p. (rus).*
15. ASHRAE Handbook. Fundamentals. SI Edition, 1997. 65 p.
16. Andrea Patricia Cuesta-Mosquera, Matthew Wahl, Jansen Gabriel Acosta-López, José Agustín García-Reynoso, Beatriz Helena Aristizábal-Zuluaga. *Mixing layer height and slope wind oscillation: Factors that control ambient air SO₂ in a tropical mountain city // Sustainable Cities and Society. January 2020. Vol. 52. Article 101852.*
17. Bin Cheng, Chzhunkhua Gou, Fan' Chzhan, Cyushuan Fehn, Czyfehn Khuan, *Thermal comfort in urban mountain parks in the hot summer and cold winter climate // Sustainable Cities and Society. November 2019. Vol. 51. Article 101756.*
18. Saxarova A.A., Azarov V.N. *Issledovanie ae'rodinamicheskix i fiziko-ximicheskix xa-rakteristik py'li opoki, primenyaemy'x v stroitel'stve [Study of the aerodynamic and physico-chemical characteristics of flask dust used in construction] Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2019. No. (82). Pp. 106-115. (rus).*
19. Kim D.A., Giyasov T.B. *Vliyanie ob'emno-planirovochnogo resheniya zdaniya na pokazateli ehnergoehffektivnosti [Influence of the space-planning decision of the building on energy efficiency indicators] Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. No. 1. www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5490. (rus).*
20. Gny'rya A.I., Korobkov S.V., Koshin A.A., Terexov V.I. *Modelirovanie vetrovy'x nagru-zok pri obtekanii vozdušnny'm potokom sistemy' modelej zdaniy pri variacii ix raspolozheniya [Modeling of wind loads during airflow around a system of building models with a variation in their location] Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arxitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2018. No. 4. Pp. 65–73. (rus).*
21. Shady Attia, Theo Lacombe, Heri Tiana Rakotondramiarana, Francois Garde. *Analysis tool for bioclimatic design strategies in hot humid climates // Sustainable Cities and Society. February 2019. Vol. 45. Pp. 8-24.*
22. Jari Niemelä. *Ecology of urban green spaces: The way forward in answering major research questions. Landscape and Urban Planning. May 2014. Vol. 125. Pp. 298-303.*
23. Giyasov B.I., Giyasov R.B. *Rol' sovremennoj zastrojki v formirovanii ehkologii goroda Sankt-Peterburga [The role of modern buildings in shaping the ecology of the city of St. Petersburg] Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. No. 1. www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2022/7395. (rus).*

Информация об авторах:

Гиясов Ботир Иминжонович

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

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры архитектурно-строительного проектирования.

E-mail: giyasovbi@mgsu.ru

Гурович Борис Маркович

АО «МОНОЛИТ», Московская область, г. Мытищи, Россия,

генеральный директор.

E-mail: priem@gk-monolit.ru

Information about authors:

Giyasov Botir Im.

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

candidate in technical sciences, docent, associate professor of the department of Architectural and Construction Design.

E-mail: giyasovbi@mgsu.ru

Gurovich Boris M.

Joint Stock Company «MONOLIT», Moscow region, Mytishchi, Russia,

general director.

E-mail: priem@gk-monolit.ru

С.Г. ШЕЙНА¹, А.А. ФЕДОРОВСКАЯ¹, К.В. ЧУБАРОВА¹,
А.А. ПОМЕЛЬНИКОВ¹, Н.П. УМНЯКОВА^{2,3}

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

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

³ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия

СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЛАНДШАФТА СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ СУБЪЕКТА РФ (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

***Аннотация.** Данная работа посвящена вопросам комплексного развития сельских территорий. Рассмотрены преимущества системного подхода для реализации целей основных политик парадигмы устойчивого развития и возможность использования геоинформационных технологий в качестве инструмента многоаспектного анализа сельских территорий. Оценка экологического потенциала ландшафтов осложнена ввиду многообразия критериев анализа территории и отсутствия для них общей единицы измерения. Методика комплексной оценки территории позволяет интегрировать разнородную информацию о состоянии экологического потенциала ландшафта и территорий сельских поселений субъекта РФ. Особое внимание уделено состоянию экологии, как одному из важнейших критериев качества среды.*

Предложена двухэтапная методика мониторинга развития сельских поселений, позволяющая оценить территорию на федеральном и локальном уровнях по совокупности показателей, отражающих основные аспекты социально-экономических процессов. Для мест компактного проживания населения отдельное внимание уделяется оценке качества среды по трем группам факторов, учитывающим экологическую комфортность, комфортность перемещений и прочие показатели, характеризующие качество среды с точки зрения индивидуальных потребностей жителей территории. В экспериментальной части статьи представлены электронные карты, построенные в среде ESRI ArcGIS по оценочным факторам первого уровня для Ростовской области.

***Ключевые слова:** комплексная оценка, сельские территории, экологический комфорт, многофакторный анализ, геоинформационные технологии, качество среды, комплексное развитие сельских территорий.*

S.G. SHEINA¹, A.A. FEDOROVSKAYA¹, K.V. CHUBAROVA¹,
A.A. POMELNIKOV¹, N.P. UMNIAKOVA^{2,3}

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

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

³National Research Moscow University of Civil Engineering, Moscow, Russia

GEOINFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT TO SUPPORT THE RURAL SETTLEMENTS ECOLOGICAL LANDSCAPE SUSTAINABILITY FOR THE SUBJECT OF THE RUSSIAN FEDERATION (ON THE ROSTOV REGION EXAMPLE)

***Abstract.** This work is devoted to the issues of integrated development of rural areas. The advantages of a systematic approach to the main policies of the sustainable development paradigm*

© Шеина С.Г., Федоровская А.А., Чубарова К.В., Помельников А.А., Умнякова Н.П., 2022

goals implementation and the possibility of using geoinformation technologies as a tool for multidimensional analysis of rural areas are considered. The assessment of the landscape ecological potential is complicated due to the variety of criteria for analyzing the territory and the lack of a common unit of measurement. The methodology of a comprehensive assessment of the territory allows integrating diverse information about the of rural settlements territories ecological potential. Special attention is paid to the state of ecology as one of the most important criteria for environmental quality.

A two-stage methodology for monitoring the development of rural settlements is proposed, which allows assessing the territory at the federal and local levels according to a set of indicators reflecting the main aspects of socio-economic processes. For places where the population lives compactly, special attention is paid to assessing the quality of the environment according to three groups of factors that take into account environmental comfort, comfort of movement and other indicators that characterize the quality of the environment in terms of the individual needs of residents. The experimental part of the article presents electronic maps built in the ESRI ArcGIS and based on first-level evaluation factors for the Rostov region.

Keywords: comprehensive assessment, rural areas, ecological comfort, multifactorial analysis, geoinformation technologies, environmental quality, integrated rural development.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобылев С.Н. Устойчивое развитие: парадигма для будущего // *Мировая экономика и международные отношения*. 2017. № 61. С. 107-113.
2. Shamin A.E., Proskura D.V., Denisova N.V. [et al.] Rural Territories of Russia: Realities and Prospects // *Advances in Digital Science: ICADS 2021: International Conference on Advances in Digital Science*. Cham: Springer, 2021. Pp. 11-20. doi:10.1007/978-3-030-71782-7_2.
3. Harbiankova E.V., Shcherbina E.V. Evaluation model for sustainable development of settlement system // *Sustainability*. 2021. No. 13(21): 11778. doi:doi.org/10.3390/su132111778
4. Цветцых А.В., Шевцова Н.В. Устойчивое развитие сельских территорий: сбалансированная система показателей // *Азимут научных исследований: экономика и управление*. 2020. № 9. С. 366-369.
5. Avdeeva T.T., Lavrova T.G., Urmanov D.V. Rural territories in spatial development of a region // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 1100 AISC. Pp. 814-828. doi:10.1007/978-3-030-39319-9_90.
6. Матусевич И.Р., Гарипова Г.Р. Оптимизация сельских поселений как инструмент устойчивого развития территорий // *Молодежь и XXI век – 2020: материалы X Международной молодежной научной конференции*. 2020. С. 342-345.
7. Ускова Т.В., Ворошилов Н.В. Комплексное развитие сельских территорий - задача государственной важности // *Проблемы развития территории*. 2019. № 6(104). С. 7-20. doi:10.15838/ptd.2019.6.104.1
8. Siksnyte I., Zavadskas E.K., Streimikiene D., Sharma D. An overview of multi-criteria decision-making methods in dealing with sustainable energy development issues. *Energies*. 2018. No. 11(10): 2754. doi:doi.org/10.3390/en11102754.
9. Шеина С.Г., Хамавова А.А., Сердюкова А.А. Разработка методики планирования сельских территорий в рамках развития аграрнопромышленного комплекса ростовской области // *Недвижимость: экономика, управление*. 2018. № 1. С. 41-46.
10. Перькова М.В., Большаков А.Г. Теоретическая модель развития региональной системы расселения // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2017. № 1. С. 105-111. doi:10.12737/240931.
11. Yurkova M.S., Firsov A.I., Trofimova V.I., Ermakova G.A. Modern Methods of Ensuring Sustainable Development of Rural Territories at the Regional Level // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International Science and Technology Conference "EarthScience"*, Russky Island. Russky Island: Institute of Physics Publishing, 2020. 062015. doi:10.1088/1755-1315/459/6/062015.
12. Усманов Р.Н., Кучкоров Т.А., Сеитназаров К.К. Комплексное исследование и оценка состояния экологически напряжённых территорий в условиях разнородной информации // *Big Data and Advanced Analytics*. 2019. № 5. С. 132-142.
13. Shcherbina E.V., Gorbenkova E.V. Cluster approach in rural settlement development // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019"*. 2020. С. 032086. doi:10.1088/1757-899X/753/3/032086
14. Забалуева А.И., Конн В.Ю. Обеспечение экологической безопасности сельских территорий как критерий их устойчивого развития // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 4 (47). С. 203-215.

15. Abkharima M.H., Perkova M. V., Al-Jaberi A.A.H. World Experience in the Use of GIS Technologies in Solving Problems of Sustainable Development of the City // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. No. 753(3): 32045. doi:10.1088/1757-899X/753/3/032045
16. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Принципы стратегического планирования развития территорий (на примере федеральной земли Бавария) // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 2(125). С.158-168. doi:10.22227/1997-0935.2019.2.158-168.
17. Pupentsova S., Alekseeva N., Stroganova O. Foreign and Domestic Experience in Environmental Planning and Territory Management // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. No. 753: 032026. doi:10.1088/1757-899X/753/3/032026
18. Киевский Л.В. Интеграция знаний в целях градостроительного развития // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 11. С. 4-30. doi:10.33622/0869-7019.2020.11.04-30.
19. Sheina S.G., Fedorovskaya A.A., Yudina K.V. "Smart City": Comfortable Living Environment // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2018. No. 463: 032095. doi:10.1088/1757-899X/463/3/032095
20. Zilberova I., Mailyan V. Innovative ways of implementing municipal programs in the housing and utilities sector and urban environment // E3S Web of Conferences. 2019. No. 135: 04017. doi:10.1051/e3sconf/201913504017

REFERENCES

1. Bobylev S.N. Sustainable development: a paradigm for the future // *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*. 2017. No. 61. Pp. 107-113.
2. Shamin A.E., Proskura D.V., Denisova N.V. [et al.] Rural Territories of Russia: Realities and Prospects // *Advances in Digital Science: ICADS 2021: International Conference on Advances in Digital Science*. Cham: Springer, 2021. Pp. 11-20. doi:10.1007/978-3-030-71782-7_2
3. Harbiankova E.V., Shcherbina E.V. Evaluation model for sustainable development of settlement system // *Sustainability*. 2021. No. 13(21): 11778. doi: doi.org/10.3390/su132111778
4. Tsvettsykh A.V., Shevtsova N.V. Sustainable development of rural areas: a balanced system of indicators // *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie*. 2020. No. 9. Pp. 366-369.
5. Avdeeva, T.T., Lavrova T.G., Urmanov D.V. Rural territories in spatial development of a region // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 1100 AISC. Pp. 814-828. doi:10.1007/978-3-030-39319-9_90
6. Matusevich I.R., Garipova G.R. Optimization of rural settlements as a tool for sustainable development of territories // *Molodezh' i XXI vek. 2020: materialy Kh Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii*. 2020. Pp. 342-345.
7. Uskova T.V., Voroshilov N.V. Integrated development of rural territories – a task of national importance // *Problemy razvitiya territorii*. 2019. No. 6(104). Pp. 7-20. doi:10.15838/ptd.2019.6.104.1
8. Siksnyte I., Zavadskas E. K., Streimikiene D., Sharma D. An overview of multi-criteria decision-making methods in dealing with sustainable energy development issues. *Energies*. 2018. No. 11(10): 2754. doi:doi.org/10.3390/en11102754
9. Sheina S.G., Khamavova A.A., Serdyukova A.A. Development of methods for planning rural areas within the framework of the development of the agro-industrial complex of the Rostov region // *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie*. 2018. No. 1. Pp. 41-46.
10. Per'kova M.V., Bol'shakov A.G. Theoretical model of regional settlement system development. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2017. No. 1. Pp. 105-111. doi:10.12737/240931
11. Yurkova M.S., Firsov A.I., Trofimova V.I., Ermakova G.A. Modern Methods of Ensuring Sustainable Development of Rural Territories at the Regional Level // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International Science and Technology Conference "EarthScience"*, Russky Island. Russky Island: Institute of Physics Publishing, 2020. 062015. doi:10.1088/1755-1315/459/6/062015
12. Usmanov R.N., Kuchkarov T.A., Seitnazarov K.K. A comprehensive study and assessment of ecologically intense regions in conditions of heterogeneous information // *Big Data and Advanced Analytics*. 2019. No. 5. Pp. 132-142.
13. Shcherbina E.V., Gorbenkova E.V. Cluster approach in rural settlement development // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019"*. 2020. C. 032086. doi:10.1088/1757-899X/753/3/032086
14. Zabalueva A.I., Konn V.Yu. Ensuring the environmental safety of rural areas as a criterion for their sustainable development // *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2017. No. 4 (47). Pp. 203-215.
15. Abkharima M.H., Perkova M. V., Al-Jaberi A.A.H. World Experience in the Use of GIS Technologies in Solving Problems of Sustainable Development of the City // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. No. 753(3): 32045. doi:10.1088/1757-899X/753/3/032045

16. Il'ichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Principles of area development strategic planning (the case of the free state of Bavaria) // Vestnik MGSU. 2019. T. 14. No. 2(125). Pp. 158-168. doi:10.22227/1997-0935.2019.2.158-168
17. Pupentsova S., Alekseeva N., Stroganova O. Foreign and Domestic Experience in Environmental Planning and Territory Management // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. No. 753: 032026. doi:10.1088/1757-899X/753/3/032026
18. Kievskii L.V. Integrating Knowledge for Urban Development // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2020. No. 11. Pp. 4-30. doi:10.33622/0869-7019.2020.11.04-30.
19. Sheina S.G., Fedorovskaya A.A., Yudina K.V. "Smart City": Comfortable Living Environment // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2018. No. 463: 032095. doi:10.1088/1757-899X/463/3/032095
20. Zilberova I., Mailyan V. Innovative ways of implementing municipal programs in the housing and utilities sector and urban environment // E3S Web of Conferences. 2019. No. 135: 04017. doi:10.1051/e3sconf/201913504017

Информация об авторах:

Шейна Светлана Георгиевна

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

Федоровская Альбина Ахмедовна

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

Чубарова Карина Валерьевна

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

Помельников Александр Александрович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия, магистр кафедры «Городское строительство и хозяйство». E-mail: pomelnikov98@mail.ru

Умнякова Нина Павловна

Научно – исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, г. Москва, Россия, доктор технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия, профессор кафедры Архитектурно-строительного проектирования. E-mail: n.umniakova@mail.ru

Information about authors:

Sheina Svetlana G.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, doctor of technical science, professor, professor of the department of City Planning and Urban Development. E-mail: rgsu-gsh@mail.ru

Fedorovskaya Albina Al.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, candidate of technical science, associated professor of the department of City Planning and Urban Development. E-mail: bina-87@mail.ru

Chubarova Karina V.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, candidate of technical science, associated professor of the department of City Planning and Urban Development. E-mail: karina.chubarova@yandex.ru

Pomelnikov Aleksandr Al.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia,
master student of the department of City Planning and Urban Development.
E-mail: pomelnikov98@mail.ru

Umnyakova Nina P.

Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
Moscow, Russia,
doctor of technical science, docent.
National Research Moscow University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
professor of the Department of Department of Architectural and Construction Design.
E-mail: n.umniakova@mail.ru

И.В. СТЕПИНА¹, М. СОДОМОН¹

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

БИОСТОЙКИЙ РАСТИТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Аннотация. На основе измельченных пористых стеблей борщевика Сосновского, модифицированных с целью обеспечения биостойкости боразотным соединением, с использованием органополимерных связующих получены композиты различного состава и структуры. Размер частиц растительного сырья варьировался от 1 до 10 мм. В качестве связующих использовались поливинилацетат, полиуретан и казеин. Соотношение компонентов (растительное сырьё: полимер) в композитах составляло 3:1 по массе. Путем применения соответствующих ГОСТовских методик исследованы биостойкость и теплофизические свойства полученных композитов.

Установлено, что предварительное модифицирование частиц растительного сырья моноэтаноламин(NB)-тригидроксиборатом позволяет обеспечить 100%-ную биостойкость композитных материалов на основе используемого сырья и органополимерных связующих. Причем применение указанного модификатора равно эффективно для всех композитов, полученных с использованием различных видов связующих: полиуретановое, поливинилацетатное и казеиновое. Полученные композиты на основе модифицированного растительного сырья и органополимерных связующих являются теплоизоляционными материалами, характеризующимися соответствующими коэффициентами теплопроводности и плотности.

Композиты на основе полиуретанового связующего обладают пониженной теплопроводностью по сравнению с композитами на основе поливинилацетатного и казеинового связующих и относятся к классу А. Полиуретановое связующее обеспечивает полученным композитам с размером частиц 5 мм повышенную прочность на сжатие по сравнению с прочностью композитов на основе поливинилацетатного и казеинового связующих. Таким образом, оптимальным составом биостойкого теплоизоляционного материала является состав на основе модифицированного растительного сырья с размером частиц 5 мм и полиуретанового связующего.

Ключевые слова: композит, теплопроводность, плотность, прочность, биостойкость.

I.V. STEPINA¹, M. SODOMON¹

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

BIOSTABLE VEGETAL COMPOSITE FOR THERMAL INSULATION

Abstract. Composites of different composition and structure have been obtained on the basis of crushed porous stems of Sosnovsky's hogweed modified with borazote for biostability with the use of organopolymer binders. The particle size of the plant material varied from 1 to 10 mm. Polyvinyl acetate, polyurethane, and casein were used as binders. The ratio of the components (vegetable raw material: polymer) in the composites was 3:1 by mass. Biostability and thermophysical properties of the composites obtained were investigated by applying appropriate GOST methods.

It was established that the preliminary modification of vegetable raw material particles with monoethanolamine (NB)-trihydroxyborate provides 100% biostability of composite materials based on used raw materials and organopolymer binders. The use of the above modifier is equally effective for all composites obtained using different types of binders: polyurethane, polyvinyl acetate, and casein. The composites obtained on the basis of modified plant raw materials and organopolymer binders are heat-insulating materials characterized by appropriate coefficients of thermal conductivity and density.

Composites based on polyurethane binders have lower thermal conductivity compared to composites based on polyvinyl acetate and casein binders and belong to class A.

The polyurethane binder provides the resulting composites with a particle size of 5 mm with an increased compressive strength as compared to the composites based on polyvinyl acetate and casein binders. Thus, the optimal composition of biostable heat insulating material is the composition based on modified plant raw materials with a particle size of 5 mm and polyurethane binder.

Keywords: composite, thermal conductivity, density, strength, biostability.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 12-18.
2. Мысник Е.Н. Потенциальный ареал борщевика Сосновского на территории России // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: Материалы 3-го Всероссийского съезда по защите растений в 3-х томах, Санкт-Петербург, 16–20 декабря 2013 года / Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР); главный редактор В.А. Павлошин. – Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2013. С. 301-302.
3. Смирнова О.Е., Селихова В.С. Возможности изготовления теплоизоляционных материалов на основе органических отходов // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). 2017. Т. 20. № 2(65). С. 120-130.
4. Колосова А.С., Пикалова Е.С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на органической основе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 4. С. 74-85.
5. Белопухов С.Л., Кочаров С.А., Сторчевой В.Ф. Теплоизоляционные материалы из отходов льняного производства // Научное обозрение. 2016. № 4. С. 15-20.
6. Давыденко Н.В., Бакатович А.А. Эксплуатационные показатели и технологические особенности производства костросоломенных плит // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2015. № 16. С. 61-65.
7. Давыденко Н.В. Эксплуатационно-технологические характеристики костросоломенных плит // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2011. № 8. С. 85-90.
8. Солдатов Д.А., Хозин В.Г. Теплоизоляционные материалы на основе соломы // Известия КазГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 197-201.
9. Карпова Д.А. Использование отходов растениеводства в производстве строительных материалов // IV Международный студенческий строительный форум - 2019: Сборник докладов (К 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова), Белгород, 26 ноября 2019 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. С. 284-289.
10. Степанов Н.Д. Энергоэффективность строительства каркасно-соломенных домов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2019. Т. 1. С. 207-211.
11. Дубатовка А.И., Твердохлебов Р.В. Обзор технических свойств целлюлозной изоляции // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2018. № 8. С. 67-81.
12. Ильвицкая С.В., Ильвицкий Д.Ю., Лобков В.А. [и др.] Природные материалы в "зеленой" архитектуре жилища // Строительные материалы. 2018. № 10. С. 69.
13. Pasztory Z., Borcsok Z., Bazhelka I. K. [et al.] Thermal insulation panels from tree bark // Proceedings of BSTU. Issue 1, Forestry, Nature Management, Processing of Renewable Resources. 2021. No 1(240). P. 141-149.
14. Wenig C., Hehemeyer-Cürten J., Reppe F.J. [et al.] Advanced materials design based on waste wood and bark // Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences (Series A). 2021. Vol. 379. No. 2206. P. 20200345.
15. Ibragimov A.M., Fedotov A.A. Research physic-mechanical properties of composite materials on the base of crushed wood // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 3, Moscow, 18 мая 2018 года. Moscow, 2018. P. 012028.
16. Han Y., Qin T., Chu F. Preparation and properties of polyurethane heat insulating building materials based on lignin // Applied Mechanics and Materials. 2012. Vol. 193-194. Pp. 505-508.
17. Zhang X., Hao X., Hao J., Wang Q. Thermal and mechanical properties of wood-plastic composites filled with multiwalled carbon nanotubes // Journal of Applied Polymer Science. 2018. Vol. 135. No. 22. P. 46308.
18. Степина И.В., Содомон М., Семенов В.С. [и др.] Повышение биостойкости стеблей борщевика Сосновского в качестве сырья для производства строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. № 2(746). С. 79-91.
19. Zhou X., Zheng F., Li H., Lu C. An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers // Energy and Buildings. 2010. Vol. 42. No. 7. Pp. 1070-1074.

20. Халиков Д.А. Классификация теплоизоляционных материалов по функциональному назначению // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-6. С. 1287-1291. [Электронный ресурс]. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35716> (дата обращения: 12.08.2022).

REFERENCES

1. Luneva N.N. Borshchevik Sosnovskogo v Rossijskoj Federacii [Sosnovsky's hogweed in the Russian Federation] // Zashchita i karantin rastenij. 2014. No. 3. Pp. 12-18. (rus).
2. Mysnik E.N. Potencial'nyj areal borshchevika Sosnovskogo na territorii Rossii [Potential area of Sosnovsky's hogweed in Russia] // Fitosanitarnaya optimizaciya agroekosistem: Materialy 3-go Vserossijskogo s'ezda po zashchite rastenij v 3-h tomah, Sankt-Peterburg, December 16–20, 2013 goda / Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut zashchity rastenij (VIZR), glavnyj redaktor V.A. Pavlyushin, Sankt-Peterburg: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut zashchity rastenij RASKHN, 2013. Pp. 301-302. (rus).
3. Smirnova O.E., Selikhova V.S. Vozmozhnosti izgotovleniya teploizolyacionnyh materialov na osnove organicheskikh othodov [Possibilities of manufacturing heat-insulating materials based on organic waste] // Trudy Novosibirskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta (Sibstrin). 2017. T. 20. No. 2(65). Pp.120-130. (rus).
4. Kolosova A.S., Pikalova E.S. Sovremennye effektivnye teploizolyacionnye materialy na organicheskoy osnove [Modern efficient organic-based heat-insulating materials] // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2021. No. 4. Pp. 74-85. (rus).
5. Belopuhov S.L., Kocharov S.A., Storchevoy V.F. Teploizolyacionnye materialy iz othodov l'nyanogo proizvodstva [Thermal insulation materials from flax production waste] // Nauchnoe obozrenie. 2016. No. 4. Pp. 15-20. (rus).
6. Davydenko N.V., Bakatovich A.A. Eksploatacionnye pokazateli i tekhnologicheskie osobennosti proizvodstva kostrosolomennyh plit [Operational indicators and technological features of the production of straw straw slabs] // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. 2015. No. 16. Pp. 61-65. (rus).
7. Davydenko N.V. Eksploatacionno-tekhnologicheskie harakteristiki kostrosolomennyh plit [Operational and technological characteristics of straw straw slabs] // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. 2011. No. 8. Pp. 85-90. (rus).
8. Soldatov D. A., Hozin V. G. Teploizolyacionnye materialy na osnove solomy [Straw based thermal insulation materials] // Izvestiya KazGASU. 2013. No. 1 (23). Pp.197-201. (rus).
9. Karpova D.A. Ispol'zovanie othodov rastenievodstva v proizvodstve stroitel'nyh materialov [Use of crop waste in the production of building materials] // IV Mezhdunarodnyj studencheskij stroitel'nyj forum - 2019: Sbornik dokladov (K 65th anniversary of BGTU im. V.G. Shuhova), Belgorod, November 26, 2019 year. – Belgorod: Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova, 2019. Pp.284-289. (rus).
10. Stepanov N.D. Energoeffektivnost' stroitel'stva karkasno-solomennyh domov [Energy efficiency of construction of frame-straw houses] // Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. theory and practice. 2019. T. 1. Pp.207-211. (rus).
11. Dubatovka A.I., Tverdokhlebov R.V. Obzor tekhnicheskikh svojstv cellyuloznoj izolyacii [Overview of the technical properties of cellulose insulation] // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. 2018. No. 8. Pp. 67-81. (rus).
12. Il'vickaya S.V., Il'vickij D.YU., Lobkov V.A. [et al.] Prirodnye materialy v "zelenoj" arhitekture zhilishcha [Natural materials in the "green" architecture of the home] // Stroitel'nye materialy. 2018. No. 10. P.69. (rus).
13. Pasztory Z., Borcsok Z., Bazhelka I. K. [et al.] Thermal insulation panels from tree bark // Proceedings of BSTU. Issue 1, Forestry, Nature Management, Processing of Renewable Resources. 2021. No. 1(240). Pp. 141-149.
14. Wenig C., Hehemeyer-Cürten J., Reppe F.J. [et al.] Advanced materials design based on waste wood and bark // Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences (Series A). 2021. Vol. 379. No. 2206. P. 20200345.
15. Ibragimov A.M., Fedotov A.A. Research physic-mechanical properties of composite materials on the base of crushed wood // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 3, Moscow, 18 мая 2018 года. Moscow, 2018. P. 012028.
16. Han Y., Qin T., Chu F. Preparation and properties of polyurethane heat insulating building materials based on lignin // Applied Mechanics and Materials. 2012. Vol. 193-194. Pp. 505-508.
17. Zhang X., Hao X., Hao J., Wang Q. Thermal and mechanical properties of wood-plastic composites filled with multiwalled carbon nanotubes // Journal of Applied Polymer Science. 2018. Vol. 135. No 22. P. 46308.
18. Stepina I.V., Sodomon M., Semenov V.S. [et al.] Povyshenie biostojkosti stebel' borshchevika Sosnovskogo v kachestve syr'ya dlya proizvodstva stroitel'nyh materialov [Increasing the biostability of hogweed Sosnovski stems as a raw material for the production of building materials] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2021. No. 2(746). Pp. 79-91. (rus).

19. Zhou X., Zheng F., Li H., Lu C. An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers // Energy and Buildings. 2010. Vol. 42. No. 7. Pp.. 1070-1074.

20. Khalikov D.A. Klassifikaciya teploizolyacionnyh materialov po funkcional'nomu naznacheniyu [Classification of heat-insulating materials according to their functional purpose] // Fundamental research. 2014. No. 11-6. Pp. 1287-1291. [Online]. URL:<https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35716> (date of access: 08/12/2022). (rus).

Информация об авторах:

Степина Ирина Васильевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
г. Москва, Россия,
доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения.
E-mail: sudeykina@mail.ru

Содомон Марк

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
г. Москва, Россия,
аспирант кафедры строительного материаловедения.
E-mail: sodomonmarc@yahoo.fr

Information about authors:

Stepina Irina V.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
docent, candidate of technical sciences, lecturer of the Department of Building Materials Science.
E-mail: sudeykina@mail.ru

Sodomon Mark

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
postgraduate student of the department of building materials science.
E-mail: sodomonmarc@yahoo.fr

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

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

В тексте статьи не рекомендуется применять:

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

Обязательные элементы:

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

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

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

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

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

Адрес издателя:

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

www.oreluniver.ru

E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции

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

<http://oreluniver.ru/science/journal/sir>

E-mail: str_and_rek@mail.ru

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

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

Подписано в печать 26.10.2022 г.

Дата выхода в свет 11.11.2022 г.

Формат 70×108/16. Печ. л. 7,8

Цена свободная. Тираж 1000 экз.

Заказ № 191

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