

# СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

ISSN 2073-7416

BUILDING AND RECONSTRUCTION

№1 (99) 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



ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

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](mailto: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-ru.ru](http://www.pressa-ru.ru) и [www.akc.ru](http://www.akc.ru)

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022

## Содержание

### Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

- Демин П.Д.** Оценка вероятности образования запредельных прогибов после образования трещин в железобетонной балке на стохастическом основании..... 3
- Джамуев Б.К.** Анализ прочности при осевом растяжении кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на различных растворах и клеевых составах..... 11
- Колчунов В.И., Бушова О.Б., Кореньков П.А.** Деформирование и разрушение железобетонных рам с ригелями, армированными наклонными стержнями, при особых воздействиях..... 18
- Малахова А.Н.** Несущая способность и долговечность наружных кирпичных стен зданий..... 29
- Манаенков И.К., Курнавина С.О.** Построение диаграммы сжатия для бетона с косвенным армированием в рамках теории предельных состояний..... 40
- Орлович Р.Б., Горшков А.С., Деркач В.Н., Зимин С.С., Гравит М.В.** Причины повреждений каменной кладки после реставрации..... 48
- Турков А.В., Полешко С.И., Финадеева Е.А., Марфин К.В.** Взаимосвязь прогибов и частот собственных поперечных колебаний круглых изотропных пластин переменной толщины по закону квадратной параболы с утолщением к центру..... 59

### Безопасность зданий и сооружений

- Макаров Б.Н., Тонких Г.П.** Оценка весомости показателей технического состояния зданий и сооружений..... 67
- Савин С.Ю., Медянкин М.Д., Шарипов М.З.** Деформирование фибробетона при однократном динамическом воздействии с учетом влияния начальных напряжений от статической нагрузки..... 76
- Тамразян А.Г., Мацевич Т.А.** Анализ надежности железобетонной плиты с корродированной арматурой..... 89
- Уткин Д.Г.** Прочность сжатых и внецентренно сжатых железобетонных элементов с зонным армированием из стальной фибры..... 99

### Строительные материалы и технологии

- Долее А.А., Алексеев В.А., Баженова О.Ю.** Подбор расходов материалов для создания грунтоцементных свай в сложных инженерно-геологических условиях..... 110
- Ильина Л.В., Тацки Л.Н., Ульянова О.В.** Модифицирование низкокачественного глинистого сырья гелем нанокремнезема и его влияние на свойства керамического черепка..... 120
- Отзывы на учебное пособие «Большой строительный словарь»..... 134**

*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.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](mailto: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 №ФЧ 77-67169 from 16.09.2016 г.

Index on the catalogue of the «**Pressa Rossii**» **86294** on the websites [www.pressa-ru.ru](http://www.pressa-ru.ru) and [www.akc.ru](http://www.akc.ru)

© Orel State University, 2022

## Contents

### Theory of engineering structures. Building units

- Deminov P.D.** Evaluation of the probability of the formation of ultimate deflections in a reinforced concrete beam with cracks on a stochastic base..... 3
- Dzhamuev B.K.** Analysis of the axial tensile strength of masonry made of autoclave-hardened cellular concrete blocks on various mortars and adhesive compositions..... 11
- Kolchunov V.I., Bushova O.B., Korenkov P.A.** Methods of experimental and numerical studies of reinforced concrete frames of multi-storey buildings under special influences..... 18
- Malakhova A.N.** Bearing capacity and durability of external brick walls of buildings..... 29
- Mananov I.K., Kurnavina S.O.** Plotting a stress-strain diagram for concrete with indirect reinforcement according to limit state design..... 40
- Orlovich R.B., Gorshkov A.S., Derkach V.N., Zimin S.S., Grawit M.V.** Causes of damage to masonry after restoration..... 48
- Turkov A.V., Poleshko S.I., Finadeeva E.A., Marfin K.V.** The relationship of deflections and frequencies of natural transverse vibrations of circular isotropic plates of variable thickness according to the law a square parabola with a thickening to the center..... 59

### Building and structure safety

- Makarov B.N., Tonkikh G.P.** Assessment of the weight of indicators of the technical condition of buildings and structures..... 67
- Savin S.Yu., Medyankin M.D., Sharipov M.Z.** Deformation of fiber concrete under a single dynamic impact taking into account the influence of initial stresses from the static load..... 76
- Tamrazyan A.G., Matseevich T.A.** Reliability analysis of reinforced concrete slabs with corroded reinforcements..... 89
- Utkin D.G.** Strength of compressed and non-centrally compressed reinforced concrete elements with zone reinforcement of steel fiber..... 99

### Construction materials and technologies

- Dolev A.A., Alekseev V.A., Bazhenova O.Yu.** Selection of concrete formulations for the creation of soil-cement piles in difficult engineering and geological conditions..... 110
- Ilina L.V., Tacky L.N., Ulyanova O.V.** Modification of low-quality clay-stock raw materials with nanosilica gel and its influence on the properties of ceramic shard..... 120
- Review on the book "Big construction dictionary"..... 134**

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

П.Д. ДЕМИНОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

## ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАПРЕДЕЛЬНЫХ ПРОГИБОВ ПОСЛЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН В ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКЕ НА СТОХАСТИЧЕСКОМ ОСНОВАНИИ

*Аннотация.* Представлены результаты расчета железобетонной балки на упругом стохастически неоднородном основании после образования трещин в бетоне. Коэффициенты податливости основания рассматриваются как случайные стационарные функции, а нагрузка предполагается случайной нестационарной функцией координаты  $x$ . Прочностные параметры бетона принимаются случайными гауссовыми величинами. Приводятся параметры распределения, как начальной изгибной жесткости железобетонной балки, так и жесткости балки после образования трещин, как функции случайной кубиковой прочности бетона. Определяются параметры плотностей распределения прогибов балки до образования в ней трещин, а также после образования трещин. Для приближенного решения дифференциального уравнения изгиба железобетонной балки после образования трещин используется вариационный принцип стационарности дополнительной энергии (функционал Кастильяно). Это позволяет определить вероятностные характеристики распределения эквивалентной постоянной жесткости балки, вероятностные параметры распределения прогибов балки после образования трещин, а также суммарный дифференциальный закон распределения прогибов в балке на упругом основании в произвольном сечении балки. Определена вероятность возникновения предельного состояния в виде превышения величины предельной нормативной величины прогибов с учётом возможного образования трещин в балке.

**Ключевые слова:** железобетонная балка, упругое основание, вероятные значения, случайные характеристики, образование трещин, вероятность трещинообразования, вероятность предельных прогибов.

P.D. DEMINOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

## EVALUATION OF THE PROBABILITY OF THE FORMATION OF ULTIMATE DEFLECTIONS IN A REINFORCED CONCRETE BEAM WITH CRACKS ON A STOCHASTIC BASE

**Abstract.** The results of calculating a reinforced concrete beam on an elastic statistically inhomogeneous foundation after the formation of cracks in concrete are presented. The compliance coefficients of the base are considered as random stationary functions, and the load is assumed to be a random non-stationary function of the  $x$  coordinate. Strength parameters of concrete are taken as random Gaussian values. The distribution parameters are given for both the initial bending stiffness of a reinforced concrete beam and the stiffness of the beam after cracking, as a function of the random cube strength of concrete. The parameters of the distribution densities of the deflections of the beam before the formation of cracks in it, as well as after the formation of cracks, are determined. For an approximate solution of the differential equation for the bending of a reinforced concrete beam after the formation of cracks, the variational principle of stationarity of additional energy (the Castigliano functional) is used. This makes it possible to determine the probabilistic characteristics of the distribution of the equivalent constant stiffness of the beam, the probabilistic parameters of the distribution of beam deflections after cracking, as well as the total differential law of the distribution of

*deflections in a beam on an elastic foundation in an arbitrary section of the beam. The probability of occurrence of the limiting state in the form of exceeding the value of the deflections of the beam, the limiting standard value of the deflections, taking into account the possible formation of cracks in the beam, has been determined.*

**Keywords:** reinforced concrete beam, elastic foundation, probable values, random characteristics, cracking, the probability of cracking, the probability of excessive deflections.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С., Карпов А.Е., Ласковенко А.Г. Определение расчетных параметров для оценки надежности платформенных стыков панельных зданий. В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Под редакцией А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы. 2016. С. 413-416.
2. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. Научное обозрение. 2015. № 8. С. 87-92.
3. Тамразян А.Г., Дудина И.В. Влияние изменчивости контролируемых параметров на надежность преднапряженных балок на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 1. С. 16-17.
4. Деминов П.Д. К оценке статистических параметров железобетонной балки на упругом основании, имеющем стохастические характеристики // Строительство и реконструкция. 2018. № 5 (79). С. 16-24.
5. Благонадёжин В.Л., Кудрявцев Е.П. Статистическое исследование деформаций песчаных оснований и трубопроводов подземных волноводных линий связи // Доклады научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ за 1964-1965 г. Секция динамики и прочности машин. М., Издательство МЭИ, 1965. С.78-86.
6. Деминов П.Д. Оценка вероятностных характеристик плотности вероятности предельной поперечной силы в изгибаемых железобетонных элементах // Строительство и реконструкция. 2019. №5 (85). С. 11-16.
7. Деминов П.Д. Оценка вероятности разрушения железобетонной балки, лежащей на стохастическом упругом основании с двумя коэффициентами постели, по наклонному сечению от поперечной силы // Строительство и реконструкция. 2021. № 1 (93). С. 16-25.
8. Леонтьев Н.Н., Леонтьев А.Н., Соболев Д.Н. Основы теории балок и плит на деформируемом основании. М.: МИСИ, 1982. 119 с.
9. Лейбензон Л.С. Курс теории упругости. М.-Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1947. С.440-442.
10. Киселев В.А. Расчет балок на упругом основании. М.: Издательство МАДИ, 1981. С. 39-40.
11. Деминов П.Д. Оценка вероятности возникновения недопустимых прогибов в железобетонной балке, лежащей на стохастическом основании с двумя коэффициентами постели, под действием нестационарной случайной нагрузки // Технология текстильной промышленности. 2019. № 4 (382). С. 48-53.
12. Красовский Л.А. Основы автоматики и технической кибернетики. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1960. С.194-198.
13. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисление. В 2 т. СПб.: Мифрил., Гл. ред. физ.-мат.лит., 1996. Т.1. С. 128-131.
14. Кудрявцев Л.Д. Краткий курс математического анализа. В 2 т. Т.2. Дифференциальное и интегральное исчисление функций многих переменных. Гармонический анализ. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. С. 172-173.
15. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М.: 2004.
16. Матвеева Т.А., Светличная В.Б., Зотова С.А. Теория вероятностей: системы случайных величин и функции случайных величин / Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. С.36.
17. Reissner E. On some Variation Theorems in Elasticity. Problems of Continuum Mechanics. Contributions in Honor of N. I. Muskhelishvili. Philadelphia, 1961. Pp. 370-381.
18. Washizu K. Variational Method in Elasticity and Plasticity. Pergamon Press, 1982.
19. Александров А.В., Лащенко Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Тонкостенные пространственные системы. М.: Издательство «Стройиздат», 1983. С.152-161.
20. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. 6-е изд. стер. М.: Высшая школа, 1999. С.280-285.

### REFERENCES

1. Tamrazyan A.G., Dekhterev D.S., Karpov A.Ye., Laskovenko A.G. Opredeleniye raschetnykh parametrov dlya otsenki nadezhnosti platformennykh stykov panel'nykh zdaniy. V sbornike: Sovremennyye problemy

- rascheta zhelezobetonnykh konstruksiy, zdaniy i sooruzheniy na avariynnye vozdeystviya. Pod redaktsiyey A.G. Tamrazyana, D.G. Kopanitsy. 2016. S. 413-416.
2. Tamrazyan A.G., Manayenkov I.K. K raschetu ploskikh zhelezobetonnykh perekrytiy s uchedom fakticheskoy zhestkosti secheniya. Nauchnoye obozreniye. 2015. № 8. S. 87-92.
  3. Tamrazyan A.G., Dudina I.V. Vliyaniye izmenchivosti kontroliruyemykh parametrov na nadezhnost' prednapryazhennykh balok na stadii izgotovleniya. Жилищное строительство. 2001. № 1. S. 16-17.
  4. Deminov P.D. K ocenke statisticheskikh parametrov zhelezobetonnoj balki na uprugom osnovanii, imeyushchem stohasticheskie harakteristiki // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2018. № 5 (79). S. 16-24.
  5. Blagonadyozhin V.L., Kudryavcev E.P. Statisticheskoe issledovanie deformatsiy peschanykh osnovaniy i truboprovodov podzemnykh volnovodnykh liniy svyazi // Doklady nauchno-tekhnicheskoy konferencii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot za 1964-1965 g. Sektsiya dinamiki i prochnosti mashin. M., Izdatel'stvo MEI, 1965. S.78-86.
  6. Deminov P.D. Ocenka veroyatnostnykh harakteristik plotnosti veroyatnosti predel'noy poperechnoy sily v izgibaemykh zhelezobetonnykh elementah // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2019. №5 (85). S. 11-16.
  7. Deminov P.D. Ocenka veroyatnosti razrusheniya zhelezobetonnoj balki, lezhashchej na stohasticheskom uprugom osnovanii s dvumya koeffitsientami posteli, po naklonnomu secheniyu ot poperechnoy sily // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2021. № 1 (93). S. 16-25.
  8. Leont'ev N.N., Leont'ev A.N., Sobolev D.N. // Osnovy teorii balok i plit na deformiruемом osnovanii. M.: MISI, 1982. 119 s.
  9. Lejbenzon L.S. Kurs teorii uprugosti. M.-L.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo tekhniko-teoreticheskoy literatury, 1947. S.440-442.
  10. Kiselev V.A. Raschet balok na uprugom osnovanii. M.: Izdatel'stvo MADI, 1981. S. 39-40.
  11. Deminov P.D. Ocenka veroyatnosti voznikoveniya nedopustimyyh progibov v zhelezobetonnoj balke, lezhashchej na stohasticheskom osnovanii s dvumya koeffitsientami posteli, pod dejstviem nestacionarnoy sluchajnoy nagruzki // Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. 2019. № 4 (382). S. 48-53.
  12. Krasovskiy L.A. Osnovy avtomatiki i tekhnicheskoy kibernetiki. M.-L.: Gosenergoizdat, 1960. S.194-198.
  13. Piskunov N.S. Differentsial'noe i integral'noe ischislenie. V 2 t. SPb.: Mifril., Gl. red. fiz.-mat.lit., 1996. T.1. S. 128-131.
  14. Kudryavcev L.D. Kratkij kurs matematicheskogo analiza. V 2 t. T.2. Differentsial'noe i integral'noe ischislenie funktsiy mnogih peremennykh. Garmonicheskij analiz. M.: FIZMATLIT, 2005. S. 172-173.
  15. SP 52-101-2003 Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii bez predvaritel'nogo napryazheniya armatury. M.: 2004.
  16. Matveeva T.A., Svetlichnaya V.B., Zotova S.A. Teoriya veroyatnostej: sistemy sluchajnykh velichin i funktsii sluchajnykh velichin / Ucheb. posobie / VolgGTU, Volgograd, 2006. S.36.
  17. Reissner E. On some Variation Theorems in Elasticity. Problems of Continuum Mechanics. Contributions in Honor of N. I. Muskhelishvili. Philadelphia, 1961. Pp. 370-381.
  18. Washizu K. Variational Method in Elasticity and Plasticity. Pergamon Press, 1982.
  19. Aleksandrov A.V., Lashchenkov B.YA., SHaposhnikov N.N. Stroitel'naya mekhanika. Tonkostennyye prostranstvennyye sistemy. M.: Izdatel'stvo «Strojizdat», 1983. S.152-161.
  20. Ventcel' E.S. Teoriya veroyatnostej: Ucheb. dlya vuzov. 6-e izd. ster. M.: Vyssh. shk., 1999. S. 280-285.

#### **Информация об авторе:**

**Деминов Павел Дмитриевич**

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

E-mail: [p-deminov@mail.ru](mailto:p-deminov@mail.ru)

#### **Information about the author:**

**Deminov Pavel D.**

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

E-mail: [p-deminov@mail.ru](mailto:p-deminov@mail.ru)

Б.К. ДЖАМУЕВ<sup>1</sup>

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

## АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ПРИ ОСЕВОМ РАСТЯЖЕНИИ КЛАДКИ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ РАСТВОРАХ И КЛЕЕВЫХ СОСТАВАХ

**Аннотация.** В статье представлены результаты сравнительного анализа прочности при осевом растяжении кладки, выполненной из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на цементных растворах различных марок и пенополиуретановых клеевых составах различных производителей. Испытания проведены на опытных образцах, выполненных из склеенных между собой двух кубов размерами 150x150x150 мм. В качестве ячеистого бетона применены блоки автоклавного твердения класса по прочности на сжатие В1.5, В2.5, В3.5, в качестве связующего использованы цементный раствор марок М200 и М300, пенополиуретановые клеи марок «Tytan Professional», «Технониколь», «Bonolit», «KUDO». Эксперимент проведен на базе Лаборатории кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ». На основе проведенного эксперимента получены значения увеличения прочности кладки при осевом растяжении в зависимости от применяемого связующего в качестве кладочного раствора.

**Ключевые слова:** ячеистобетонный блок автоклавного твердения, прочность кладки при осевом растяжении, цементный раствор, пенополиуретановый клеевой состав, испытание, кладка.

B.K. DZHAMUEV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

## ANALYSIS OF THE AXIAL TENSILE STRENGTH OF MASONRY MADE OF AUTOCLAVE-HARDENED CELLULAR CONCRETE BLOCKS ON VARIOUS MORTARS AND ADHESIVE COMPOSITIONS

**Abstract.** The article presents the results of a comparative analysis of the axial tensile strength of masonry made of autoclaved cellular concrete blocks with cement mortars of various grades and polyurethane adhesive compositions of various manufacturers. The tests were carried out on prototypes made of two cubes of 150x150x150 mm glued together. As cellular concrete, blocks of autoclaved hardening of the compressive strength class B1.5, B2.5, B3.5 were used. M200 and M300 cement mortars, "Tytan Professional", "Technonicol", "Bonolit" and "KUDO" foamed polyurethane glues were used as a binder. The experiment was performed in the Laboratory of the Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures of the Moscow State University of Civil Engineering. On the basis of the experiment, the values of the increase in the strength of the masonry under axial tension were obtained depending on the binder.

**Keywords:** autoclave-hardened cellular concrete block, masonry strength under axial tension, cement mortar, polyurethane foam adhesive composition, testing, masonry.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков А.С., Ватин Н.И. Свойства стеновых конструкций из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановом клее // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 5. С.5-18.

2. Горшков А.С., Мишин В.Е., Ватин Н.И. Повышение теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея // *Строительные материалы*. 2014. №5. С. 57-64.
3. Глумов А. Кладка на полиуретановых составах: как устранить мостики холода // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2014. №4. С. 30-31.
4. Грановский А.В., Джамуев Б.К. Испытания стеновых конструкций из ячеистобетонных блоков на сейсмические воздействия. Современное производство автоклавного газобетона: Сборник докладов научно-практической конференции. Санкт-Петербург. 2011. С. 104-108.
5. Грановский А.В., Джамуев Б.К., Вишневецкий А.А., Гринфельд Г.И. Экспериментальное определение нормального и касательного сцепления кладки из ячеисто-бетонных блоков автоклавного твердения на различных клеевых составах. // *Строительные материалы*. 2015. №8. С.22-25
6. Гринфельд Г.И., Харченко А.П. Сравнительные испытания фрагментов кладки из автоклавного газобетона с различным исполнением кладочного шва // *Жилищное строительство*. 2013. №11. С. 30-34.
7. Деркач В. Н. Прочность и деформативность каменной кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на полиуретановых швах. Часть 1. Прочность и деформативность при сжатии // *Строительные материалы*. 2017. №5. С. 29-32.
8. Деркач В. Н. Прочность и деформативность каменной кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на полиуретановых швах. Часть 2. Прочность на растяжение при изгибе // *Строительные материалы*. 2017. №7. С. 30-33.
9. Деркач В. Н. Прочность и деформативность каменной кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на полиуретановых швах. Часть 3. Прочность и деформативность при сдвиге // *Строительные материалы*. 2017. №8. С. 32-35.
10. Lu S., Kasa M., Habian E. Innovation on masonry glued with on-site PU-adhesive. 8th International Masonry Conference 2010. Dresden, 2010.
11. Graubohm M, Brameshuber W. Investigation on the gluing of masonry units with polyurethane adhesive. 8th International Masonry Conference 2010. Dresden, 2010
12. Лазэр И.И., Джамуев Б.К. Повышение монолитности кладки стен из ячеистобетонных блоков при использовании в швах полимерцементных растворов. Сборник материалов семинара молодых учёных XXII Международной научной конференции «Строительство – формирование среды жизнедеятельности». Ташкент. 2019. С. 333-335.
13. Джамуев Б.К. Полимерцементные растворы в кладке из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения как один из методов повышения нормального сцепления // *Жилищное строительство*. 2019. №11. С.46-50.
14. Dzhamuev B.K. Comparative analysis of the strength of normal adhesion of a masonry from aerated concrete blocks of autoclave hardening, performed on various cement and polymer-cement mortars. International Conference "Modelling and Methods of Structural Analysis" (MMSA 2019). Vol. 12. P. 1425.
15. ГОСТ 24992-2014 «Конструкции каменные. Методы определения прочности сцепления в каменной кладке».
16. ГОСТ 28840-90 «Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования».
17. ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».
18. ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. Методы испытаний».
19. СП 15.13330.2020 «Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81\*».

## REFERENCES

1. Gorshkov A.S., Vatin N.I. Properties of wall constructions from cellular concrete products of autoclave hardening on polyurethane glue. *J. Engineering and Construction Journal*. 2013. No. 5. Pp: 5-18. (rus)
2. Gorshkov A.S., Mishin V.E., Vatin N.I. Increasing the thermal uniformity of walls made of cellular concrete products by using polyurethane glue in masonry. *J. Building Materials*. 2014. No. 5. Pp: 57-64. (rus)
3. Glumov A. Laying on polyurethane structures: how to eliminate cold bridges. *J. Construction materials, equipment, technologies of the XXI century*. 2014. No. 4. Pp: 30-31. (rus)
4. Granovsky A.V., Dzhamuev B.K. Tests of wall structures made of cellular concrete blocks for seismic effects. Modern production of autoclaved aerated concrete: Collection of reports of a scientific and practical conference. St. Petersburg, 2011. Pp: 104-108.
5. Granovsky A.V., Dzhamuev B.K., Vishnevsky A.A., Grinfeld G.I. Experimental determination of normal and tangential adhesion of masonry from aerated concrete blocks of autoclave hardening on various adhesive compositions. *J. Building Materials*. 2015. No. 8. Pp: 22-25. (rus)

6. Greenfeld G.I., Kharchenko A.P. Comparative tests of masonry fragments from autoclaved aerated concrete with various designs of masonry seam. *J. Housing construction*. 2013. No. 11. Pp: 30-34. (rus)
7. Derkach V.N. Strength and deformability of stone masonry made of cellular concrete blocks of autoclave hardening with polyurethane joints. Part 1. Strength and deformability under compression. *J. Building Materials*. 2017. No. 5. Pp: 29-32. (rus)
8. Derkach V.N. Strength and deformability of stone masonry made of cellular concrete blocks of autoclave hardening with polyurethane joints. Part 2. Bending tensile strength. *J. Building Materials*. 2017. No. 7. Pp: 30-33. (rus)
9. Derkach V.N. Strength and deformability of stone masonry made of cellular concrete blocks of autoclave hardening with polyurethane joints. Part 3. Strength and deformability at shear. *J. Building Materials*. 2017. No. 8. Pp: 32-35. (rus)
10. Lu S., Kasa M., Habian E. Innovation on masonry glued with on-site PU-adhesive. 8th International Masonry Conference. Dresden, 2010. Pp: 224-228.
11. Graubohm M., Brameshuber W. Investigation on the gluing of masonry units with polyurethane adhesive. 8th International Masonry Conference. Dresden, 2010. Pp: 371-376.
12. Lazar I.I., Dzhamuev B.K. The increase in the monolithicity of masonry walls made of cellular concrete blocks when using polymer-cement mortars in joints. The collection of materials of the seminar for young scientists of the XXII International scientific conference «Construction - the formation of the living environment». Tashkent, 2019. Pp: 333-335.
13. Dzhamuev B.K. Polymer cement mortars in masonry of cellular concrete blocks of autoclave hardening as one of the methods of increasing the normal adhesion. *J. Housing construction*. 2019. No. 11. Pp: 46-50. (rus)
14. Dzhamuev B.K. Comparative analysis of the strength of normal adhesion of a masonry from aerated concrete blocks of autoclave hardening, performed on various cement and polymer-cement mortars. International Conference «Modelling and Methods of Structural Analysis». Moscow, 2019. Vol. 12. P: 1425.
15. GOST 24992-2014 «Stone structures. Methods for determining the strength of adhesion in masonry».
16. GOST 28840-90 «Machines for testing materials for tension, compression and bending. General technical requirements».
17. GOST 10180-2012 «Concrete. Methods for determining strength from control samples».
18. GOST 5802-86 «Construction solutions. Test methods».
19. SP 15.13330.2020 «Stone and reinforced stone structures».

### Информация об авторе:

#### **Джамуев Булат Калсынович**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва, Россия,  
кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.  
E-mail: [dbk-07@mail.ru](mailto:dbk-07@mail.ru)

### Information about author:

#### **Dzhamuev Bulat K.**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,  
candidate of technical science, associated professor of the department of reinforced concrete and stone structures.  
E-mail: [dbk-07@mail.ru](mailto:dbk-07@mail.ru)

В.И. КОЛЧУНОВ<sup>1,2,3</sup>, О.Б. БУШОВА<sup>2</sup>, П.А. КОРЕНЬКОВ<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ "Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук", г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет" (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО "Юго-Западный государственный университет" (ЮЗГУ), г. Курск, Россия

<sup>4</sup>ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия

## ДЕФОРМИРОВАНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ С РИГЕЛЯМИ, АРМИРОВАННЫМИ НАКЛОННЫМИ СТЕРЖНЯМИ, ПРИ ОСОБЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

*Аннотация.* Приведена методика экспериментальных и численных исследований железобетонных рамных конструкций с ригелями, армированными наклонными стержнями, при особых воздействиях. Основной задачей этих исследований являлось определение характера деформирования, трещинообразования и разрушения таких конструкций при особом воздействии, вызванном внезапным удалением одной из конструкций и, как следствие, перераспределением силовых потоков в них. Для повышения живучести и защиты исследуемой конструктивной системы от прогрессирующего обрушения, при количественном и качественном изменении усилий в ее элементах, предложено на опирных участках конструкций ригелей рамной системы устанавливать поперечное армирование из наклонных арматурных стержней в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Параметры такого армирования и параметры заложенные в расчетную модель конструкции рамы при рассматриваемых статическом нагружении на первом этапе и динамическом догружении на втором этапе, определены численным моделированием, с использованием программного комплекса Ansys. На этой основе выполнено обоснование принятых конструктивных решений конструкций рам для разработки программы проведения экспериментальных исследований таких конструкций при особых воздействиях.

*Ключевые слова:* методика, экспериментальное исследование, расчетная схема, железобетонная рама, поперечное армирование, прогрессирующее обрушение.

V.I. KOLCHUNOV<sup>1,2,3</sup>, O.B. BUSHOVA<sup>2</sup>, P.A. KORENKOV<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Moscow State University of Civil Engineerig, Moscow, Russia

<sup>3</sup>South-West State University, Kursk, Russia

<sup>4</sup>V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

## METHODS OF EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDIES OF REINFORCED CONCRETE FRAMES OF MULTI-STOREY BUILDINGS UNDER SPECIAL INFLUENCES

*Abstract.* The method of experimental and numerical studies of reinforced concrete frame structures with crossbars reinforced with inclined rods under special influences is given. The main objective of these studies was to determine the nature of deformation, cracking and destruction of such structures under special impact caused by the sudden removal of one of the structures and, as a consequence, the redistribution of force flows in them. To increase the survivability and protection of the studied structural system from progressive collapse, with a quantitative and qualitative change in the forces in its elements, it is proposed to install transverse reinforcement from inclined reinforcing rods in two mutually perpendicular directions on the supporting sections of the frame system crossbars.

© Колчунов В.И., Бушова О.Б., Кореньков П.А., 2022

*The parameters of such reinforcement and the parameters embedded in the design model of the frame structure under consideration for static loading at the first stage and dynamic loading at the second stage are determined by numerical modeling using the Ansys software package. On this basis, the justification of the adopted design decisions of frame structures for the development of a program for conducting experimental studies of such structures under special influences was carried out.*

**Keywords:** methodology, experimental study, design scheme, reinforced concrete frame, transverse reinforcement, progressive collapse.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмазов В.О., Као Зуй Кхой. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов. М.: АСВ, 2013. 128 с.
2. S.Yu. Fialkoa, O.V. Kabantsevb, A.V. Perelmuter Elasto-plastic progressive collapse analysis based on the integration of the equations of motion // Magazine of Civil Engineering. 2021. 102(2). Article No. 10214
3. Кодыш Э.Н. Защита многоэтажных зданий от прогрессирующего обрушения / Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Чесноков Д.А. // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 6. С.8–13.
4. Федорова Н.В., Фан Динь Гуок, Нгуен Тхи Чанг. Экспериментальные исследования живучести железобетонных рам с ригелями, усиленными косвенным армированием // Строительство и реконструкция. 2020. № 1. С. 92-100.
5. Ильющенко Т.А., Колчунов В.И., Федоров С.С. Трещиностойкость преднапряженных железобетонных рамно-стержневых конструкций при особых воздействиях // Строительство и реконструкция. 2021. №1. С. 74-84.
6. Федорова Н.В. Методика экспериментальных исследований деформирования монолитных железобетонных каркасов зданий при аварийных воздействиях / Федорова Н.В., Кореньков П.А., Ву Н.Т. // Строительство и реконструкция. 2018. Т. 4. № 78. С.42–52.
7. 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.
8. Kolcunov V.I. Deformation and failure of a monolithic reinforced concrete frame under accidental actions / Kolcunov V.I., Tuyen V.N., Korenkov P.A. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Т. 753. С.032037.
9. Fedorova N.V. Deformation and failure of monolithic reinforced concrete frames under special actions / Fedorova N.V., Ngoc V.T. // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Т. 1425. С.012033.
10. Adam J.M. Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century / Adam J.M., Parisi F., Sagaseta J., Lu X. // Engineering Structures. 2018. Т. 173. С.122–149.
11. Yu J. Experimental and numerical investigation on progressive collapse resistance of reinforced concrete beam column sub-assemblages / Yu J., Tan K.H. // Engineering Structures. 2013. Т. 55. С.90–106.
12. Deng X.-F., Liang S.-L., Fu F., Qian K. Effects of high-strength concrete on progressive collapse resistance of reinforced concrete frame // Journal of Structural Engineering. 2020. Vol. 146. Issue 6. P. 04020078. DOI: 10.1061/(asce)st.1943-541x. 0002628
13. Xuan W., Wang L., Liu C., Xing G., Zhang L., Chen H. Experimental and theoretical investigations on progressive collapse resistance of the concrete-filled square steel tubular column and steel beam frame under the middle column failure scenario // Shock and Vibration. 2019. Vol. 2019. Pp. 1–12. DOI: 10.1155/2019/2354931
14. Alogla K. Theoretical assessment of progressive collapse capacity of reinforced concrete structures / Alogla K., Weekes L., Augusthus-Nelson L. // Magazine of Concrete Research. 2017. Т. 69. № 3. С.145–162.
15. Shan S. et al. Experimental study on the progressive collapse performance of RC frames with infill walls // Eng. Struct. 2016. Vol. 111. Pp. 80–92.
16. Ву Нгок Туен Исследование живучести железобетонной конструктивно нелинейной рамно-стержневой системы каркаса многоэтажного здания в динамической постановке / Ву Нгок Туен // Строительство и реконструкция. 2020. Т. 90. № 4. С.73–84.
17. Федорова Н. В., Халина Т.А. Исследование динамических догрузений в железобетонных конструктивных системах при внезапных структурных перестройках// Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 8. С. 32-36.
18. Бондаренко В.М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов. М.: АСВ, 2004. 472 с.
19. Бондаренко В.М., Ключева Н.В. К расчёту сооружений, меняющих расчетную схему в следствии коррозионных изменений // Известия вузов. 2008. №1. С. 4-12.
20. СП 385. 1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения.

21. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1). Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019 г.
22. Гениев Г.А. Об оценке динамических эффектов в стержневых системах из хрупких материалов// Бетон и железобетон. 1992 №9. С. 25-27.
23. Шапиро Г.И. Некоторые вопросы расчета при сопряжении сборных конструкций // Строительство и реконструкция. 2022. №1. С. 54-58.

## REFERENCES

1. Almazov V.O., Kao Zui Khoi. Dynamics of progressive destruction of monolithic multi-storey frames. Moscow: DIA, 2013. 128 p.
2. Fialkoa S.Yu., Kabantsevb O.V., Perelmuter A.V. Elasto-plastic progressive collapse analysis based on the integration of the equations of motion // Magazine of Civil Engineering. 2021. 102(2). Article No. 10214
3. Kodysh E.N. Protection of multi-storey buildings from progressive collapse / Kodysh E.N., Trekin N.N., Chesnokov D.A. // Industrial and civil construction. 2016. No. 6. P. 8-13.
4. Fedorova N.V., Fan Dinh Guok, Nguyen Thi Chang. Experimental studies of the survivability of reinforced concrete frames with crossbars reinforced with indirect reinforcement // Construction and reconstruction. 2020. No. 1. Pp. 92-100.
5. Pyushchenko T.A., Kolchunov V.I., Fedorov S.S. Crack resistance of prestressed reinforced concrete frame-rod structures under special influences. Construction and reconstruction. 2021. No (1). 74-84
6. Fedorova N. In. Methods of experimental studies of the deformation of monolithic reinforced concrete frame of a building during emergency effects / Fedorova N. In., Koren'kov, P. A., Wu N. T. // Construction and reconstruction of the 2018. Vol. 4. No. 78. Pp. 42-52.
7. Kodish E.N. The protection design of buildings and structures against progressive collapse, given the emergence of limit state // Industrial and civil construction. 2018. No. 10. Pp. 95-101.
8. Kolcunov V.I. Deformation and failure of a monolithic reinforced concrete frame under accidental actions / Kolcunov V.I., Tuyen N.V., Korenkov P.A. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. T. 753. S. 032037.
9. Fedorova N.V. Deformation and failure of monolithic reinforced concrete frames under special actions / Fedorova N.V., Ngoc T.V. // Journal of Physics: Conference Series. 2019. T. 1425. P. 012033.
10. Adam J. M. Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century / Adam J. M., Parisi F., Sagaseta, J., Lu X. // Engineering Structures. 2018. Vol. 173. S. 122-149.
11. Yu J. Experimental and numerical investigation on progressive collapse resistance of reinforced concrete beam column sub-assemblages / Yu J., Tan K. H. // Engineering Structures. 2013. T. 55. Pp. 90-106.
12. Deng X.-F., Liang S.-L., Fu F., Qian K. Effects of high-strength concrete on progressive collapse resistance of reinforced concrete frame // Journal of Structural Engineering. 2020. Vol. 146. Issue 6. P. 04020078. DOI: 10.1061/(asce)st.1943-541x. 0002628
13. Xuan W., Wang L., Liu C., Xing G., Zhang L., Chen H. Experimental and theoretical investigations on progressive collapse resistance of the concrete-filled square steel tubular column and steel beam frame under the middle column failure scenario // Shock and Vibration. 2019. Vol. 2019. Pp. 1-12. DOI: 10.1155/2019/2354931
14. Alogla K. Theoretical assessment of progressive collapse capacity of reinforced concrete structures / Alogla K., Weekes L., Augustus-Nelson L. // Magazine of Concrete Research. 2017. Vol. 69. No. 3. Pp. 145-162.
15. Shan S. et al. Experimental study on the progressive collapse performance of RC frames with infill walls // Eng. Struct. 2016. Vol. 111. Pp. 80-92.
16. Wu Ngoc Tuen Study of the survivability of a structurally nonlinear reinforced concrete frame-rod system of a multi-storey building frame in a dynamic formulation / Vu Ngoc Tuen // Construction and reconstruction. 2020.- Vol. 90. No. 4. Pp. 73-84.
17. Fedorova N.V., Khalina T.A. Investigation of dynamic reloading in reinforced concrete structural systems during sudden structural rearrangements // Industrial and civil construction. 2017. No. 8. Pp. 32-36.
18. Bondarenko V.M. Computational models of the force resistance of reinforced concrete / V.M. Bondarenko, V.I. Kolchunov. M.: DIA, 2004. 472 p.
19. Bondarenko V.M., Klyueva N. V. On the calculation of structures that change the design scheme as a result of corrosion changes // Izvestiya vuzov. 2008. No. 1. P. 4-12.
20. SP 385. 1325800.2018 Protection of buildings and structures from progressive collapse.
21. SP 63.13330.2018 Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions. SNiP 52-01-2003 (with Change N 1). Official publication. Moscow: Standartinform, 2019.
22. Geniev G.A. On the evaluation of dynamic effects in rod systems made of brittle materials// Concrete and reinforced concrete. 1992. No. 9. Pp.25-27.
23. Shapiro G.I. Some calculation issues in the coupling of prefabricated structures// Construction and reconstruction. 2022. No.1. Pp.54-58.

### Информация об авторах:

#### **Колчунов Виталий Иванович**

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

доктор технических наук, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций.

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

главный научный сотрудник.

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

заведующий кафедрой уникальных зданий и сооружений.

E-mail: [asiorel@mail.ru](mailto:asiorel@mail.ru)

#### **Бушова Олеся Борисовна**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),  
г. Москва, Россия,

аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций НИУ МГСУ.

E-mail: [bushova96@mail.ru](mailto:bushova96@mail.ru)

#### **Кореньков Павел Анатольевич**

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия,  
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций.

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

старший научный сотрудник.

E-mail: [kpa\\_gbk@mail.ru](mailto:kpa_gbk@mail.ru)

### Information about authors:

#### **Kolchunov Vitaly I.**

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow, Russia,  
doctor of Technical Sciences, professor of the department of reinforced concrete and stone structures.

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

chief researcher.

South-West State University, Kursk, Russia,

head of the department of Unique Buildings and Structures.

E-mail: [asiorel@mail.ru](mailto:asiorel@mail.ru)

#### **Bushova Olesya B.**

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

postgraduate student of the department of Reinforced Concrete and Stone Structures, NRU MSUCE.

E-mail: [bushova96@mail.ru](mailto:bushova96@mail.ru)

#### **Korenkov Pavel An.**

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia,

candidate of technical science, docent, associate professor of the building structures,

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

senior researcher.

E-mail: [kpa\\_gbk@mail.ru](mailto:kpa_gbk@mail.ru)

А.Н. МАЛАХОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

## НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ НАРУЖНЫХ КИРПИЧНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ

**Аннотация.** Для зданий исторической застройки городов, а также архитектурных доминантов городских и сельских поселений архитектурная привлекательность зданий часто создается путем возведения наружных несущих кирпичных стен, в том числе – многослойных, а также ненесущих наружных стен с отделочным слоем из лицевого кирпича. При проектировании ограждающих конструкций зданий, а также в процессе исследования и оценки технического состояния ограждающих конструкций построенных зданий возникает необходимость расчета (оценки) несущей способности наружных стен, необходимость оценки их долговечности. Объектом исследования является несущая способность и долговечность наружных стен зданий.

Выполнен обзор отечественной и зарубежной научно-технической литературы. Он показал, что подавляющее большинство научных публикаций касаются выбора конструктивных решений стен, назначения и использования новых строительных технологий и материалов, их технических характеристик, а также оценки энергоэффективности предлагаемых конструктивных решений наружных стен.

Приведены примеры дефектов наружного слоя многослойных несущих стен кирпичных зданий и рекомендации по обеспечению долговечности лицевого слоя кирпичной стены. Рассмотрены требования действующих строительных норм по расчету несущей способности многослойных кирпичных стен. Приведен пример расчета внецентренно сжатой многослойной кирпичной стены с приведенным (эквивалентным) расчетным двутавровым сечением. С целью упрощения расчета несущей способности для определения геометрических характеристик расчетного двутаврового сечения предложено использовать компьютерные программы. В частности, при кратковременном приложении нагрузок для определения напряжений и анализа напряженного состояния расчетного двутаврового сечения стены приведен пример использования программы конструктор сечений ПК ЛИРА-САПР. Показана необходимость рассмотрения распределения напряжений по сечению при кратковременном и длительном нагружении при проектировании многослойных кирпичных стен.

**Ключевые слова:** несущая способность наружных кирпичных стен зданий, долговечность наружных кирпичных стен, конструктивные решения наружных кирпичных стен, геометрические характеристики расчетного двутаврового сечения стены.

A.N. MALAKHOVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia

## BEARING CAPACITY AND DURABILITY OF EXTERNAL BRICK WALLS OF BUILDINGS

**Abstract.** For buildings of historical development of cities, as well as architectural dominants of urban and rural settlements, the architectural attractiveness of buildings is often created by erecting external load-bearing brick walls, including multilayer ones, as well as curtain external walls with a finishing layer of facing bricks. When designing building envelopes, as well as in the process of researching and assessing the technical condition of building envelopes, it becomes necessary to calculate (assess) the bearing capacity of external walls, to assess their durability. The object of research is the bearing capacity and durability of the outer walls of buildings.

A review of domestic and foreign scientific and technical literature has been carried out. He

showed that the overwhelming majority of scientific publications concern the choice of constructive solutions for walls, the purpose and use of new building technologies and materials, their technical characteristics, as well as the assessment of the energy efficiency of the proposed constructive solutions for external walls.

Examples of defects in the outer layer of multilayer bearing walls of brick buildings and recommendations for ensuring the durability of the front layer of a brick wall are given. The requirements of the current building codes for calculating the bearing capacity of multilayer brick walls are considered. An example of calculating an eccentrically compressed multilayer brick wall with equivalent calculated cross-section is given. In order to simplify the calculation of the bearing capacity, it is proposed to use computer programs to determine the geometric characteristics of the equivalent calculated cross-section. In particular, for a short-term application of loads to determine the stresses and analyze the stress state of the equivalent calculated cross-section of the wall, an example of using the program, the constructor of sections PK LIRA-SAPR, is given. It is shown that it is necessary to consider the distribution of stresses over the section under short-term and long-term loading in the design of multilayer brick walls.

**Keywords:** bearing capacity of external brick walls of buildings, durability of external brick walls, constructive solutions of external brick walls, geometric characteristics of the calculated double-T shape cross-section of the wall.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гликин С.М. Современные ограждающие конструкции и энергоэффективность зданий. Москва: ГУП ЦПП, 2003. 157 с.
2. Vivanocos Jose-Luis. A new model based on experimental results for thermal characterization of bricks. *Building and Environment*. 2009. 44. Pp. 1047-11052.
3. СП 15.13330.2020 (СНиП II-22-81\* Каменные и армокаменные конструкции).
4. Малахова А.Н. Конструктивные решения наружных стен кирпичных зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2009. №1. С.22-23.
5. Малахова А.Н. Дефекты наружных стен здания в многослойной кирпичной кладке // Вестник МГСУ. 2014. №10. С.87-94.
6. Малахова А.Н., Балакшин А.С. Дефекты наружных кирпичных стен зданий, достраиваемых после длительного перерыва // Вестник МГСУ. 2011. №8. С.140-145.
7. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81). Москва: ВДПП Госстроя СССР, 1989. 154 с.
8. Умникова Н.П. Долговечность трехслойных стен с облицовкой из кирпича с высоким уровнем тепловой защиты // Вестник МГСУ. 2013. №1. С.91-100.
9. Ельчищева Т.Э., Ельчищева М.М. Влияние режима заморозков на долговечность наружных ограждающих конструкций в Центрально-Черноземном регионе // Жилищное строительство. 2012. №6. С.32-34.
10. Bashir M. Suleiman. Thermal Load Calculations of Multilayered Walls. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2012. Vol. 6. № 4. Pp. 627-631.
11. Yumrutas R, Unsa M., Kanog M. Periodic solution of transient heat flow through multilayer walls and flat roofs by complex finite Fourier transform technique. *Building and Environment*. 2005. 40 (3). Pp. 1117-1126.
12. Гликин С.М. Наружные стены и стены подвалов с теплоизоляцией из пеностекла марки «Неопарм» // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №7. С.35-38.
13. Лившиц Д.В., Пономарев О.И., Ломова Л.М. Повышение долговечности и совершенствование конструкций наружных кирпичных и каменных стен энергоэффективных зданий // Сейсмическое строительство. Безопасность сооружений. 2008. №6. С.42-44.
14. Малахова А.Н. Теплозащитная и несущая способность наружных стен малоэтажных зданий. // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2008. №1(108). С. 82-83.
15. Курицина А.М., Фозилов П.А. Восстановление и улучшение эксплуатационных характеристик наружных стен зданий // Молодая мысль: наука, технологии, инновации: Материалы XII Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. Братск 5. 2020. С.61-65.
16. Ющубе С.В., Подшивалов И.И., Филиппович А.А. Прочность кладки наружных стен из пустотелого керамического камня // Жилищное строительство. 2018. №1-2. С. 53-54.

17. Коновалов Д.И., Новосельцева Е.Л. Основные дефекты трехслойных кирпичных стен с облицовочным слоем из кирпича // Общество. Наука. Инновации (НПК-2017): Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция. Вятский государственный университет. Вятка. 2017. С. 1230-1235.
18. Куприянов В.Н., Иванцов А.И. К вопросу о долговечности многослойных ограждающих конструкций // Известия КГАСУ. 2011. № 3(17). С. 63—70.
19. Иванов Д.С., Дюндин В.Э., Павлова И.Л. Анализ применяемых конструктивных и технологических решений теплоэффективных наружных стен зданий // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2019. № 11. С. 352-355.
20. Турчаненко А.К., Смирнов С.И. Особенности проектирования трёхслойных ограждающих конструкций // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №10(25). С. 108-122.
21. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Современные энергоэффективные конструкционные и облицовочные строительные материалы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. №7. С. 76-87.
22. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Характеристика современных материалов для облицовки фасадов и цоколей зданий и сооружений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 4. С. 55–61.
23. Лобов О.И., Ананьев А.И. Долговечность наружных стен современных многоэтажных зданий // Жилищное строительство. 2008. № 8. С. 48-54.
24. Панской П.А., Яковлев С.Г. Анализ влияния факторов, оказывающих влияние на эксплуатационную надёжность и долговечность многослойных теплоэффективных наружных стен зданий // Научные итоги года: достижения, проекты, гипотезы. 2011. № 1-1. С. 322-328.
25. Ананьев А.И., Рымаров А.Г., Титков Д.Г. Теплотехнические свойства и долговечность наружных облицовочных слоев кирпичных стен зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2021. №7. С. 22-30.
26. Ананьев А.И., Ананьев А.А. Долговечность и энергоэффективность наружных стен из облегченной кирпичной кладки // Academia. архитектура и строительство. 2010. №3. С. 352-356.
27. Курицына А.М., Фозилов П.А. Эксплуатационные характеристики ограждающих конструкций // Молодая мысль: наука, технологии, инновации: Материалы XII Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. Братск, 2020. С. 57-60.
28. Ерофеев В.Т., Ельчищева Т.Ф., Ватин Н.И. Проектирование конструкций наружных стен зданий при неблагоприятном воздействии среды // Промышленное и гражданское строительство. 2020. №8. С. 4-15.
29. Кварчия Г.Э., Чеснокова В.Д., Чередниченко Т.Ф. Влияние технологических решений устройства фасадных систем на их энергоэффективность // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса: Труды международной научно-практической конференции. Волгоград. 2020. С. 151-155.
30. Деркач В.Н. Методы оценки прочности каменной кладки в отечественной и зарубежной практике обследования зданий и сооружений // Вестник белорусско-российского университета. 2010. № 3 (38). С. 135–142.
31. Деркач В.Н. Экспертиза и технология усиления каменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 7. С. 14–20.
32. Копаница Д.Г. Экспериментальные исследования фрагментов кирпичной кладки на действие статической и динамической нагрузки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 4. С. 157–178.
33. Тотурбиев Б.Д., Тотурбиева С.А. Многослойная облегченная блочная конструкция стен // Промышленное и гражданское строительство. 2019. №10. С. 35-41.
34. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. Москва: АСВ, 2009. 360с.

## REFERENCES

1. Glikin S.M. Sovremennyye ograbdayushchiye konstruksii i energoeffektivnost' zdaniy [Modern building envelopes and energy efficiency of buildings]. Moscow: GUP TsPP, 2003. 157 p. (rus)
2. Vivanocos Jose-Luis. A new model based on experimental results for thermal characterization of bricks. Building and Environment. 2009 44. Pp. 1047-11052.
3. SP 15.13330.2020 (SNiP II-22-81 \* Kamennyye i armokamennyye konstruksii [Stone and reinforced masonry structures]). (rus)
4. Malakhova A.N. Konstruktivnyye resheniya naruzhnykh sten kirpichnykh zdaniy [Constructive solutions for the outer walls of brick buildings]. Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka. 2009. No. 1. Pp. 22-23. (rus)
5. Malakhova A.N. Defekty naruzhnykh sten zdaniya v mnogoslnoy kirpichnoy kladke [Defects of the external walls of the building in multilayer brickwork]. Vestnik MGSU. 2014. No. 10. Pp. 87-94.

6. Malakhova A.N., Balakshin A.S. Defekty naruzhnykh kirpichnykh sten zdaniy, dostravayemykh posle dlitel'nogo pereryva [Defects of external brick walls of buildings being completed after a long break]. Vestnik MGSU. 2011. No. 8. Pp. 140-145. (rus)
7. Posobiye po proyektirovaniyu kamennykh i armokamennykh konstruksiy (k SNIIP II-22-81) [Manual for the design of stone and reinforced stone structures (to SNIIP II-22-81)]. Moscow: VDPP Gosstroy USSR, 1989. 154 p. (rus)
8. Umnikova N. P. Dolgovechnost' trekhslonnykh sten s oblitovkoy iz kirpicha s vysokim urovnem teplovoy zashchity [Durability of three-layer walls with brick cladding with a high level of thermal protection]. Vestnik MGSU. 2013. No. 1. Pp. 91-100. (rus)
9. Yelchischeva T.E., Elchishcheva M.M. Vliyaniye rezhima zamorozkov na dolgovechnost' naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruksiy v Tsentral'no-Chernozemnom regione [Influence of the frost regime on the durability of external enclosing structures in the Central Black Earth region]. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2012. No. 6. Pp. 32-34. (rus)
10. Bashir M. Suleiman. Thermal Load Calculations of Multilayered Walls. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2012, Vol. 6. № 4. Pp. 627-631.
11. Yumrutas R, Unsa M., Kanog M. Periodic solution of transient heat flow through multilayer walls and flat roofs by complex finite Fourier transform technique. Building and Environment. 2005, 40 (3). Pp. 1117-1126.
12. Glikin S.M. Naruzhnyye steny i steny podvalov s teploizolyatsiyey iz penostekla marki «Neoparm» [Outside walls and walls of basements with thermal insulation made of foam glass brand "Neoparm"]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2014. No. 7. Pp. 35-38. (rus)
13. Livshits D.V., Ponomarev O.I., Lomova L.M. Povysheniye dolgovechnosti i sovershenstvovaniye konstruksiy naruzhnykh kirpichnykh i kamennykh sten energoeffektivnykh zdaniy [Increasing durability and improving the structures of external brick and stone walls of energy-efficient buildings]. Seismicheskoe stroitel'stvo. Safety of structures. 2008. No. 6. Pp. 42-44. (rus)
14. Malakhova A.N. Teplozashchitnaya i nesushchaya sposobnost' naruzhnykh sten maloetazhnykh zdaniy [Heat-shielding and bearing capacity of the outer walls of low-rise buildings]. Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii xxi veka. 2008. No. 1 (108). Pp. 82-83. (rus)
15. Kuritsyna A.M., Fozilov P.A. Vosstanovleniye i uluchsheniye ekspluatatsionnykh kharakteristik naruzhnykh sten zdaniy [Restoration and improvement of the operational characteristics of the outer walls of buildings] Materialy xii Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh. [Young thought: science, technology, innovation: Materials of the xii All-Russian scientific and technical conference of students, undergraduates, graduate students and young scientists]. Bratsk. 2020. Pp. 61-65. (rus)
16. Yushchube S.V., Podshivalov I.I., Filippovich A.A. Prochnost' kladki naruzhnykh sten iz pustotologo keramicheskogo kamnya [Strength of masonry of external walls made of hollow ceramic stone]. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2018. No. 1-2. Pp. 52-54. (rus)
17. Konovalov D.I., Novoseltseva E.L. Osnovnyye defekty trekhslonnykh kirpichnykh sten s oblitovochnym sloyem iz kirpicha [The main defects of three-layer brick walls with a facing layer of brick]. Obshchestvo. Nauka. Innovatsii (NPK-2017): Vserossiyskaya yezhegodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. [Society. The science. Innovations (NPK-2017): All-Russian annual scientific and practical conference]. Vyatka State University. Vyatka. 2017. Pp. 1230-1235. (rus)
18. Kupriyanov V.N., Ivantsov A.I. K voprosu o dolgovechnosti mnogoslonykh ograzhdayushchikh konstruksiy [To the question of the durability of multilayer enclosing structures]. Izvestiya KGASU. 2011. No. 3 (17). Pp. 63-70. (rus)
19. Ivanov D.S., Dyundin V.E., Pavlova I.L. Analiz primenyayemykh konstruktivnykh i tekhnologicheskikh resheniy teploeffektivnykh naruzhnykh sten zdaniy [Analysis of the applied constructive and technological solutions of heat-efficient external walls of buildings]. Resursoenergoeffektivnyye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona. 2019. No. 11. Pp. 352-355. (rus)
20. Turchanenko A.K., Smirnov S.I. Osobennosti proyektirovaniya trokhslonnykh ograzhdayushchikh konstruksiy [Features of the design of three-layer enclosing structures]. Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy. 2014. No. 10 (25). Pp. 108-122. (rus)
21. Pavlycheva E.A., Pikalov E.S. Sovremennyye energoeffektivnyye konstruksionnyye i oblitovochnyye stroitel'nyye materialy [Modern energy-efficient structural and facing building materials]. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2020. No. 7. Pp. 76-87. (rus)
22. Pavlycheva E.A., Pikalov E.S. Kharakteristika sovremennykh materialov dlya oblitovki fasadov i tsokoley zdaniy i sooruzheniy [Characteristics of modern materials for facing facades and basements of buildings and structures]. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2020. No. 4. Pp. 55–61. (rus)
23. Lobov O.I., Ananiev A.I. Dolgovechnost' naruzhnykh sten sovremennykh mnogoetazhnykh zdaniy [Durability of external walls of modern multi-storey buildings]. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2008. No. 8. Pp. 48-54. (rus)
24. Panskoy P.A., Yakovlev S.G. [Analysis of the influence of factors affecting the operational reliability and durability of multilayer heat-efficient external walls of buildings]. Nauchnyye itogi goda: dostizheniya, proyekty, gipotezy. 2011. No. 1-1. Pp. 322-328. (rus)
25. Ananiev A.I., Rymarov A.G., Titkov D.G. [Thermal properties and durability of external facing layers of brick walls of buildings]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2021. No. 7. Pp. 22-30. (rus)

26. Anan'ev A.I., Anan'ev A.A. Dolgovechnost' i energoeffektivnost' naruzhnykh sten iz oblegchenoy kirpichnoy kladki [Durability and energy efficiency of external walls made of lightweight brickwork]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. No. 3. Pp. 352-356. (rus)
27. Kuritsyna A.M., Fozilov P.A. Eksploatatsionnyye kharakteristiki ograzhdayushchikh konstruksiy [Operational characteristics of enclosing structures]. *Molodaya mysl': nauka, tekhnologii, innovatsii: Materialy xii Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh*. [Young thought: science, technology, innovation: Materials of the xii All-Russian scientific and technical conference of students, undergraduates, graduate students and young scientists]. Bratsk, 2020. Pp. 57-60. (rus)
28. Erofeev V.T., Elchishcheva T.F., Vatin N.I. Proyektirovaniye konstruksiy naruzhnykh sten zdaniy pri neblagopriyatnom vozdeystvii sred [Design of structures of external walls of buildings under adverse environmental impact]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2020. No. 8. Pp. 4-15. (rus)
29. Kvarchia G.E., Chesnokova V.D., Cherednichenko T.F. Vliyaniye tekhnologicheskikh resheniy ustroystva fasadnykh sistem na ikh energoeffektivnost' [The influence of technological solutions for the device of facade systems on their energy efficiency]. *Aktual'nyye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa: Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Actual problems and prospects for the development of the building complex: Proceedings of the international scientific and practical conference]. Volgograd. 2020. Pp. 151-155. (rus)
30. Derkach V.N. Metody otsenki prochnosti kamennoy kladki v otechestvennoy i zarubezhnoy praktike obsledovaniya zdaniy i sooruzheniy [Methods for assessing the strength of masonry in domestic and foreign practice of inspection of buildings and structures]. *Vestnik belorussko-rossiyskogo universiteta*. 2010. No. 3 (38). Pp. 135-142. (rus)
31. Derkach V.N. Ekspertiza i tekhnologiya usileniya kamennykh konstruksiy [Expertise and technology of reinforcement of stone structures]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal*. 2010. No. 7. Pp. 14-20. (rus)
32. Kopanitsa D.G. Eksperimental'nyye issledovaniya fragmentov kirpichnoy kladki na deystviye staticheskoy i dinamicheskoy nagruzki. [Experimental studies of fragments of brickwork on the action of static and dynamic loads]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2012. No. 4. Pp. 157-178. (rus)
33. Toturbiev B.D., Toturbieva S.A. [Multilayer lightweight block construction of walls]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2019. No. 10. Pp. 35-41. (rus)
34. Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Komp'yuternyye modeli konstruksiy. [Computer models of structures]. Moscow: ASV, 2009. 360 p.

**Информация об авторе:**

**Малахова Анна Николаевна**

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

кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: [gbk@mgsu.ru](mailto:gbk@mgsu.ru)

**Information about author:**

**Malakhova Anna N.**

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

candidate of technical science, associated professor of the department of Reinforced Concrete and Stone Structures.

E-mail: [gbk@mgsu.ru](mailto:gbk@mgsu.ru)

И.К. МАНАЕНКОВ<sup>1</sup>, С.О. КУРНАВИНА<sup>1</sup>

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

## ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ СЖАТИЯ ДЛЯ БЕТОНА С КОСВЕННЫМ АРМИРОВАНИЕМ В РАМКАХ ТЕОРИИ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

*Аннотация.* При построении диаграммы работы на сжатия для бетона с косвенным армированием в рамках теории предельных состояний необходимо назначать прочность материалов с требуемой обеспеченностью. Для этого выполняют переход от средних значений прочности, полученных по результатам экспериментов, к уменьшенным нормативным и расчетным значениям прочности. Ввиду этого возникает противоречие, связанное с тем, что изначально зависимости для определения деформаций, соответствующих вершине диаграммы сжатия, получены для экспериментальных значений прочности, а при расчетах конструкций предлагается использовать уменьшенные нормативные и расчетные значения, что может привести к некорректным результатам. В статье произведено сравнение вычисленных значений относительных деформаций с экспериментальными данными и отмечено существенное завышение значений при расчетах относительно нормативной и расчетной прочностей бетона.

*Ключевые слова:* косвенное армирование, диаграмма сжатия, сварные сетки, предельная сжимаемость

I.K. MANAENKOV<sup>1</sup>, S.O. KURNAVINA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

## PLOTTING A STRESS-STRAIN DIAGRAM FOR CONCRETE WITH INDIRECT REINFORCEMENT ACCORDING TO LIMIT STATE DESIGN

*Abstract.* When constructing a stress-strain compression diagram for concrete with indirect reinforcement within the framework of the theory of limit state design, it is necessary to assign the strength values of materials with the required security. To do this, a transition is made from average strength value obtained from the results of experiments to reduced characteristic compressive strength and the design value of strength. In view of this, a contradiction arises due to the fact that initially the formulas for determining the deformations corresponding to the top of the compression diagram were obtained for experimental value of strength, and in the calculations of structures it is proposed to use reduced characteristic compressive strength and the design value of strength, which can lead to incorrect results. The article compares the calculated values of strains with experimental data and notes a significant overestimation when calculating by the characteristic compressive strength and the design value of strength.

*Keywords:* indirect reinforcement, compression diagram, welded mesh, ultimate compressibility.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lu X., Hsu C. Stress-strain relations of high-strength concrete under triaxial compression // J. Mater. Civil Eng. 2007. № 19(3). Pp.261-268.
2. Attard M., Samani A.K. A stress-strain model for uniaxial and confined concrete under compression // Eng. Struct. 2012. № 41. Pp. 335-349.

© Манаенков И.К., Курнавина С.О., 2022

3. Krishan A.L., Chernyshova E.P., Chernyshov V.E. Research of Concrete Durability in Compressed Elements with Different Types of Confinement Reinforcements // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. 652(1):012037.
4. Zingg L., Briffaut M., Baroth J., Malecot Y. Influence of cement matrix porosity on the triaxial behaviour of concrete // Cement. Concrete. Res. 2016. Vol. 80. Pp 52-59.
5. Mohammadi M., Wu Y.F. Triaxial test for concrete under non-uniform passive confinement // Constr. Build. Mater. 2017. Vol. 138. Pp. 455-468.
6. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. Испытание трубобетонных образцов малого диаметра с высоким коэффициентом армирования // Строительство и реконструкция. 2017. №4 (72). С.57-62.
7. Ouyang Y., Kwan A.K.H. Finite element analysis of square concrete-filled steel tube (CFST) columns under axial compressive load 2018 *Eng. Struct.* Vol. 156. Pp. 443-459.
8. Wang Y.Y., Yang L.G., Yang H., Liu C.Y. Behaviour of concrete-filled corrugated steel tubes under axial compression // *Eng. Struct.* 2019. Vol. 183. Pp. 475-495.
9. Ahmed M., Liang Q.Q., Patel V.I., Hadi M.N.S. Numerical analysis of axially loaded circular high strength concrete-filled double steel tubular short columns // *Thin-Walled Structures.* 2019. Vol. 138. Pp. 105-116.
10. Hadi M., Elbasha N. Displacement ductility of helically confined HSC beams // *The Open Construction and Building Technology Journal.* 2008. 2(1):270-279.
11. Chang W, Hao M J; Zheng W Z Behaviour of high-strength concrete circular columns confined by high-strength spirals under concentric compression // *Construction and Building Materials.* 2020. 230:117007.
12. Munir M J et al. Development of a unified model to predict the axial stress-strain behavior of recycled aggregate concrete confined through spiral reinforcement // *Eng. Struct.* 2020. 218:110851.
13. Лапшинов А.Е., Тамразян А.Г. К влиянию поперечного армирования на прочность и деформативность сжатых бетонных элементов, армированных композитной полимерной арматурой // *Строительство и реконструкция.* 2018. № 4 (78). С. 20-30.
14. Тамразян А.Г., Черник В.И. Диаграмма деформирования бетона, ограниченного дискретной композитной обоймой // *Промышленное и гражданское строительство.* 2020. № 8. С. 43-53.
15. Попов Н.Н., Трекин Н.Н., Матков Н.Г. Влияние косвенного армирования на деформации бетона // *Бетон и железобетон.* 1988. №11. С. 33-36.
16. Krishan A.L., Rimshin V.I., Troshkina E.A. Compressed and bending concrete elements with confinement reinforcement meshes // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2020. 753:022052.
17. Манаенков И.К. К совершенствованию диаграммы сжатого бетона с косвенным армированием // *Строительство и реконструкция.* 2018. № 2 (76). С. 41-50.
18. Tamrazyan A.G., Manaenkov I.K., Koroteev D.D. Study of Reinforced Concrete Beams with Indirect Reinforcement of Compressed Zone in the Form of Cross Welded Mesh // *J.Mech.Cont.& Math. Sci.* 2019. No. 1S. Pp. 621-631.
19. Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Никитин И.К., Соседов К.Е. Практические методы и примеры расчета железобетонных конструкций из тяжелого бетона по СП 63.13330. М.: ООО «Бумажник», 2017. 496 с.
20. Манаенков И.К. К расчету железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.* 2019. №5(383). С. 238-242.
21. Перельмутер А.В., Кабанцев О.В., Пичугин С.Ф. Основы метода расчетных предельных состояний. М: Издательство АСВ, 2019. 240 с.
22. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2018.
23. Кришан А.Л., Сабиров Р.Р., Кришан М.А. Расчет прочности сжатых железобетонных элементов с косвенным армированием сетками // *Архитектура. Строительство. Образование.* 2014. №1(3). С.215-224.
24. Manaenkov I.K., Savin S.U. Numerical analysis of the ultimate compressibility of concrete with indirect reinforcement for plotting a stress-strain diagram // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2021. 1030:012090.
25. EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures.

## REFERENCES

1. Lu X., Hsu C. Stress–strain relations of high-strength concrete under triaxial compression // *J. Mater. Civil Eng.* 2007. № 19(3). Pp.261-268.
2. Attard M., Samani A.K. A stress–strain model for uniaxial and confined concrete under compression // *Eng. Struct.* 2012. № 41. Pp. 335-349.
3. Krishan A.L., Chernyshova E.P., Chernyshov V.E. Research of Concrete Durability in Compressed Elements with Different Types of Confinement Reinforcements // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. 652(1):012037.
4. Zingg L., Briffaut M., Baroth J., Malecot Y. Influence of cement matrix porosity on the triaxial behaviour of concrete // *Cement. Concrete. Res.* 2016. Vol. 80. Pp 52-59.

5. Mohammadi M., Wu Y.F. Triaxial test for concrete under non-uniform passive confinement // *Constr. Build. Mater.* 2017. Vol. 138. Pp. 455-468.
6. Tamrazyan A G, Manaenkov I K Testing of small-diameter pipe-concrete samples with a high reinforcement factor. *Building and Reconstruction.* 2017. No. 4(72). Pp 57-62. (rus)
7. Ouyang Y., Kwan A.K.H. Finite element analysis of square concrete-filled steel tube (CFST) columns under axial compressive load 2018 *Eng. Struct.* Vol. 156. Pp. 443-459.
8. Wang Y.Y., Yang L.G., Yang H., Liu C.Y. Behaviour of concrete-filled corrugated steel tubes under axial compression // *Eng. Struct.* 2019. Vol. 183. Pp. 475-495.
9. Ahmed M., Liang Q.Q., Patel V.I., Hadi M.N.S. Numerical analysis of axially loaded circular high strength concrete-filled double steel tubular short columns // *Thin-Walled Structures.* 2019. Vol. 138. Pp. 105-116.
10. Hadi M., Elbasha N. Displacement ductility of helically confined HSC beams // *The Open Construction and Building Technology Journal.* 2008. 2(1):270-279.
11. Chang W, Hao M J; Zheng W Z Behaviour of high-strength concrete circular columns confined by high-strength spirals under concentric compression // *Construction and Building Materials.* 2020. 230:117007.
12. Munir M J et al. Development of a unified model to predict the axial stress-strain behavior of recycled aggregate concrete confined through spiral reinforcement // *Eng. Struct.* 2020. 218:110851.
13. Lapshinov A.E., Tamrazjan A.G. To The Influence Of Transverse Reinforcement To Strength And Deformability Of Concrete Compressive Members Reinforced With Frp Reinforcement. *Building and Reconstruction.* 2018. No 4(78). Pp. 20-30. (rus)
14. Tamrazjan A.G., Chernik V.I. Stress-Strain Model For Concrete Confined By a Discrete FRP-jackets. *Industrial And Civil Construction.* 2020. No 8. Pp. 43-53. (rus)
15. Popov N.N., Trekin N.N., Matkov N.G. The effect of indirect reinforcement on concrete deformation. *Concrete and reinforced concrete.* 1988. No 11. Pp. 33-36. (rus)
16. Krishan A.L., Rimshin V.I., Troshkina E.A. Compressed and bending concrete elements with confinement reinforcement meshes // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2020. 753:022052.
17. Manaenkov I.K. Perfection Of The Concrete Compression Diagram With Indirect Reinforcement. *Building and Reconstruction.* 2018. No 2 (76). Pp. 41-50. (rus)
18. Tamrazyan A.G., Manaenkov I.K., Koroteev D.D. Study of Reinforced Concrete Beams with Indirect Reinforcement of Compressed Zone in the Form of Cross Welded Mesh // *J.Mech.Cont.& Math. Sci.* 2019. No. 1S. Pp. 621-631.
19. Kodysh Je.N., Trekin N.N., Nikitin I.K., Sosedov K.E. Practical methods and examples of calculating reinforced concrete structures of heavy concrete according to SP 63.13330. Moscow: LLC «Bumazhnik», 2017. 496 p. (rus)
20. Manaenkov I.K. To the calculation of reinforced concrete elements according to the nonlinear deformation model. *The News of Higher Educational Institutions Technology of Textile Industry.* 2019. No 5(383). Pp. 238-242. (rus)
21. Perelmuter A.V., Kabancev O.V., Pichugin S.F. Basis of the method of limit state design (Moscow: ASV Press), 2019 240 p. (rus)
22. Russian Building Code SP 63.13330.2018 Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. (rus)
23. Krishan A.L., Sabirov R.R., Krishan M.A. Durability calculation of compressed reinforced concrete elements with confinement reinforcement made by fabrics. *Architecture. Construction. Education.* 2014. No 1 (3). Pp. 215-224. (rus)
24. Manaenkov I.K., Savin S.U. Numerical analysis of the ultimate compressibility of concrete with indirect reinforcement for plotting a stress-strain diagram // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2021. 1030:012090.
25. EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures.

#### Информация об авторах:

##### **Манаенков Иван Константинович**

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

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

E-mail: [manaenkov.i.k@gmail.com](mailto:manaenkov.i.k@gmail.com)

##### **Курнавина Софья Олеговна**

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

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

E-mail: [sofyk@yandex.ru](mailto:sofyk@yandex.ru)

**Information about authors:**

**Manaenkov Ivan K.**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,  
candidate of technical sciences, associate professor of the department of reinforced concrete and stone structures.  
E-mail: [manaenkov.i.k@gmail.com](mailto:manaenkov.i.k@gmail.com)

**Kurnavina Sofiya O.**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,  
candidate of technical sciences, , associate professor, associate professor of the department of reinforced concrete and  
stone structures.  
E-mail: [sofyk@yandex.ru](mailto:sofyk@yandex.ru)

Р.Б. ОРЛОВИЧ<sup>1</sup>, А.С. ГОРШКОВ<sup>2</sup>, В.Н. ДЕРКАЧ<sup>3</sup>, С.С. ЗИМИН<sup>4</sup>, М.В. ГРАВИТ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ООО «ПИ Геореконструкция», г. Санкт-Петербург, Россия,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», г. Санкт-Петербург, Россия,

<sup>3</sup>Филиал РУП «Институт БелНИИС» - Научно-технический центр, г. Брест, Республика Беларусь,

<sup>4</sup>ФГАУО ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Россия

## ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ПОСЛЕ РЕСТАВРАЦИИ

**Аннотация.** Выполнен анализ причин возникновения повреждений в каменной кладке исторических зданий после их реставрации. Установлено, что применение растворов повышенной марки и, соответственно, жесткости при ремонтах исторической кладки приводит к росту растягивающих напряжений в кирпиче при температурно-влажностных воздействиях. Мотивацией к применению таких растворов является стремление повысить прочность и долговечность восстанавливаемых участков исторической кладки. В статье на основе результатов численного моделирования показано, что кладочный раствор должен быть достаточно прочным при сжатии и при этом в достаточной мере пластичным. В частности установлено, что применение жестких растворов на основе цементного связующего по сравнению с пластичными на основе известкового связующего увеличивает значение нормальных растягивающих напряжений при температурном перепаде  $\Delta T = +10$  °C в среднем в два раза, а при набухании камней из-за их увлажнения – на порядок. Сделан вывод, что для реставрационных работ с кирпичной кладкой следует применять растворы в соответствии с технологией, соответствующей данному историческому периоду, с использованием известки с добавками, которые были выявлены при лабораторных испытаниях образцов, отобранных с исторической каменной кладки. Предпочтение следует отдавать низкомарочным минеральным растворам, обладающим низким модулем упругости, что повышает трещиностойкость кладки при температурно-влажностных воздействиях. Показано, что деструкции каменной кладки также способствует неправильная расшивка кладочных швов, когда образуются участки скопления дождевой воды, приводящие к повышенному увлажнению камней в зонах прямого воздействия дождевых осадков.

**Ключевые слова:** исторические каменные здания, каменная кладка, кирпич, кладочный раствор, увлажнение, потеря прочности, повреждения, разрушение, физический износ, реставрация.

R.B. ORLOVICH<sup>1</sup>, A.S. GORSHKOV<sup>2</sup>, V.N. DERKACH<sup>3</sup>, S.S. ZIMIN<sup>4</sup>, M.V. GRAWIT<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ООО «PI Georekonstrukcia», Saint-Petersburg, Russia,

<sup>2</sup>Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint-Petersburg, Russia,

<sup>3</sup>Branch office of the RUE "Institute BelNIIS" - Scientific-Technical Center, Brest, Republic of Belarus,

<sup>4</sup>Saint-Petersburg state polytechnical university, Saint-Petersburg, Russia

## CAUSES OF DAMAGE TO MASONRY AFTER RESTORATION

**Abstract.** The article provides the analysis of the causes of damage in the masonry of historical buildings after their restoration. It has been established that the use of mortars of an increased grade and, accordingly, stiffness during repairs of historical masonry leads to an increase in tensile stresses in bricks under temperature and humidity effects. The reasoning behind the use of such mortars is to increase the strength and durability of the restored areas of historical masonry. The results of numerical simulation show that the masonry mortar must be sufficiently strong in compression and, at the same time, sufficiently plastic. It is shown that the use of hard mortars based on a cement binder,

*compared with plastic mortars based on a lime binder, on average doubles the value of normal tensile stresses at a temperature difference  $\Delta T = +100^\circ\text{C}$ . This effect is much higher when stones swell due to their moisture. According to the results, for restoration work with brickwork, one should use mortars in accordance with the technology corresponding to this historical period, i.e., lime with additives that were identified during laboratory tests of samples taken from historical masonry. Low-grade mineral solutions with a low modulus of elasticity are preferable. It increases the crack resistance of the masonry under temperature and humidity effects. The article also shows that improper jointing of masonry joints facilitates the destruction of masonry. It happens when areas of accumulation of rainwater are formed, leading to increased wetting of stones in areas of direct impact of rainfall.*

**Keywords:** historical stone buildings, masonry, brick, masonry mortar, moisture, loss of strength, damage, destruction, physical wear, restoration

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Domaclowski W., Lewandowska M., Lukaszewicz V. Badania nad konserwacją murów ceglanych. Toruń, 2004. 210 s.
2. Горчаков Г.И. Коэффициенты температурного расширения и температурные деформации строительных материалов. М. : Изд-во Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совмине СССР, 1968. 165 с.
3. Орлович Р.Б., Горшков А.С., Зимин С.С. Применение камней с высокой пустотностью в облицовочном слое многослойных стен // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 8 (43). С. 14-23. doi: 10.5862/MCE.43.3.
4. Серикхалиев С.Б., Зимин С.С., Орлович Р.Б. Дефекты защитно-декоративной кирпичной облицовки фасадов каркасных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 5 (20). С. 28-38. doi: 10.18720/CUBS.20.3.
5. Горшков А.С. Модель физического износа строительных конструкций // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 12 (191). С. 34-37.
6. Кнатько М.В., Ефименко М.В., Горшков А.С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 2 (2). С. 50-53. doi: 10.18720/MCE.2.8.
7. Горшков А.С. Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натуральных испытаний // Строительные материалы. 2009. № 8. С. 12-17.
8. Горшков А.С., Кнатько М.В., Рымкевич П.П. Лабораторные и натурные исследования долговечности (эксплуатационного срока службы) стеновой конструкции из автоклавного газобетона с облицовочным слоем из силикатного кирпича // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 8 (10). С. 20-26. doi: 10.18720/MCE.10.3.
9. Горшков А.С., Кнатько М.В., Рымкевич П.П. Оценка долговечности ограждающих конструкций зданий // Стройпрофиль. 2009. № 3. С. 7-8.
10. Деркач В.Н., Демчук И.Е., Орлович Р.Б. Механизм повреждаемости несущей облицовки многослойных каменных стен // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 3(54). С. 63-70. doi: 10.18720/CUBS.54.5.
11. Онищик Л.И. Каменные конструкции / Л.И. Онищик. М.: Стройиздат, 1939. 208 с.
12. Поляков С.В., Сафаргалиев С.М. Монолитность каменной кладки. Алма-Ата: Гылым, 1991. 210 с.
13. Поляков С.В. К вопросу сцепления в кирпичной кладке // «Исследования по каменным конструкциям»: сб. статей под научн. ред. Л.И. Онищика. М.: ЦНИИСК, 1957. С. 298-301.
14. Гурьев В.В., Никитин В.И., Кофанов В.А. Влияние косога дождя на влагосодержание ограждающих конструкций из силикатных материалов // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 15-21.
15. Улыбин А.В., Старцев С.А., Зубков С.В. Контроль влажности при обследовании каменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 7. С. 32-39. doi: 10.5862/MCE.42.5.
16. Мурыи М.А. Температурные деформации влажной кирпичной кладки // Вестник ТГАСУ. 2008. №1. С. 79-85.
17. Корниенко С.В. Характеристики состояния влаги в материалах ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2007. № 4. С. 74-78.
18. Корниенко С.В. Потенциал влажности для определения влажностного состояния материалов наружных ограждений в неизотермических условиях // Строительные материалы. 2006. № 4. С. 88-89.
19. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С. Оценка влажностного режима стен с фасадными теплоизоляционными композиционными системами // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 6 (45). С. 34-54. doi: 10.18720/CUBS.45.2.

20. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Петриченко М.Р., Горшков А.С. Оценка влажностного режима многослойной стеновой конструкции в годовом цикле. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. No. 6 (33). Pp. 19-33. doi: 10.18720/CUBS.33.2.

21. Lourenco P.B. Computational strategies for masonry structures: PhD Dissertation. Delfi: Delfi University Press, 1996. 210 p.

## REFERENCES

1. Domaclowski W., Lewandowska M., Lukaszewicz V. Badania nad konserwacja murów ceglanych [Research on the preservation of brick walls]. Torun, 2004. 210 p. (pol).
2. Gorchakov G.I. Koeffitsienty temperaturnogo rasshireniya i temperaturnye deformacii stroitel'nykh materialov [Coefficients of thermal expansion and thermal deformation of building materials]. M.: Izd-vo Komiteta standartov, mer i izmeritel'nykh priborov pri Sovmine SSSR, 1968. 165 p. (rus).
3. Orlovich R.B., Gorshkov A.S., Zimin S.S. Primenenie kamnej s vysokoj pustotnost'yu v oblicovochnom sloe mnogoslojnykh sten [Application of stones of high voidage in the facing layer of the multilayer walls]. *Magazine of Civil Engineering*. 2013. No. 8 (43). Pp. 14-23. doi: 10.5862/MCE.43.3. (rus).
4. Serikhaliev S.B., Zimin S.S., Orlovich R.B. Defekty zashchitno-dekorativnoj kirpichnoj oblicovki fasadov karkasnykh zdaniy [The defects of protective facing masonry of frame buildings]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. No. 5 (20). Pp. 28-38. doi: 10.18720/CUBS.20.3. (rus).
5. Gorshkov A.S. Model' fizicheskogo iznosa stroitel'nykh konstrukcij [Physical deterioration model of building structures]. *Building materials, equipment, technologies of the XXI century*. 2014. No. 12 (191). Pp. 34-37. (rus).
6. Knat'ko M.V., Efimenko M.N., Gorshkov A.S. K voprosu o dolgovechnosti i energoeffektivnosti sovremennykh ograzhdayushchih stenovykh konstrukcij zhilykh, administrativnykh i proizvodstvennykh zdaniy [On the issue of durability and energy efficiency of modern enclosing wall structures of residential, administrative and industrial buildings]. *Magazine of Civil Engineering*. 2008. No. 2 (2). Pp. 50-53. doi: 10.18720/MCE.2.8. (rus).
7. Gorshkov A.S. Ocenka dolgovechnosti stenovoj konstrukcii na osnovanii laboratornykh i naturnykh ispytaniy [Assessment of operating life of wall structure on the basis of laboratory and full-scale tests]. *Construction materials*. 2009. No. 8. Pp. 12-17. (rus).
8. Gorshkov A.S., Knat'ko M.V., Rymkevich P.P. Laboratornye i naturnye issledovaniya dolgovechnosti (ekspluatatsionnogo sroka sluzhby) stenovoj konstrukcii iz avtoklavnogo gazobetona s oblicovochnym sloem iz silikatnogo kirpicha [Laboratory and full-scale studies of durability (operational service life) of a wall structure from autoclaved aerated concrete with a facing layer from silicate brick] // *Magazine of Civil Engineering*. 2009. No. 8 (10). Pp. 20-26. doi: 10.18720/MCE.10.3. (rus).
9. Gorshkov A.S., Knat'ko M.V., Rymkevich P.P. Ocenka dolgovechnosti ograzhdayushchih konstrukcij zdaniy [Assessment of the durability of building envelopes]. *Strojprofile*. 2009. No. 3. Pp. 7-8. (rus).
10. Derkach V.N., Demchuk I.E., Orlovich R.B. Mekhanizm povrezhdaemosti nenesushchej oblicovki mnogoslojnykh kamennykh sten [The mechanism of damage non-bearing facing multilayered masonry walls]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2017. No. 3 (54). Pp. 63-70. doi: 10.18720/CUBS.54.5. (rus).
11. Onishchik L.I. Kamennye konstrukcii [Stone structures]. M.: Strojizdat, 1939. 208 p. (rus).
12. Polyakov S.V., Safargaliev S.M. Monolitnost' kamennoj kladki [Monolithic of masonry]. Alma-Ata: Gylym, 1991. 210 p. (rus).
13. Polyakov S.V. K voprosu scepneniya v kirpichnoj kladke [On the issue of adhesion in brickwork]. "Issledovaniya po kamennym konstrukciyam": sb. statej pod nauchn. red. L.I. Onishchika ["Research on stone structures": coll. of articles under scientific. ed. L.I. Onishchik]. M.: CNIISK, 1957. Pp. 298 – 301. (rus).
14. Gur'ev V.V., Nikitin V.I., Kofanov V.A. Vliyanie kosogo dozhdya na vlagosoderzhanie ograzhdayushchih konstrukcij iz silikatnykh materialov [Influence of slanting rain on the moisture content of building envelopes made of silicate materials]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016. No. 5. Pp. 15-21. (rus).
15. Ulybin A.V., Starcev S.A., Zubkov S.V. Kontrol' vlazhnosti pri obsledovanii kamennykh konstrukcij [Humidity control in the inspection of masonry structures]. *Magazine of Civil Engineering*. 2013. No. 7. Pp. 32-39. doi: 10.5862/MCE.42.5. (rus).
16. Muryj M.A. Temperaturnye deformacii vlazhnoj kirpichnoj kladki [Temperature deformations of wet brickwork]. *Vestnik TGASU*. 2008. No. 1. Pp. 79-85. (rus).
17. Kornienko S.V. Harakteristiki sostoyaniya vlagi v materialah ograzhdayushchih konstrukcij zdaniy [Characteristics of the state of moisture in the building envelope materials]. *Construction materials*. 2007. No. 4. Pp. 74-78. (rus).
18. Kornienko S.V. Potencial vlazhnosti dlya opredeleniya vlazhnostnogo sostoyaniya materialov naruzhnykh ograzhdenij v neizotermicheskikh usloviyah [Humidity potential for determining the moisture condition of external fencing materials in non-isothermal conditions]. *Construction materials*. 2006. No. 4. Pp. 88-89. (rus).
19. Kornienko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S. Ocenka vlazhnostnogo rezhima sten s fasadnymi teploizolyatsionnymi kompozitsionnymi sistemami [Assessment of moisture conditions of walls with facade's

thermo-insulation composite]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2016. No. 6 (45). Pp. 34-54. doi: 10.18720/CUBS.45.2. (rus).

20. Kornienko S.V., Vatin N.I., Petrichenro M.R., Gorshkov A.S. Ocenka vlazhnostnogo rezhima mnogoslojnoj stenovoj konstrukcii v godovom cikle [Evaluation of hygrothermal performance of multilayered wall design in annual cycle]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2015. No. 6 (33). Pp. 19-33. doi: 10.18720/CUBS.33.2. (rus).

21. Lourenco P.B. Computational strategies for masonry structures: PhD Dissertation. Delfi: Delfi University Press, 1996. 210 p.

#### **Информация об авторах:**

**Орлович Роман Болеславович**

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

**Горшков Александр Сергеевич**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»,  
г. Санкт-Петербург, Россия,  
доктор технических наук, профессор кафедры Интеллектуальных систем и защиты информации.  
E-mail: [alsgor@yandex.ru](mailto:alsgor@yandex.ru)

**Деркач Валерий Николаевич**

Филиал РУП «Институт БелНИИС» - Научно-технический центр, г. Брест, Республика Беларусь,  
доктор технических наук, директор.  
E-mail: [v-derkach@yandex.ru](mailto:v-derkach@yandex.ru)

**Зимин Сергей Сергеевич,**

ФГАУО ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,  
г. Санкт-Петербург, Россия,  
кандидат технических наук, доцент Инженерно-строительного института.  
E-mail: [zimin\\_sergei@mail.ru](mailto:zimin_sergei@mail.ru)

**Гравит Марина Викторовна**

ФГАУО ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,  
г. Санкт-Петербург, Россия,  
кандидат технических наук, доцент Инженерно-строительного института.  
E-mail: [kit451@mail.ru](mailto:kit451@mail.ru)

#### **Information about authors:**

**Orlovich Roman B.**

ООО «PI Georekonstrukcia», Saint-Petersburg, Russia,  
doctor of technical science, Professor, Scientific consultant.  
E-mail: [orlowicz@mail.ru](mailto:orlowicz@mail.ru)

**Gorshkov Alexander S.**

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint-Petersburg, Russia,  
doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Intelligent Systems and Information Security.  
E-mail: [alsgor@yandex.ru](mailto:alsgor@yandex.ru)

**Derkach Valery N.**

Branch office of the RUE "Institute BelNIIS" - Scientific-Technical Center, Brest, Republic of Belarus,  
doctor of Technical Sciences, Director.  
E-mail: [v-derkach@yandex.ru](mailto:v-derkach@yandex.ru)

**Zimin Sergey S.**

Saint-Petersburg state polytechnical university, Saint-Petersburg, Russia,  
candidate of technical sciences, Associate Professor of the Institute of Civil Engineering.  
E-mail: [zimin\\_sergei@mail.ru](mailto:zimin_sergei@mail.ru)

**Grawit Marina V.**

Saint-Petersburg state polytechnical university, Saint-Petersburg, Russia,  
candidate of technical sciences, Associate Professor of the Institute of Civil Engineering.  
E-mail: [kit451@mail.ru](mailto:kit451@mail.ru)

А.В. ТУРКОВ<sup>1,2</sup>, С.И. ПОЛЕШКО<sup>1</sup>, Е.А. ФИНАДЕЕВА<sup>1</sup>, К.В. МАРФИН<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОГИБОВ И ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ КРУГЛЫХ ИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИН ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ ПО ЗАКОНУ КВАДРАТНОЙ ПАРАБОЛЫ С УТОЛЩЕНИЕМ К ЦЕНТРУ

**Аннотация.** Рассматривается взаимосвязь максимальных прогибов  $W_0$  от статической равномерно распределённой нагрузки  $q$  и основной частоты собственных поперечных колебаний  $\omega$  круглой изотропной пластинки переменной толщины по закону квадратной параболы с утолщением в центре при однородных условиях опирания по внешнему контуру в зависимости от соотношения толщины пластины в центре к толщине по краю. По результатам исследования построены графики зависимости максимального прогиба и частоты собственных колебаний пластинки от соотношения  $t_2/t_1$ . Показано, что для круглых пластинок переменной толщины по закону квадратной параболы с утолщением в центре при  $t_2/t_1 \leq 1,1$  коэффициент  $K$  с точностью до 5,29% совпадает с аналитическим коэффициентом для круглых пластинок постоянной толщины.

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

A. V. TURKOV<sup>1,2</sup>, S. I. POLESHKO<sup>1</sup>, E. A. FINADEEVA<sup>1</sup>, K. V. MARFIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Orel state University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia

<sup>2</sup>South-West State University, Kursk, Russia

## THE RELATIONSHIP OF DEFLECTIONS AND FREQUENCIES OF NATURAL TRANSVERSE VIBRATIONS OF CIRCULAR ISOTROPIC PLATES OF VARIABLE THICKNESS ACCORDING TO THE LAW A SQUARE PARABOLA WITH A THICKENING TO THE CENTER

**Abstract.** The relationship between the maximum deflections  $W_0$  from a static uniformly distributed load  $q$  and the fundamental frequency of natural transverse vibrations  $\omega$  of a round isotropic plate of variable thickness according to the law of a square parabola with a thickening in the center under homogeneous conditions of support along the outer contour, depending on the ratio of the thickness of the plate in the center to the thickness along the edge, is considered. According to the results of the study, graphs of the dependence of the maximum deflection and the frequency of natural vibrations of the plate on the ratio  $t_2/t_1$  are constructed. It is shown that for round plates of linearly variable thickness at  $t_2/t_1 \leq 1.1$ , the coefficient  $K$  with an accuracy of 5.29% coincides with the analytical coefficient for round plates of constant thickness.

**Keywords:** round plate, bearing conditions, frequency of proper transverse vibrations, maximum deflection.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробко В.И. Об одной "замечательной" закономерности в теории упругих пластинок // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1989. № 11. С. 32-36.
2. Коробко В.И. Графоаналитический способ определения основной частоты колебаний и критической нагрузки мембран произвольного вида [Текст] / В.И. Коробко // Тонкостенные пространственные конструкции покрытий зданий. Таллинн. 1986. С. 71-72.

© Турков А.В., Полешко С.И., Финадеева Е.А., Марфин К.В., 2022

3. Коробко В.И. Изопериметрические неравенства в строительной механике пластинок [Текст] / В.И. Коробко. - М.: Стройиздат, 1992. - 208 с.
4. Коробко В.И. Некоторые геометрические методы решения задач технической теории пластинок (препринт) [Текст] / В.И. Коробко. - Хабаровск: ХабКНИИ ДВНЦ АН СССР. 1978. 66 с.
5. Коробко В.И. Оценка частот свободных колебаний пластинок [Текст] / В.И. Коробко // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1979. N 10. С. 21-23.
6. Коробко В.И., Турков А.В., Калашникова О.В. Поперечные колебания, прогибы и усилия в однопролетных составных балках с различными граничными условиями слоев // Строительная механика и расчет сооружений. 2010. № 3. С. 65-68.
7. Коробко В.И., Бояркина О.В. Взаимосвязь задач поперечного изгиба и свободных колебаний треугольных пластинок // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2007. № 22 (94). С. 24-26.
8. Коробко В.И. Применение изопериметрического метода к решению задач технической теории пластинок (препринт) [Текст] / В.И. Коробко. - Хабаровск: ХабКНИИ ДВНЦ АН СССР. - 1978. - 66 с.
9. Турков А.В., Жушкова К.А. Взаимосвязь максимальных прогибов и частот собственных колебаний изотропных кольцевых пластин при шарнирном опирании по внешнему контуру // Актуальные проблемы строительства, строительной индустрии и архитектуры: сборник материалов XX международной научно-технической конференции. Тула, 28-29 июня 2019. Тульский государственный университет. С. 299-302. URL: [http://dmitriy.chiginskiy.ru/publications/files/Materialy\\_XX\\_MNTK-2019\\_Tula.pdf](http://dmitriy.chiginskiy.ru/publications/files/Materialy_XX_MNTK-2019_Tula.pdf) (дата обращения: 21.05.2020).
10. Турков А.В., Жушкова К.А. Взаимосвязь максимальных прогибов и частот собственных колебаний изотропных кольцевых пластин при жестком закреплении по внешнему контуру // Актуальные проблемы современной когнитивной науки: сборник статей по итогам всероссийской научно-практической конференции. Волгоград. 30 июня 2019. Стерлитамак: АМИ, 2019. С. 70-72..
11. Турков А.В, Марфин К.В., Баженова А.В. Прогибы и частоты собственных колебаний составных многослойных квадратных изотропных пластин с шарнирным опиранием по контуру при изменении жесткости связей сдвига // Строительство и реконструкция. 2019. №4. С. 65-70.
12. Турков А.В, Марфин К.В., Ветрова О.А. Прогибы и частоты собственных колебаний систем перекрестных ферм на квадратном плане с различными схемами опирания // Промышленное и гражданское строительство. 2018. №11. С. 42-45.
13. Турков А.В, Марфин К.В. Определение коэффициента жесткости шва круглой составной изотропной пластины по её основной частоте колебаний // Строительная механика и расчет сооружений. 2013. №4. С. 58-62.
14. Турков А.В, Марфин К.В. Точность результатов численных исследований круглых составных изотропных пластин на податливых связях при различном количестве конечных элементов // Строительство и реконструкция. 2012. №1. С. 40-45.
15. Турков А.В, Марфин К.В. Экспериментальные исследования составных круглых пластинок на динамические и статические нагрузки // Строительство и реконструкция. 2015. №4. С. 60-66
16. Турков А.В., Ветрова О.А. Прогибы и частоты собственных колебаний систем перекрестных ферм на квадратном плане с различными схемами опирания // Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве» (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова). Сб. докл.: в 2 т. Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. Т. 1. С. 157-161.
17. Турков А.В, Карпова Е.В. Исследование коэффициента жёсткости шва для треугольной составной изотропной пластины в зависимости от её основной частоты колебаний при разной жёсткости связей сдвига // Строительная механика и расчет сооружений. 2015. №2. С. 66-69.
18. Турков А.В, Абашина Н.М., Карпова Е.С. Прогибы и частоты собственных колебаний составных ромбических изотропных пластин, шарнирно опёртых по контуру при изменении жёсткости связей сдвига // Строительство и реконструкция. 2016. №5. С. 45-50.
19. A. Turkov, N.Sabashina/ Deflections and frequencies of natural oscillations of systems of composite two-layer isotropic plates of the round shape at the change of thickness of one of the layers International Journal of Applied Engineering Science//Volume 15 (2017), article 458, pages: 387 - 392.
20. Семенов А.А., Габитов А.И. Проектно-вычислительный комплекс SCAD в учебном процессе. Москва, АСВ. 2005. 152 с.

## **REFERENCES**

1. Korobko V.I. Ob odnoj "zamechatel'noj" zakonovernosti v teorii uprugih plastinok // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura. 1989. № 11. P. 32-36.
2. Korobko V.I. Grafoanaliticheskiy sposob opredeleniya osnovnoj chastoty kolebanij i kriticheskoj nagruzki membran proizvol'nogo vida [Tekst] / V.I. Korobko // Tonkostennye prostranstvennye konstrukcii pokrytij zdaniy. - Tallinn. 1986. P. 71-72.

3. Korobko V.I. Izoperimetricheskie neravenstva v stroitel'noj mekhanike plastinok [Tekst] / V.I. Korobko. - M.: Strojizdat, 1992. - 208 P.
4. Korobko V.I. Nekotorye geometricheskie metody resheniya zadach tekhnicheskoy teorii plastinok (preprint) [Tekst] / V.I. Korobko. - Habarovsk: HabKNII DVNC AN SSSR. - 1978.- 66 p.
5. Korobko V.I. Ocenka chastot svobodnyh kolebanij plastinok [Tekst] / V.I. Korobko // Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura. - 1979. - N 10. - P. 21-23.
6. Korobko V.I., Turkov A.V., Kalashnikova O.V. Poperechnye kolebaniya, progiby i usiliya v odnoproletnyh sostavnyh balkah s razlichnymi granichnymi usloviyami sloev // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. 2010. № 3. P. 65-68.
7. Korobko V.I., Boyarkina O.V. Vzaimosvyaz' zadach poperechnogo izgiba i svobodnyh kolebanij treugol'nyh plastinok // Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. 2007. № 22 (94). P. 24-26.
8. Korobko V.I. Primenenie izoperimetricheskogo metoda k resheniyu zadach tekhnicheskoy teorii plastinok (preprint) [Tekst] / V.I. Korobko. - Habarovsk: HabKNII DVNC AN SSSR. - 1978. - 66 p.
9. Turkov A.V., Zhupikova K.A. Vzaimosvyaz' maksimal'nyh progibov i chastot sobstvennyh kolebanij izotropnyh kol'cevyyh plastin pri sharnirnom opiraniy po vneshnemu konturu // Aktual'nye problemy stroitel'stva, stroitel'noj industrii i arhitektury: sbornik materialov HKH mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. Tula, 28-29 iyunya 2019. Tul'skij gosudarstvennyj universitet. P. 299-302. URL: [http://dmitriy.chiginskiy.ru/publications/files/Materialy\\_XX\\_MNTK-2019\\_Tula.pdf](http://dmitriy.chiginskiy.ru/publications/files/Materialy_XX_MNTK-2019_Tula.pdf) (data obrashcheniya: 21.05.2020).
10. Turkov A.V., Zhupikova K.A. Vzaimosvyaz' maksimal'nyh progibov i chastot sobstvennyh kolebanij izotropnyh kol'cevyyh plastin pri zhestkom zakreplenii po vneshnemu konturu // Aktual'nye problemy sovremennoj kognitivnoj nauki: sbornik statej po itogam vsrossijskoy nauchno-prakticheskoy konferencii. Volgograd. 30 iyunya 2019. Sterlitamak: AMI, 2019. P. 70-72.
11. Turkov A.V., Marfin K.V., Bazhenova A.V. Progiby i chastoty sobstvennyh kolebanij sostavnyh mnogoslojnyh kvadratnyh izotropnyh plastin s sharnirnym opiraniem po konturu pri izmenenii zhestkosti svyazey sdviga//Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2019. №4. P. 65-70.
12. Turkov A.V., Marfin K.V., Vetrova O.A. Progiby i chastoty sobstvennyh kolebanij sistem perekrestnyh ferm na kvadratnom plane s razlichnymi skhemami opiraniya // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2018. №11. P. 42-45.
13. Turkov A.V., Marfin K.V. Opredelenie koefficienta zhestkosti shva krugloy sostavnoj izotropnoj plastiny po eyo osnovnoj chastote kolebanij// Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. 2013. №4. S. 58-62.
14. Turkov A.V., Marfin K.V. Tochnost' rezul'tatov chislennyh issledovaniy kruglyh sostavnyh izotropnyh plastin na podatlivyyh svyazyah pri razlichnom kolichestve konechnyyh elementov // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2012. №1. P. 40-45.
15. Turkov A.V., Marfin K.V. Eksperimental'nye issledovaniya sostavnyh kruglyh plastinok na dinamicheskie i staticheskie nagruzki//Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2015. №4. P. 60-66
16. Turkov A.V., Vetrova O.A. Progiby i chastoty sobstvennyh kolebanij sistem perekrestnyh ferm na kvadratnom plane s razlichnymi skhemami opiraniya//Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Nauka i innovacii v stroitel'stve» (k 45-letiyu kafedry stroitel'stva i gorodskogo hozyajstva Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova).Sb. dokl.: v 2 t. Belgorod: Izd-vo BGTU, 2017. T. 1. P. 157-161.
17. Turkov A.V., Karpova E.V. Issledovanie koefficienta zhyostkosti shva dlya treugol'noj sostavnoj izotropnoj plastiny v zavisimosti ot eyo osnovnoj chastoty kolebanij pri raznoj zhyostkosti svyazey sdviga // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij.2015. №2. P. 66-69.
18. Turkov A.V., Abashina N.M., Karpova E.S. Progiby i chastoty sobstvennyh kolebanij sostavnyh rombicheskikh izotropnyh plastin, sharnirno opyortyh po konturu pri izmenenii zhyostkosti svyazey sdviga // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2016. №5. P. 45-50.
19. Turkov A.V., Abashina N.S. / Deflections and frequencies of natural oscillations of systems of composite two-layer isotropic plates of the round shape at the change of thickness of one of the layers International Journal of Applied Engineering Science//Volume 15 (2017), article 458, pages: 387 - 392.
20. Semenov A.A., Gabitov A.I. Proektno-vychislitel'nyy kompleks SCAD v uchebno-m protsesse. Moskva, ASV. 2005. 152 p.

#### Информация об авторах:

##### **Турков Андрей Викторович**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия, доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций и материалов.  
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия, доктор технических наук, профессор кафедры уникальных зданий и сооружений.  
E-mail: [aturkov@bk.ru](mailto:aturkov@bk.ru)

**Полешко Сергей Иванович**

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

E-mail: [sergey\\_poleshko@mail.ru](mailto:sergey_poleshko@mail.ru)

**Финадеева Елена Анатольевна**

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

E-mail: [asi.gu-unpk@mail.ru](mailto:asi.gu-unpk@mail.ru)

**Марфин Кирилл Васильевич**

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

E-mail: [marfinkirill@yandex.ru](mailto:marfinkirill@yandex.ru)

**Information about authors:**

**Turkov Andrey V.**

Oryol State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,  
doctor of technical sciences, professor of the department of Building Structures and Materials.  
South-West State University, Kursk, Russia,

doctor of technical sciences, professor of the department of Unique Buildings and Structures.

E-mail: [aturkov@bk.ru](mailto:aturkov@bk.ru)

**Poleshko Sergey Iv.**

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

E-mail: [sergey\\_poleshko@mail.ru](mailto:sergey_poleshko@mail.ru)

**Finadeeva Elena An.**

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

E-mail: [asi.gu-unpk@mail.ru](mailto:asi.gu-unpk@mail.ru)

**Marfin Kirill V.**

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

E-mail: [marfinkirill@yandex.ru](mailto:marfinkirill@yandex.ru)

Б.Н. МАКАРОВ<sup>1</sup>, Г.П. ТОНКИХ<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Государственное казенное учреждение Московской области «Специальный центр «Звенигород», г. Звенигород, Россия

<sup>2</sup>ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва, Россия,

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

## ОЦЕНКА ВЕСОМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

***Аннотация.** В статье изложен авторский подход к определению весомости показателей технического состояния зданий и сооружений, позволяющий решить проблему повышения достоверности и результативности оценки их реальной готовности к использованию по назначению. Реализация такого подхода базируется на опыте решения практических задач по оценке технического состояния зданий и сооружений, когда весомость  $x$  показателей не поддается непосредственному измерению. В этом случае для её определения предлагается использовать экспертные методы ранжирования и непосредственной оценки. Эффективность их применения во многом зависит от компетентности оценивающих экспертов и согласованности их мнений по исследуемым вопросам, которые устанавливаются путем определения коэффициентов информированности и аргументации экспертов и поэтапного решения исследовательских задач на основе использования метода ранговой корреляции. Отличительной стороной изложенного подхода к оценке весомости показателей технического состояния зданий и сооружений является установление критерия определения их важности для решения поставленных задач, а также единых правил проведения их измерения. Предложенный порядок оценки весомости исследуемых проблем прошел успешную апробацию в ходе проведения обследования защитных сооружений органов исполнительной власти Российской Федерации. Он может быть рекомендован для определения достоверной оценки технического состояния зданий и сооружений различного назначения.*

***Ключевые слова:** весовой коэффициент, критерий оценки, компетентность экспертов, метод ранжирования, метод непосредственной оценки, метод ранговой корреляции, показатели готовности, экспертное оценивание.*

B.N. MAKAROV<sup>1</sup>, G.P. TONKIKH<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>State public institution of the Moscow region "Special center "Zvenigorod", Zvenigorod, Russia

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Moscow, Russia

<sup>3</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

## ASSESSMENT OF THE WEIGHT OF INDICATORS OF THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

***Abstract.** The article presents the author's approach to determining the weight of indicators of the technical condition of buildings and structures, which allows solving the problem of increasing the reliability and effectiveness of assessing their real readiness for use for their intended purpose. The implementation of this approach is based on the experience of solving practical problems in assessing the technical condition of buildings and structures, when the weight of their indicators cannot be directly measured. In this case, it is proposed to use expert ranking methods to determine it and direct evaluation. The effectiveness of their use largely depends on it depends on the competence of evaluating experts and the consistency of their opinions on the issues under study, which are established by*

*determining the coefficients of awareness and argumentation of experts and step-by-step solution of research tasks based on the use of the rank correlation method. A distinctive aspect of the described approach to assessing the weight of indicators of the technical condition of buildings and structures is the establishment of a criterion for determining their importance for solving the tasks set, as well as uniform rules for measuring them. The proposed procedure for assessing the weight of the investigated problems has been successfully tested during the survey of protective structures of the executive authorities of the Russian Federation. It can be recommended to determine a reliable assessment of the technical condition of buildings and structures for various purposes.*

**Keywords:** *weight coefficient, evaluation criterion, competence of experts, ranking method, direct assessment method, rank correlation method, readiness indicators, expert assessment.*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анфилатов В.С. и др. Системный анализ в управлении: Учебное пособие / Под ред. А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.
2. Басовский Л.Е., Протасьев В.Б. Управление качеством: учебник. М.: ИНФРА-М, 2000. 212 с.
3. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980.
4. Бешелев С.Д. Методы экспертных оценок. М.: Наука, 1973. 158 с.
5. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа: Учебник. Изд. 2-е переработанное и дополненное. СПб: Изд-во СПбГТУ, 2003. 512 с.
6. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения. – Введ. 01.07.79. М.: Изд-во стандартов, 2002. 22 с.
7. Макаров Б.Н. Квалиметрический подход к оценке эксплуатационной технического состояния защитных сооружений гражданской обороны // Сборник материалов VII всероссийской научно-практической конференции «Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации», МЧС России. М.: 2010. С. 173-175.
8. Макаров Б.Н. Способы и методы, используемые при организации работ по оценке оперативно-технических свойств защищенных объектов гражданской обороны // Материалы XVII международной научно-практической конференции. Предупреждение. Спасение. Помощь. Часть 2 - Химки: АГЗ МЧС России, 2008. С. 103-110.
9. Мишин В.М. Управление качеством: учебное пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. 303 с.
10. Мишин В.М. Исследование систем управления: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. 527 с.
11. Мухин В.И., Малин А.С. Исследование систем управления: Учебник для вузов. М: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2005. 399 с.
12. Мухин В.И. Методология исследования систем управления: Курс лекций. Химки: АГЗ МЧС России, 1999.
13. Мухин В.И. Основы теории управления: Учебное пособие. М.: АГЗ МЧС России, 2000. 252 с.
14. Мухин В.И., Малинин В.С. Исследование систем управления: Учебник для вузов. М: Издательство «Экзамен», 2003. 384 с.
15. Найденов И.В., Малин А.С. Исследование систем управления: Учебное пособие. Калининград: КГУ, 2000.
16. Садовников И.В. Квалиметрия: учебное пособие. Чита: ЧитГУ, 2009. 150 с.
17. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати (Пер. с англ.). М.: Радио и связь, 1993. 320 с.
18. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: учебное пособие. М: Филинь, 2004. 296 с.
19. Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация: курс лекций. М.: Изд-во ЭКМОС, 2000. 320 с.
20. Шмердинг Д.С. Дубровский С.А. и др. Экспертные оценки. Методы и применение. М.: Наука, 1977. 368 с.

### **REFERENCES**

1. Anfilatov V.C. et al. System analysis in management: A textbook/ Edited by A.A. Emelyanov. M.: Finance and Statistics, 2002. 368 s.
2. Basovsky L.E., Protasyev V.B. Quality management: textbook. M.: INFRA-M, 2000. 212 p.

3. Beshelev S.D., Gurvich F.G. Mathematical and statistical methods of expert assessments. M.: Statistics, 1980.
4. Beshelev S.D. Methods of expert assessments. M.: Nauka, 1973. 158 p.
5. Volkova V.N., Denisov A.A. Fundamentals of systems theory and system analysis: Textbook. Ed. 2nd revised and supplemented. St. Petersburg: Publishing House of SPbSTU, 2003. 512 c.
6. GOST 15467-79. Product quality management. Basic concepts, terms and definitions. - Introduction. 01.07.79. Moscow: Publishing House of Standards, 2002. 22 p.
7. Makarov B.N. Qualimetric approach to the assessment of the operational technical condition of protective structures of civil defense // Collection of materials of the VII All-Russian scientific and practical conference "Improvement of civil defense in the Russian Federation", EMERCOM of Russia. M: 2010. pp. 173-175.
8. Makarov B.N. Methods and methods used in the organization of work on the assessment of operational and technical properties of protected objects of civil defense // Materials of the XVII International scientific and practical conference. Warning. Salvation. Help. Part 2 - Khimki: AGZ EMERCOM of Russia, 2008. pp. 103-110.
9. Mishin V.M. Quality management: textbook. M.: UNITY-DANA, 2000. 303 p.
10. Mishin V.M. Research of control systems: Textbook for universities. M.: UNITY-DANA, 2005. 527 p.
11. Mukhin V.I., Malin A.S. Research of control systems: Textbook for universities. Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics, 2005. 399 p.
12. Mukhin V.I. Methodology of control systems research: A course of lectures. Khimki: AGZ EMERCOM of Russia, 1999.
13. Mukhin V.I. Fundamentals of management theory: Textbook. M.: AGZ EMERCOM of Russia, 2000. 252 p.
14. Mukhin V.I., Malinin V.S. Research of control systems: Textbook for universities. M: Publishing house "Exam", 2003. 384 p.
15. Naidenov I.V., Malin A.S. Research of control systems: Textbook. Kaliningrad: KSU, 2000.
16. Sadovnikov I.V. Qualimetry: textbook. Chita: Chitgu, 2009. 150 p.
17. Saati T. Decision-making. Method of hierarchy analysis / T. Saati (Translated from English). M.: Radio and Communications, 1993. 320 s.
18. Fedyunin V.K. Fundamentals of qualimetry. Product quality management: textbook. M: Filin, 2004. 296 p.
19. Fomin V.N. Qualimetry. Quality management. Certification: a course of lectures. M.: EKMOS Publishing house, 2000. 320 p.
20. Schmerding D.S., Dubrovsky S.A. et al. Expert assessments. Methods and application. M.: Nauka, 1977. 368 p.

**Информация об авторах:**

**Макаров Борис Николаевич**

Государственное казенное учреждение Московской области «Специальный центр «Звенигород»,  
г. Звенигород, Россия,

кандидат технических наук, начальник отделения оперативной службы.

E-mail: [b.makarov@umcgo.ru](mailto:b.makarov@umcgo.ru)

**Тонких Геннадий Павлович**

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва, Россия,

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия,  
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), профессор  
кафедры ЖБК НИУ МГСУ.

E-mail: [5059144@mail.ru](mailto:5059144@mail.ru)

**Information about authors:**

**Makarov Boris N.**

State State Institution of the Moscow Region «Special Center «Zvenigorod», Zvenigorod, Russia,  
candidate of technical sciences, head of the department of Operational Service.

E-mail: [b.makarov@umcgo.ru](mailto:b.makarov@umcgo.ru)

**Tonkikh Gennady P.**

All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Moscow, Russia,  
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,

DSc, Professor, chief scientific officer, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Chief  
Researcher of the Research Center, Professor of the Department of Housing and Communal Services of NRU MGSU.

E-mail: [5059144@mail.ru](mailto:5059144@mail.ru)

С.Ю. САВИН<sup>1,2</sup>, М.Д. МЕДЯНКИН<sup>1</sup>, М.З. ШАРИПОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБУ "Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук", г. Москва, Россия

## ДЕФОРМИРОВАНИЕ ФИБРОБЕТОНА ПРИ ОДНОКРАТНОМ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

***Аннотация.** Анализ представленных в научной литературе экспериментальных исследований указывает на то, что прочность и деформативность фибробетона при его динамическом догружении может зависеть от начального уровня напряжений, вызванных предварительно приложенной статической нагрузкой. В связи с этим целью данного исследования являлось построение усовершенствованных моделей деформирования фибробетона эксплуатируемых фиброжелезобетонных конструкций несущих систем зданий и сооружений при их динамическом догружении с учетом нелинейно упругого закона деформирования материала на этапе нагружения статической нагрузкой, а также изменения параметров вязкого сопротивления в процессе нагружения. В качестве модели силового сопротивления фибробетона нагруженных фиброжелезобетонных конструкций при их динамическом догружении, вызванном аварийной ситуацией, принята модель Кельвина - Фойгта для упруго-вязкого тела. На основании принятой модели получено аналитическое решение дифференциального уравнения одноосного сжатия фибробетона при его однократном динамическом догружении с произвольного уровня действующих в нем начальных напряжений от предварительно приложенной статической нагрузки. Предложен шагово-итерационный подход к определению параметров диаграмм состояния фибробетона при статико-динамических режимах нагружения. Анализ полученных зависимостей между напряжениями и деформациями показывает, что увеличению уровня начальных напряжений, действующих в сжатом бетонном элементе на момент приложения к нему динамической нагрузки, приводит к снижению динамической прочности бетона при одних и тех же параметрах воздействия.*

***Ключевые слова:** фибробетон, динамическое воздействие, деформационная модель, динамическое упрочнение, упруго-вязкое тело, модель Кельвина-Фойгта, нелинейная упругость, статическое нагружение.*

S.Yu. SAVIN<sup>1,2</sup>, M.D. MEDYANKIN<sup>1</sup>, M.Z. SHARIPOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), Moscow, Russia

<sup>2</sup>Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia

## DEFORMATION OF FIBER CONCRETE UNDER A SINGLE DYNAMIC IMPACT TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF INITIAL STRESSES FROM THE STATIC LOAD

***Abstract.** An analysis of the experimental studies presented in the scientific literature indicates that the strength and deformability of fiber-reinforced concrete under dynamic additional loading may depend on the initial level of stresses caused by a preliminarily applied static load. In this regard, the purpose of this study was to build improved models of fiber-reinforced concrete deformation of operated fiber-reinforced concrete structures of bearing systems of buildings and structures during their dynamic additional loading, taking into account the nonlinearly elastic law of material deformation at the stage of loading with a static load, as well as changes in the parameters of viscous resistance during loading. As a model of the force resistance of fiber-reinforced concrete of loaded*

© Савин С.Ю., Медянкин М.Д., Шарипов М.З., 2022

*fiber-reinforced concrete structures during their dynamic additional loading caused by an emergency situation, the Kelvin-Voigt model for an elastic-viscous body was adopted. On the basis of the adopted model, an analytical solution of the differential equation of uniaxial compression of fiber-reinforced concrete was obtained under its single dynamic additional loading from an arbitrary level of initial stresses acting in it from a previously applied static load. A step-iterative approach to determining the parameters of state diagrams of fiber-reinforced concrete under static-dynamic loading conditions is proposed. An analysis of the obtained dependences between stresses and strains shows that an increase in the level of initial stresses acting in a compressed concrete element at the moment a dynamic load is applied to it leads to a decrease in the dynamic strength of concrete with the same impact parameters.*

**Keywords:** *fiber-reinforced concrete, dynamic action, deformation model, dynamic hardening, elastic-viscous body, Kelvin-Voigt model, nonlinear elasticity, static loading.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Byfield M., Paramasivam S. Murrah Building Collapse: Reassessment of the Transfer Girder // J. Perform. Constr. Facil. 2012. Vol. 26. № 4. P. 371–376.
2. Tagel-Din H., Rahman N.A. Simulation of the Alfred P. Murrah federal building collapse due to blast loads // AEI 2006 Build. Integr. Solut. - Proc. 2006 Archit. Eng. Natl. Conf. 2006. Vol. 2006. P. 32.
3. Sasani M., Sagioglu S. Progressive Collapse Resistance of Hotel San Diego // J. Struct. Eng. 2008. Vol. 134, № 3. P. 478–488.
4. Федорова Н.В., Кореньков П.А. Статико-динамическое деформирование монолитных железобетонных каркасов зданий в запредельных состояниях // Строительство и реконструкция. 2016. № 6 (68). С. 90–100.
5. Kolcunov V.I., Tuyen V.N., Korenkov P.A. Deformation and Failure of a Monolithic Reinforced Concrete Frame under Accidental Actions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Institute of Physics Publishing, 2020. Vol. 753. № 3.
6. Баженов Ю.М. Бетон при динамическом нагружении. М. : Стройиздат, 1970. 271 с.
7. Гениев Г.А. Метод определения динамических пределов прочности бетона // Бетон и железобетон. 1998. № 1. С. 18–19.
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, № 5. P. 461–490.
9. Yu W., Jin L., Du X. Influence of pre-static loads on dynamic compression and corresponding size effect of concrete: Mesoscale analysis // Constr. Build. Mater. 2021. Vol. 300. P. 124302.
10. Радченко П.А., Батуев С.П., Плевков В.С., Радченко А.В. Моделирование разрушения железобетонных конструкций при ударных нагрузках // Строительство и реконструкция. 2015. № 6 (62). С. 40–48.
11. Плевков В.С., Уткин Д.Г. Работа сталефиброжелезобетонных элементов при кратковременном динамическом нагружении // Известия вузов. Строительство. 2015. № 6 (678). С. 95–103.
12. Афанасьева С.А., Белов Н.Н., Копаница Д.Г., Югов Н.Т., Югов А.А. Разрушение бетонных и железобетонных плит при высокоскоростном ударе и взрыве // Доклады академии наук. 2005. № 2 (401). С. 185–188.
13. Белов Н.Н., Дзюба П.В., Кабанцев О.В., Копаница Д.Г., Югов А.А., Югов Н.Т. Математическое моделирование процессов динамического разрушения бетона // Механика твердого тела. 2008. № 2. С. 124–133.
14. Уткин Д.Г. Прочность изгибаемых железобетонных элементов с зонным армированием из стальной фибры // Строительство и реконструкция. 2021. № 1 (93). С. 85–95.
15. Колчунов В.И., Клюева Н.В., Андросова Н.Б., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях. М. : Издательство АСВ, 2014. 208 с.
16. Цветков К.А., Баженова А.В., Безгодов И.М. Проблема построения диаграммы деформирования бетона при однократном динамическом воздействии с учетом влияния предварительных напряжений от действия статической нагрузки // Вестник МГСУ. 2012. № 7. С. 152–158.
17. Федорова Н.В., Медянкин М.Д., Бушова О.Б. Определение параметров статико-динамического деформирования бетона // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 1. С. 4–11.
18. Федорова Н.В., Медянкин М.Д., Бушова О.Б. Экспериментальное определение параметров статико-динамического деформирования бетона при режимном нагружении // Строительство и реконструкция. 2020. № 3 (89). С. 72–81.
19. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Издательство “Наука,” 1971. 576 р.
20. Гениев Г.А., Кисюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. М. : Стройиздат, 1974. 316 с.

REFERENCES

1. Byfield M., Paramasivam S. Murrah Building Collapse: Reassessment of the Transfer Girder // J. Perform. Constr. Facil. 2012. Vol. 26. No. 4. P. 371–376.
2. Tagel-Din H., Rahman N.A. Simulation of the Alfred P. Murrah federal building collapse due to blast loads // AEI 2006 Build. integration Solut. - Proc. 2006 Architect. Eng. Natl. Conf. 2006 Vol. 2006. P. 32.
3. Sasani M., Sagioglu S. Progressive Collapse Resistance of Hotel San Diego // J. Struct. Eng. 2008 Vol. 134, No. 3. P. 478–488.
4. Fedorova N.V., Korenkov P.A. Static and dynamic deformation of monolithic reinforced concrete frame building in ultimate limit and beyond limits states // Stroit. i reconstruction. 2016. Vol. 6. No. 68. P. 90–100.
5. Kolcunov V.I., Tuyen V.N., Korenkov P.A. Deformation and Failure of a Monolithic Reinforced Concrete Frame under Accidental Actions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Institute of Physics Publishing, 2020. Vol. 753. no. 3.
6. Bazhenov Yu.M. Concrete under dynamic loading. Moscow: Stroyizdat, 1970. 271 p.
7. Geniev G.A. Method for determining the dynamic strength limits of concrete // Beton i zhelezobeton. 1998. No. 1. P. 18–19.
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. P. 461–490.
9. Yu W., Jin L., Du X. Influence of pre-static loads on dynamic compression and corresponding size effect of concrete: Mesoscale analysis // Constr. Build. mater. 2021 Vol. 300. P. 124302.
10. Radchenko P.A. et al. Modeling the destruction of reinforced concrete structures under impact loads // Build. reconstruction. 2015. Vol. 6, No. 62. P. 40–48.
11. Plevkov V.S., Utkin D.G. The work of steel fiber reinforced concrete constructions in the short-term dynamic loading // Izvestia vuzov. Stroitelstvo. 2015. Vol. 678, No. 6. P. 95–103.
12. Afanas'eva S.A. et al. Destruction of concrete and reinforced concrete slabs during high-speed impact and explosion // Reports of the Academy of Sciences. 2005 Vol. 401, No. 2. P. 185–188.
13. Belov N.N. et al. Mathematical modeling of the processes of dynamic destruction of concrete // Solid Body Mechanics. 2008. No. 2. P. 124–133.
14. Utkin D.G. Strength of bent reinforced concrete elements with zone reinforcement made of steel fiber // Build. Reconstr. 2021 Vol. 93, No. 1. P. 85–95.
15. Kolchunov V.I. et al. Zhivuchest' zdaniy i sooruzheniy pri zaproektnyh vozdeystviyah [Survivability of buildings and structures under beyond design basis impacts]. Moscow: ASV Publishing, 2014. 208 p.
16. Tsvetkov K.A., Bazhenova A.V., Bezgodov I.M. The problem of constructing a concrete deformation diagram under a single dynamic impact, taking into account the influence of prestresses from the action of a static load. Vestnik MGSU. 2012. No. 7. P. 152–158.
17. Fedorova N.V., Medyankin M.D., Bushova O.B. Determination of Static-Dynamic Deformation Parameters of Concrete // Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroit. 2020. No. 1. P. 4–11.
18. Fedorova N.V., Medyankin M.D., Bushova O.B. Experimental determination of the parameters of the static-dynamic deformation of concrete under loading modal // Build. Reconstr. 2020 Vol. 89, No. 3. P. 72–81.
19. E. Kamke, Handbook of ordinary differential equations. Moscow: Nauka Publishing House, 1971. 576 p.
20. Geniyev G.A., Kisyuk V.N., Tyupin G.A. Teoriya plastichnosti betona i zhelezobetona [Plasticity theory of concrete and reinforced concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1974. 316 p.

Информация об авторах:

**Савин Сергей Юрьевич**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций. ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия, старший научный сотрудник.  
E-mail: [savinsyu@mgsu.ru](mailto:savinsyu@mgsu.ru)

**Медянкин Михаил Дмитриевич**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, кандидат технических наук, преподаватель кафедры железобетонных и каменных конструкций.  
E-mail: [412125453@mail.ru](mailto:412125453@mail.ru)

**Шарипов Манонходжа Зарифходжаевич**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций.  
E-mail: [manonkhoja.sh@bk.ru](mailto:manonkhoja.sh@bk.ru)

**Information about authors:**

**Savin Sergey Yu.**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,  
candidate of technical science, associate professor of the department of Reinforced Concrete and Masonry Structures.  
Research Institute of Building Physics of RAACS, Moscow, Russia,  
senior researcher.

E-mail: [savinsyu@mgsu.ru](mailto:savinsyu@mgsu.ru)

**Medyankin Mikhail D.**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,  
candidate of technical science, lecturer, department of Reinforced Concrete and Masonry Structures.

E-mail: [412125453@mail.ru](mailto:412125453@mail.ru)

**Sharipov Manonkhodzha Z.**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,  
postgraduate student of the department of Reinforced Concrete and Masonry Structures.

E-mail: [manonkhoja.sh@bk.ru](mailto:manonkhoja.sh@bk.ru)

А.Г. ТАМРАЗЯН<sup>1</sup>, Т.А. МАЦЕЕВИЧ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

## АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ С КОРРОДИРОВАННОЙ АРМАТУРОЙ

**Аннотация.** На надежность расчетных характеристик любой конструкции влияет как эксплуатационная нагрузка, так и износ самого материала из-за воздействия окружающей среды. В данной статье проведена вероятностная оценка железобетонных элементов, подверженных проникновению хлора. Для исследования была использована свободно опертая железобетонная плита. В математической модели потери несущей способности арматуры под коррозией были включены известные методики, разработанные многими авторами.

Неопределенность прочности и приложенной нагрузки были полностью учтены с помощью вероятностного метода. Функция предельного состояния несущей способности железобетонной изгибаемой плиты была разработана и оценена с использованием метода надежности первых моментов.

Весь процесс был реализован с помощью разработанной программы MATLAB.

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, коррозия, скорость коррозии, проникновение хлора, потеря несущей способности, конструктивная надежность, коэффициент вариации, неопределенность.

A.G. TAMRAZYAN<sup>1</sup>, T.A. MATSEEVICH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Moscow National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia

## RELIABILITY ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE SLABS WITH CORRODED REINFORCEMENTS

**Abstract.** The reliability of the design characteristics of any design is influenced by both the operating load and the wear of the material itself due to environmental influences. This article provides a probabilistic assessment of reinforced concrete elements exposed to chlorine penetration. A freely supported reinforced concrete slab was used for the study. Well-known techniques developed by many authors were included in the mathematical model of the loss of the bearing capacity of reinforcement under corrosion.

Uncertainties in strength and applied load were fully accounted for using the probabilistic method. The limit state function of the bearing capacity of a reinforced concrete bending slab was developed and evaluated using the first moment's reliability method.

The whole process was implemented using the developed MATLAB program.

**Keywords:** reinforced concrete structures, corrosion, corrosion rate, chlorine penetration, loss of bearing capacity, structural reliability, coefficient of variation, uncertainty.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Torres-Acosta, A., and Sagues, A. A. (2004). "Concrete cracking by localized steel corrosion-geometric effects". ACI Materials Journal, 101, 501.
2. Tamrazyan A.G., Mineev M.S., Zhukova L.I. Influence of chloride corrosion on probabilistic assessment of bearing capacity of beamless slabs overlap. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. XXVIII R-P-S Seminar 2019. 2019. С. 012052.

© Тамразян А.Г., Мацеевич Т.А., 2022

3. Lushnikova V.Y., Tamrazyan A.G. The effect of reinforcement corrosion on the adhesion between reinforcement and concrete. *Magazine of Civil Engineering*, 2018. № 4 (80). С. 128-137.
4. Neville A. M., and Brooks J.J. (1994). "Concrete technology". Longman Scientific and Technical, England, 1994.
5. Bordallo-Ruiz A., McNally C., Caprani C.C., and O'Brien E.J. (2007). "The structural reliability of bridges subject to time-dependent deterioration". *Proceedings of the Eleventh International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*.
6. Liu Y., and Weyers, R.E. (1998). "Modelling the time-to corrosion cracking of the cover concrete in chloride contaminated reinforced concrete structures". *ACI Materials Journal*, 95, 675-681.
7. Frangopol D. M., and Moses F. (1994). "Reliability-based structural optimization. Advances in design optimization". H. Adeli, ed., Chapman and Hall, Ltd., London, England, 492-570.
8. Frangopol D. M., and Hendawi, S. (1994). "Incorporation of corrosion effects in reliability-based optimization of composite hybrid plate girders". *Struct. Safety*, 16 (1,2), 145-169.
9. Thoft-Christensen, P. (2002). "Deterioration of concrete structures". *First International Conference on Bridge Safety and Management*. Barcelona 14-15 July, 1-8.
10. Li C. Q. (2005). "Life cycle modeling of corrosion affected concrete structures-initiation". *Journal of Materials in Civil Engineering*, 15 (6), 594-601.
11. Тамразян А.Г., Попов Д.С. Напряженно-деформированное состояние коррозионно-поврежденных железобетонных элементов при динамическом нагружении. *Промышленное и гражданское строительство*. 2019. № 2. С. 19-26.
12. Тамразян А.Г. К оценке риска чрезвычайных ситуаций по основным признакам его проявления на сооружение // *Бетон и железобетон*. 2001. №5. С.8-10.
13. Смоляго Г.А. Исследование аспектов хлоридной коррозии железобетонных конструкций / Смоляго Г.А., Крючков А.А., Дрокин С.В., Дронов А.В. // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2014. №2. С.22-24.
14. Меркулов С.И. Исследование работоспособности изгибаемых железобетонных конструкций с учетом коррозионных повреждений / С.И. Меркулов, Е.Г. Пахомова, А.В. Гордеев, А.С. Маяков // *Известия Курского государственного технического университета*. 2009. № 4. С. 74-78.
15. Lin K.Y., and Frangopol D.M. (1996). "Reliability based optimum design of reinforced concrete girders". *Struct. Safety*, 18 (213), 239-258.
16. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. *Научное обозрение*. 2015. № 8. С. 87-92.
17. Васильев А.И. Оценка коррозионного износа рабочей арматуры в балках пролетных строений автодорожных мостов / А.И. Васильев // *Бетон и железобетон*. 2000. №2. С. 20-23.
18. Mori Y., and Ellingwood, B.R. (1994). "Maintaining reliability of concrete structures I: Role of inspection/repair". *J. Struct. Engr., ASCE*, 120 (3), 824-845.
19. Melchers R. E. (2001). "Assessment of existing structures – approaches and research needs". *Journal of Structural Engineering*, 127 (4), 406-411.
20. Дудина И.В., Тамразян А.Г. Обеспечение качества сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления. *Жилищное строительство*. 2001. № 3. С. 8-10.
21. Тамразян А.Г. Расчет элементов конструкций при заданной надежности и нормальном распределении нагрузки и несущей способности. *Вестник МГСУ*. 2012. № 10. С. 109-115.
22. Аскадский А.А., Мацевич Т.А. Новейшие разработки моделей и расчётных схем для количественного анализа физических свойств полимеров // *Успехи физической науки* 190 179–210 (2020).
23. Tamrazyan A., Popov D. Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: *MATEC Web of Conferences*. 2017. С. 00162.
24. Ditlevsen, O., and Madsen, H.O. (2005). "Structural Reliability Methods". Internet Edition.
25. Eurocode 2. (2008). "Design of reinforced concrete structures, part 1-1, general rules and rules for buildings". CEN, Brussels.
26. СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85

## REFERENCES

1. Torres-Acosta A., and Sagues A. A. (2004). "Concrete cracking by localized steel corrosion-geometric effects". *ACI Materials Journal*, 101, 501.
2. Tamrazyan A.G., Mineev M.S., Zhukova L.I. Influence of chloride corrosion on probabilistic assessment of bearing capacity of beamless slabs overlap. В сборнике: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. XXVIII R-P-S Seminar 2019. 2019. С. 012052.

3. Lushnikova V.Y., Tamrazyan A.G. The effect of reinforcement corrosion on the adhesion between reinforcement and concrete. Magazine of Civil Engineering, 2018. № 4 (80). С. 128-137.
4. Neville A. M., and Brooks, J.J. (1994). "Concrete technology". Longman Scientific and Technical, England, 1994.
5. Bordallo-Ruiz A., McNally C., Caprani C. C., and O'Brien, E. J. (2007). "The structural reliability of bridges subject to time-dependent deterioration". Proceedings of the Eleventh International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing.
6. Liu Y., and Weyers R.E. (1998). "Modelling the time-to corrosion cracking of the cover concrete in chloride contaminated reinforced concrete structures". ACI Materials Journal, 95, 675-681.
7. Frangopol D. M., and Moses F. (1994). "Reliability-based structural optimization. Advances in design optimization". H. Adeli, ed., Chapman and Hall, Ltd., London, England, 492-570.
8. Frangopol D. M., and Hendawi S. (1994). "Incorporation of corrosion effects in reliability-based optimization of composite hybrid plate girders". Struct. Safety, 16 (1,2), 145-169.
9. Thoft-Christensen P. (2002). "Deterioration of concrete structures". First International Conference on Bridge Safety and Management. Barcelona 14-15 July, 1-8.
10. Li C. Q. (2005). "Life cycle modeling of corrosion affected concrete structures-initiation". Journal of Materials in Civil Engineering, 15 (6), 594-601.
11. Tamrazyan A.G., Popov D.S. Napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye korrozionno-povrezhdennykh zhelezobetonnykh elementov pri dinamicheskom nagruzhении. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2019. № 2. S. 19-26.
12. Tamrazyan A.G. K otsenke riska chrezvychaynykh situatsiy po osnovnym priznakam yego proyavleniya na sooruzheniye // Beton i zhelezobeton. 2001. №5. S.8-10.
13. Smolyago G.A. Issledovaniye aspektov khloridnoy korrozii zhelezobetonnykh konstruksiy / Smolyago G.A., Kryuchkov A.A., Drokin S.V., Dronov A.V. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. 2014. №2. S.22-24.
14. Merkulov S.I. Issledovaniye rabosposobnosti izgbayemykh zhelezobetonnykh konstruksiy s ucheto korrozionnykh povrezhdeniy / S.I. Merkulov, Ye.G. Pakhomova, A.V. Gordeyev, A.S. Mayakov // Izvestiya Kurskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2009. № 4 .S.74-78.
15. Lin K.Y., and Frangopol, D.M. (1996). "Reliability based optimum design of reinforced concrete girders". Struct. Safety, 18 (213), 239-258.
16. Tamrazyan A.G., Manayenkov I.K. K raschetu ploskikh zhelezobetonnykh perekrytiy s ucheto fakticheskoy zhestkosti secheniya. Nauchnoye obozreniye. 2015. № 8. S. 87-92.
17. Vasil'yev A.I. Otsenka korrozionnogo iznosa rabochey armatury v balkakh proletnykh stroyeniy avtodorozhnykh mostov /A.I. Vasil'yev // Beton i zhelezobeton. 2000. №2. S.20-23.
18. Mori Y., and Ellingwood B. R. (1994). "Maintaining reliability of concrete structures I: Role of inspection/repair". J. Struct. Engr., ASCE, 120 (3), 824-845.
19. Melchers R. E. (2001). "Assessment of existing structures – approaches and research needs". Journal of Structural Engineering, 127 (4), 406-411.
20. Dudina I.V., Tamrazyan A.G. Obespecheniye kachestva sbornykh zhelezobetonnykh konstruksiy na stadii izgotovleniya. Zhilishchnoye stroitel'stvo. 2001. № 3. S. 8-10.
21. Tamrazyan A.G. Raschet elementov konstruksiy pri zadannoy nadezhnosti i normal'nom raspredelenii nagruzki i nesushchey sposobnosti. Vestnik MGSU. 2012. № 10. S. 109-115.
22. Askadskiy A.A., Matseyevich T.A. Noveyshiye razrabotki modeley i raschetnykh skhem dlya kolichestvennogo analiza fizicheskikh svoystv polimerov // Uspekhi fizicheskoy nauki 190 179–210 (2020).
23. Tamrazyan A., Popov D. Reduce of bearing strength of the bent reinforced concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature. В сборнике: МАТЕС Web of Conferences. 2017. С. 00162.
24. Ditlevsen O., and Madsen H. O. (2005). "Structural Reliability Methods". Internet Edition.
25. Eurocode 2. (2008). "Design of reinforced concrete structures, part 1-1, general rules and rules for buildings". CEN, Brussels.
26. SP 28.13330.2017 Zashchita stroitel'nykh konstruksiy ot korrozii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.03.11-85.

#### **Информация об авторах:**

##### **Тамразян Ашот Георгиевич**

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

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: [tamrazian@mail.ru](mailto:tamrazian@mail.ru)

**Мацевич Татьяна Анатольевна**

Национальный исследовательский «Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ),  
г. Москва, Россия,  
доктор физико-математических наук, заведующая кафедрой Высшей математики.  
E-mail: [matsevichta@mgsu.ru](mailto:matsevichta@mgsu.ru)

**Information about the authors:**

**Tamrazyan Ashot G.**

Moscow National Research "Moscow State University of Civil Engineering" (NRU MGSU), Moscow, Russia,  
doctor of technical sciences, professor, Head of the department of Reinforced concrete and masonry structures.  
E-mail: [tamrazian@mail.ru](mailto:tamrazian@mail.ru)

**Matsevich Tatiana An.**

National Research "Moscow State University of Civil Engineering" (NRU MGSU), Moscow, Russia,  
doctor of physics and mathematics Sciences, Head of the department of Higher Mathematics.  
E-mail: [matsevichta@mgsu.ru](mailto:matsevichta@mgsu.ru)

Д.Г. УТКИН<sup>1</sup>

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

## ПРОЧНОСТЬ СЖАТЫХ И ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ЗОННЫМ АРМИРОВАНИЕМ ИЗ СТАЛЬНОЙ ФИБРЫ

***Аннотация.** Сформулированы и аналитически описаны реальные нелинейные диаграммы бетона, арматуры и сталефибробетона при динамическом нагружении. Проведены теоретические и экспериментальные исследования работы сжатых и внецентренно сжатых элементов с различными уровнями эксцентриситета приложения нагрузки при статических и кратковременных динамических нагрузках. Были изготовлены и испытаны на кратковременную динамическую нагрузку при центральном и внецентренном сжатии 3 железобетонных и 9 железобетонных элементов с зонным армированием из стальной фибры. Получены новые экспериментальные данные, характеризующие процесс деформации и разрушения железобетонных моделей колонн. Также получены схемы разрушения и трещинообразования, зависимость изменения динамической нагрузки во времени, перемещения бетона, арматуры и сталефибробетона во времени. Разработан метод расчета прочности и устойчивости таких элементов с учетом армирования зоны сечения сталефибробетоном. Численно проанализировано влияние использования зонного армирования стальным волокном сжатых и внецентренно сжатых железобетонных элементов. Результаты расчета по разработанной методике сравниваются с результатами экспериментальных данных. Предложен оптимальный вариант применения зонного упрочнения из стального волокна для сжатых и внецентренно сжатых элементов, работающих при статических и кратковременных динамических нагрузках. Анализ результатов расчета на основе разработанного метода расчета прочности нормальных сечений внецентренно сжатого железобетона и сталефибробетона, основанного на модели деформации, и их сравнение с данными экспериментальных исследований при кратковременном динамическом нагружении показывают, что отклонения составляют в среднем 10-18%, что свидетельствует о том, что разработанный метод обладает достаточной точностью для решения практических задач.*

***Ключевые слова:** фибробетон, статика, динамика, прочность, деформативность, нелинейность, образование трещин, эксперимент.*

D.G. UTKIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

## STRENGTH OF COMPRESSED AND NON-CENTRALLY COMPRESSED REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH ZONE REINFORCEMENT OF STEEL FIBER

***Abstract.** The real nonlinear diagrams of concrete, reinforcement and steel-fiber concrete under dynamic loading are formulated and analytically described. Theoretical and experimental studies of the operation of compressed and non-centrally compressed elements with different levels of load application eccentricity under static and short-term dynamic loads are carried out. 3 reinforced concrete and 9 steel-fiber concrete elements were manufactured and tested for short-term dynamic load under central and off-center compression. New experimental data characterizing the process of deformation and destruction of steel-reinforced concrete models of columns have been obtained. Also, the schemes of destruction and cracking, the dependence of changes in the dynamic load over time, the movement of concrete, reinforcement and steel-fiber concrete over time are obtained. A method has*

*been developed for calculating the strength and stability of such elements, taking into account the reinforcement of the section with steel fiber concrete. The influence of the use of zone reinforcement with steel fiber of compressed and non-centrally compressed reinforced concrete elements is numerically analyzed. The results of the calculation according to the developed methodology are compared with the results of experimental data. The optimal variant of the application of zone reinforcement made of steel fiber for compressed and non-centrally compressed elements operating under static and short-term dynamic loads is proposed. The analysis of the calculation results based on the developed method for calculating the strength of normal sections of non-centrally compressed reinforced concrete and steel-fiber concrete, based on the deformation model, and their comparison with the data of experimental studies under short-term dynamic loading show that the deviations are on average 10-18 %, which indicates that the developed method has sufficient accuracy to solve practical problems.*

**Keywords:** fiber concrete, statics, dynamics, strength, deformability, non-linearity, crack formation, experiment.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов Н.Н. Динамический расчет железобетонных конструкций / Н.Н. Попов, Б.С. Расторгуев // М., Стройиздат, 1974. 207 с.
2. Попов Н.Н. Вопросы расчета и конструирования специальных сооружений / Н.Н. Попов, Б.С. Расторгуев // М., Стройиздат, 1980. 189 с.
3. Баженов Ю.М. Бетон при динамическом нагружении / Ю.М. Баженов // М., Стройиздат, 1970, 270 с.
4. Григорьев В.И. О коэффициенте динамического упрочнения сталефибробетона при растяжении / В.И. Григорьев // Исследование и расчет пространственных конструкций гражданских зданий.: сб.науч.тр. / Л., 1985. С.95-99.
5. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции / Ф.Н. Рабинович // М.: Изд-во АСВ, Москва, 2004. 560 с.
6. Уткин Д.Г. Экспериментальные исследования сжато-изогнутых железобетонных элементов с зонным армированием из стальной фибры при кратковременном динамическом нагружении / Д.Г. Уткин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета №3-2008. Томск, 2008. С. 156-164.
7. Плевков В.С., Уткин Д.Г. / Прочность железобетонных элементов с армированием из стальной фибры при кратковременном динамическом нагружении / В.С. Плевков, Д.Г. Уткин // Научно-технический журнал «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений». Москва, 2014. № 5.С. 38-44.
8. Морозов В.И. Исследования фиброжелезобетонных колонн с высокопрочной арматурой / В.И. Морозов, А.О. Хегай // Вестник гражданских инженеров. 2011. №3(28). С. 34-37.
9. Морозов В.И. Расчет изгибаемых элементов с высокопрочной арматурой с фибровым армированием растянутых зон / В. И. Морозов // Промышленное и гражданское строительство. 2007. №2. С. 36-39
10. Плевков В.С. Прочность и деформативность железобетонных элементов с зонным фибровым армированием при кратковременном динамическом нагружении / В.С. Плевков, Д.Г.Уткин, А.Е. Карпов// Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Сборник докладов Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры железобетонных и каменных конструкций и 100-летию со дня рождения Н.Н. Попова (19-20 апреля 2016 г., Москва) - Москва, 2016. С. 342-348.
11. Уткин Д.Г. Прочность изгибаемых сталефиброжелезобетонных элементов со смешанным армированием при кратковременном динамическом нагружении / Д.Г. Уткин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета №6-2017. Томск, 2017. С. 62-76.
12. Kumar V., Kartik K.V., Iqbal M.A. Experimental and numerical investigation of reinforced concrete slabs under blast loading // Engineering Structures. 2020. Vol. 206.
13. 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.
14. Caldentey A.P., Diego Y.G., Fernández F.A., Santos A.P. Testing robustness: A full-scale experimental test on a two-storey reinforced concrete frame with solid slabs // Engineering Structures. 2021. Vol. 240.
15. 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.
16. Eladawy M., Hassan M., Benmokrane B., Ferrier E. Lateral cyclic behavior of interior two-way concrete slab-column connections reinforced with GFRP bars // Engineering Structures. 2020. Vol. 209.

17. Deifalla A. A mechanical model for concrete slabs subjected to combined punching shear and in-plane tensile forces // *Engineering Structures*. 2021. Vol. 231.
18. Yu J.L., Wang Y.C. Modelling and design method for static resistance of a new connection between steel tubular column and fl at concrete slab // *Journal of Constructional Steel Research*. 2020. Vol. 173.
19. 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.
20. Cervenka V., Jendele L., Cervenka J. ATENA Program Documentation. Part 1. Theory. Prague: Cervenka Consulting, 2020. 344 p.

## REFERENCES

1. Popov N.N., Rastorguev B.S. *Dinamicheskii raschet zhelezobetonnykh konstruksii* [Dynamic calculation of ferro-concrete designs]. Moscow, Stroyizdat, 1974. 207 p. (rus)
2. Popov N.N., Rastorguev B.S. *Voprosy rascheta i konstruirovaniya spetsial'nykh sooruzhenii* [Questions of calculation and designing of special constructions]. Moscow, Stroyizdat, 1980. 189 p. (rus)
3. Bazhenov Yu.M. *Beton pri dinamicheskom nagruzhении* [Concrete at dynamic load]. Moscow, Stroyizdat, 1970. 270 p. (rus)
4. Grigor'ev V.I. O koeffitsiente dinamicheskogo uprochneniya stalefibrobetona pri rastyazhenii [About factor dynamic durability of steel fibre reinforced concrete at a stretching]. Research and calculation of spatial designs of civil buildings. The collection of proceedings. Leningrad, 1985. Pp.95-99. (rus)
5. Rabinovich F.N., *Kompozity na osnove dispersno armirovannykh betonov. Voprosy teorii i proektirovaniya, tekhnologiya, konstruksii* [Composites on a basis steel fibre reinforced concrete. Questions of the theory and designing, technology, designs]. Moscow: Izdatel'stvo ASV, 2004. 560 p. (rus)
6. Utkin D.G. *Eksperimental'nye issledovaniya szhato-izognutykh zhelezobetonnykh elementov s zonnym armirovaniem iz stal'noi fibry pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzhении* [Experimental researches it is compressed - bent ferro-concrete elements with zoned reinforcing from a steel fiber at short-term dynamic load]. The bulletin of Tomsk state architectural - building university. 2008.No. 3. Pp. 156-164.(rus)
7. Plevkov V.S., Utkin D.G. / *Prochnost' zhelezobetonnykh elementov s armirovaniem iz stal'noj fibry pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzhении* [Durability of reinforced concrete elements with fiberglass reinforcement under short-term dynamic load] / V.S. Plevkov, D.G. Utkin // *Nauchno-tehnicheskij zhurnal «Sejsmostojkoestroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij»*, Moskva, 2014. No. 5. Pp. 38-44. (rus)
8. Morozov V.I. *Issledovaniya fibrozhelezobetonnykh kolonn s vysokoprochnoj armaturoj* [The reseafch of steel fibre reinforced concrete columns with high-strength reinforced bars]/V. I. Morozov, A. O. Hegaj // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2011. No.3(28). Pp. 34-37. (rus)
9. Morozov V.I. *Raschet izgibaemyh jelementov s vysokoprochnoj armaturoj s fibrovym armirovaniem rastjanutyh zon* [The calculation of bent elements with high-strength reinforced bars with fibre reinforcing the stretched zones]/ V.I. Morozov // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2007. No.2. Pp. 36-39. (rus).
10. Plevkov V.S. *Prochnost' i deformativnost' zhelezobetonnykh ehlementov s zonnym fibrovym armirovaniem pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzhении* [The strength and deformability of reinforced concrete elements with fiber reinforcement. in short-term dynamic loading] /V.S. Plevkov, D.G.Utkin, A.E. Karpov// *Sovremennye problemy rascheta zhelezobetonnykh konstrukcij, zdaniy i sooruzhenij na avarijnye vozdejstviya. Sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 85-letiyu kafedry zhelezobetonnyh i kamennykh konstrukcij i 100-letiyu so dnya rozhdeniya N.N. Popova (19-20 aprelya 2016 g., Moskva)* Moskva, 2016. Pp. 342-348 (rus).
11. Utkin D.G., *Prochnost' izgibaemyh stalefibrozhelezobetonnykh elementov so smeshannym armirovaniem pri kratkovremennom dinamicheskom nagruzhении* [Strength of bent steel-reinforced concrete elements with mixed reinforcement under short-term dynamic loading].The bulletin of Tomsk state architectural - building university. 2017.No. 6. Pp. 62-76.(rus)
12. Kumar V., Kartik K.V., Iqbal M.A. Experimental and numerical investigation of reinforced concrete slabs under blast loading // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 206.
13. 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.
14. Caldenty A.P., Diego Y.G., Fernández F.A., Santos A.P. Testing robustness: A full-scale experimental test on a two-storey reinforced concrete frame with solid slabs // *Engineering Structures*. 2021. Vol. 240.
15. Jinjie Men, Liqian 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.
16. Eladawy M., Hassan M., Benmokrane B., Ferrier E. Lateral cyclic behavior of interior two-way concrete slab-column connections reinforced with GFRP bars // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 209.

17. Deifalla A. A mechanical model for concrete slabs subjected to combined punching shear and in-plane tensile forces // *Engineering Structures*. 2021. Vol. 231.
18. Yu J.L., Wang Y.C. Modelling and design method for static resistance of a new connection between steel tubular column and fl at concrete slab // *Journal of Constructional Steel Research*. 2020. Vol. 173.
19. 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.
20. Cervenka V., Jendele L., Cervenka J. ATENA Program Documentation. Part 1. Theory. Prague: Cervenka Consulting, 2020. 344 p.

**Информация об авторе:**

**Уткин Дмитрий Геннадьевич**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва, Россия,  
кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.  
E-mail: [udg70@mail.ru](mailto:udg70@mail.ru)

**Information about author:**

**Utkin Dmitry G.**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,  
candidate in technical sciences, docent, associated professor, of the department of reinforced concrete and stone  
structures.  
E-mail: [udg70@mail.ru](mailto:udg70@mail.ru)

А.А. ДОЛЕВ<sup>1</sup>, В.А. АЛЕКСЕЕВ<sup>2</sup>, О.Ю. БАЖЕНОВА<sup>3</sup>

<sup>1</sup>АО «Мосинжпроект», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ООО «Институт Мосинжпроект», г. Москва, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

## ПОДБОР РАСХОДОВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГРУНТОЦЕМЕНТНЫХ СВАЙ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

**Аннотация.** Укрепление грунтов по струйной технологии в сложных грунтовых условиях в настоящее время получило широкое распространение в том числе при строительстве заглубленных и подземных сооружений. При этом накопилось достаточное количество опытных данных для прогнозирования свойств получаемого грунтоцемента. Цель работы заключается в определении оптимальных расходов материалов для грунтоцементных конструкций с учётом сложных инженерно-геологических условий. Изучение твердеющих систем на минеральной основе в водонасыщенных грунтах с включениями органических отложений или в условиях высокой фильтрации, имеет ряд особенностей, затрудняющих назначение оптимальных технологий и компонентов растворов на цементной основе для формирования грунтоцементов. Для определения конечных параметров грунтоцементов анализировались параметры грунтоцементных свай на объектах при строительстве метрополитена, лабораторные данные при смешивании минеральных компонентов и грунтов разных типов, данные научно-технического сопровождения при контроле качества и приёмке работ. Изучена кинетика твердения грунтоцементов для различных грунтов при разных расходах цемента, зафиксирован положительный эффект от применения различных типов добавок при невозможности достижения проектных физико-механических свойств в сложных грунтовых условиях. Изучена эффективность достижения проектных прочностных характеристики грунтоцемента с определением минимального порога расходов цемента. При производстве опытных работ для подтверждения выбранного расхода цемента и технологических параметров цементации, отмечены особенности закрепления по технологии jet-grouting в грунтах разного типа.

**Ключевые слова:** грунтоцемент, закреплённый грунт, грунтобетон, струйная цементация, цементационное закрепление, усиление грунтов оснований, противифльтрационная завеса.

A.A. DOLEV<sup>1</sup>, V.A. ALEKSEEV<sup>2</sup>, O.YU. BAZHENOVA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engineering company Mosinzhproekt, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Department of Computer Science, Moscow, Russia

<sup>3</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia

## SELECTION OF CONCRETE FORMULATIONS FOR THE CREATION OF SOIL-CEMENT PILES IN DIFFICULT ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS

**Abstract.** Strengthening of soils by jet technology in difficult ground conditions has now become widespread, including in the construction of buried and underground structures. At the same time, a sufficient amount of experimental data has accumulated to predict the properties of the resulting soil cement. The purpose of the work is to determine the optimal consumption of materials for

*soil-cement structures, taking into account complex engineering and geological conditions.*

*The study of mineral-based hardening systems in water-saturated soils with inclusions of organic deposits or in conditions of high filtration has a number of features that make it difficult to assign optimal technologies and components of cement-based solutions for the formation of soil cements. To determine the final parameters of soil cement, the parameters of soil cement piles at the facilities during the construction of the subway, laboratory data on mixing mineral components and soils of different types, scientific and technical data were analyzed.*

**Keywords:** *soil cement, fixed soil, soil concrete, jet grouting, grouting, reinforcement of foundation soils, anti-seepage curtain.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nezhnikova E. The Use of underground city space for the construction of civil residential buildings. *Procedia Engineering*. Vol. 165. Pp. 1300-1304. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.854>.
2. Boschi K., di Prisco C.G., Ciantia M.O. 2019. Micromechanical investigation of grouting in soils. *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 187. Pp. 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2019.06.013>.
3. Джантимиров Х.А., Долев А.А. Опыт усиления основания сооружения с помощью струйной геотехнологии // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2006. №1. С. 34-37.
4. Heidari M., Tonon F. Ground reaction curve for tunnels with jet grouting umbrellas considering jet grouting hardening. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Vol. 76. Pp. 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2015.03.021>.
5. Makovetskiy O.A. Application of “jet grouting” for installation of substructures of estates. *Procedia Engineering*. Vol. 150. Pp. 2228-2231. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.269>.
6. Бройд И.И. Струйная геотехнология. Издательство АСВ. Москва. 2004 г. 448 стр.
7. Долев А.А., Алексеев В.А. Изменение границы применимости jet-технологии при укреплении грунтов в связи с накоплением практического опыта // *Метро и тоннели*. №4. 2021 г. С. 48-52.
8. Murat Olgun, Askar Kanat, AlicanSenkaya Ibrahim Hakki Erkan. Investigating the properties of jet grouting columns with fine-grained cement and silica fume // *Construction and Building Materials*. Volume 267. 18 January 2021. 120637. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120637.
9. Zhi-Feng Wang, Shui-Long Shen, Giuseppe Modoni. Enhancing discharge of spoil to mitigate disturbance induced by horizontal jet grouting in clayey soil: Theoretical model and application // *Computers and Geotechnics*. Volume 111. July 2019. Pages 222-228. DOI: 10.1016/j.compgeo.2019.03.012.
10. Mahdi Heidari, Fulvio Tonon. Ground reaction curve for tunnels with jet grouting umbrellas considering jet grouting hardening // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2015. Volume 76, June Pages 200-208. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2015.03.021.
11. Малинин А.Г. Влияние режимов струйной цементации на диаметр грунтоцементных колонн // *Метро и тоннели*. 2013. № 4. С. 30.
12. Тер-Мартirosян З.Г., Струнин П.В. Усиление слабых грунтов в основании фундаментных плит с использованием технологии струйной цементации грунтов // *Вестник МГСУ*. 2010. № 4-2. С. 310-31.
13. Zhi-Feng Wang, Shui-Long Shen, Giuseppe Modoni. Enhancing discharge of spoil to mitigate disturbance induced by horizontal jet grouting in clayey soil: Theoretical model and application // *Computers and Geotechnics*, Volume 111. July 2019. Pages 222-228. DOI: 10.1016/j.compgeo.2019.03.012.
14. Makovetskiy O.A.. Application of “Jet Grouting” for Installation of Substructures of Estates // *Procedia Engineering*. 2016. Volume 150. Pages 2228-2231. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.269.
15. Kashevarova G.G., Makovetskiy O.A. Analysis of Experimental and Estimated Jet-grouted Soil Mass Deformations // *Procedia Engineering*. 2016. Volume 150. Pages 2223-2227. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.268.
16. Hamza Güllü. On the viscous behavior of cement mixtures with clay, sand, lime and bottom ash for jet grouting // *Construction and Building Materials*. 15 September 2015. Volume 93. Pages 891-910. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.05.072.
17. Hamza Güllü. A new prediction method for the rheological behavior of grout with bottom ash for jet grouting columns // *Soils and Foundations*. June 2017. Volume 57. Issue 3. Pages 384-396. DOI: 10.1016/j.sandf.2017.05.006.
18. Nuno Cristelo, Edgar Soares, Ivo Rosa, Tiago Miranda, Ana Chaves. Rheological properties of alkaline activated fly ash used in jet grouting applications // *Construction and Building Materials*. November 2013. Volume 48. Pages 925-933. DOI:10.1016/j.conbuildmat. 2013.07.063.
19. Makovetskiy O.A.. Application of “Jet Grouting” for Installation of Substructures of Estates // *Procedia Engineering*. 2016. Volume 150. Pages 2228-2231. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.269.

20. Axelsson M., Gustafson G. The PenetraCone, a new robust field measurement device for determining the penetrability of cementitious grouts // *Tunnelling and Underground Space Technology*. January 2010. Volume 25. Issue 1. Pages 1-8. DOI: 10.1016/j.tust.2009.06.004.
21. Katia Boschi, Claudio Giulio di Prisco, Matteo Oryem Ciantia. Micromechanical investigation of grouting in soils // *International Journal of Solids and Structures*, 15 June 2019. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2019.06.013.

## REFERENCES

1. Nezhnikova E. The Use of underground city space for the construction of civil residential buildings. *Procedia Engineering*. Vol. 165. Pp. 1300-1304. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.854>.
2. Boschi K., di Prisco C.G., Ciantia M.O. 2019. Micromechanical investigation of grouting in soils. *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 187. Pp. 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2019.06.013>.
3. Dzhantimirov Kh.A., Dolev A.A. Experience of strengthening the foundation of a structure using jet geotechnology // *Foundations, foundations and soil mechanics*. 2006. No. 1. Pp. 34-37.
4. Heidari M., Tonon F. Ground reaction curve for tunnels with jet grouting umbrellas considering jet grouting hardening. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Vol. 76. Pp. 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2015.03.021>.
5. Makovetskiy O.A. Application of “jet grouting” for installation of substructures of estates. *Procedia Engineering*. Vol. 150. Pp. 2228-2231. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.269>.
6. Broyd I.I. *Jet geotechnology*. Publishing house ASV. Moscow. 2004. 448 p.
7. Dolev A.A., Alekseev V.A. Change in the applicability limit of jet technology in soil strengthening in connection with the accumulation of practical experience // *Metro and tunnels*. 2021.No. 4. Pp. 48-52.
8. Murat Olgun, Askar Kanat, AlicanSenkaya Ibrahim Hakki Erkan. Investigating the properties of jet grouting columns with fine-grained cement and silica fume // *Construction and Building Materials*. Volume 267. 18 January 2021. 120637. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120637.
9. Zhi-Feng Wang, Shui-Long Shen, Giuseppe Modoni. Enhancing discharge of spoil to mitigate disturbance induced by horizontal jet grouting in clayey soil: Theoretical model and application // *Computers and Geotechnics*. Volume 111. July 2019. Pages 222-228. DOI: 10.1016/j.compgeo.2019.03.012.
10. Mahdi Heidari, Fulvio Tonon. Ground reaction curve for tunnels with jet grouting umbrellas considering jet grouting hardening // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2015. Volume 76, June Pages 200-208. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2015.03.021.
11. Malinin A.G. Influence of jet cementation regimes on the diameter of soil-cement columns // *Metro and tunnels*. 2013. No. 4. P. 30.
12. Ter-Martirosyan ZG, Strunin P.V. Strengthening of weak soils at the base of foundation slabs using the technology of jet cementation of soils // *Vestnik MGSU*. 2010. No. 4-2. P. 310-31.
13. Zhi-Feng Wang, Shui-Long Shen, Giuseppe Modoni. Enhancing discharge of spoil to mitigate disturbance induced by horizontal jet grouting in clayey soil: Theoretical model and application // *Computers and Geotechnics*. July 2019. Volume 111. Pages 222-228. DOI: 10.1016/j.compgeo.2019.03.012.
14. Makovetskiy O.A. Application of “Jet Grouting” for Installation of Substructures of Estates // *Procedia Engineering*. 2016. Volume 150. Pages 2228-2231. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.269.
15. Kashevarova G.G., Makovetskiy O.A.. Analysis of Experimental and Estimated Jet-grouted Soil Mass Deformations // *Procedia Engineering*. 2016. Volume 150. Pages 2223-2227. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.268.
16. Hamza Güllü. On the viscous behavior of cement mixtures with clay, sand, lime and bottom ash for jet grouting // *Construction and Building Materials*. 15 September 2015. Volume 93. Pages 891-910. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.05.072.
17. Hamza Güllü. A new prediction method for the rheological behavior of grout with bottom ash for jet grouting columns // *Soils and Foundations*. June 2017. Volume 57. Issue 3. Pages 384-396. DOI: 10.1016/j.sandf.2017.05.006.
18. Nuno Cristelo, Edgar Soares, Ivo Rosa, Tiago Miranda, Ana Chaves. Rheological properties of alkaline activated fly ash used in jet grouting applications // *Construction and Building Materials*. November 2013. Volume 48. Pages 925-933. DOI: 10.1016/j.conbuildmat. 2013.07.063.
19. Makovetskiy O.A.. Application of “Jet Grouting” for Installation of Substructures of Estates // *Procedia Engineering*. 2016. Volume 150. Pages 2228-2231. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.269.
20. Axelsson M., Gustafson G. The PenetraCone, a new robust field measurement device for determining the penetrability of cementitious grouts // *Tunnelling and Underground Space Technology*. January 2010. Volume 25. Issue 1. Pages 1-8. DOI: 10.1016/j.tust.2009.06.004.
21. Katia Boschi, Claudio Giulio di Prisco, Matteo Oryem Ciantia. Micromechanical investigation of grouting in soils // *International Journal of Solids and Structures*, 15 June 2019. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2019.06.013.

### Информация об авторах:

**Долев Андрей Андреевич**

АО «Мосинжпроект», г. Москва, Россия,  
кандидат технических наук, главный специалист.  
E - mail: [a\\_a\\_dolev77@mail.ru](mailto:a_a_dolev77@mail.ru)

**Алексеев Вячеслав Александрович**

ООО «Институт Мосинжпроект», г. Москва, Россия,  
заместитель начальника управления по проектированию подземных сооружений и геотехнических изысканий.  
E - mail: [634586@mail.ru](mailto:634586@mail.ru)

**Баженова Ольга Юрьевна**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
(НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,  
кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения.  
E - mail: [Bagenova54@mail.ru](mailto:Bagenova54@mail.ru)

### Information about the authors:

**Dolev Andrey An.**

Company «Mosinjproekt», Moscow, Russia,  
candidate of science in technics, main specialist.  
E - mail: [a\\_a\\_dolev77@mail.ru](mailto:a_a_dolev77@mail.ru)

**Alekseev Vyacheslav Al.**

Company «Institut Mosinjproekt», Moscow, Russia,  
deputy head of the department for the Design of Underground Structures and Geotechnical Surveys.  
E - mail: [634586@mail.ru](mailto:634586@mail.ru)

**Bazhenova Olga Yu.**

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia,  
candidate of technical sciences, associate professor of the department of Building Materials Science.  
E - mail: [Bagenova54@mail.ru](mailto:Bagenova54@mail.ru)

Л.В. ИЛЬИНА<sup>1</sup>, Л.Н. ТАЦКИ<sup>1</sup>, О.В. УЛЬЯНОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»,  
г. Новосибирск, Россия

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ ГЕЛЕМ НАНОКРЕМНЕЗЕМА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО ЧЕРЕПКА

***Аннотация.** В связи перспективами роста объемов строительства индивидуальных жилых домов возрастает спрос на лицевой керамический кирпич и крупноформатные поризованные стеновые блоки. При дефиците высококачественного глинистого сырья для выпуска керамического кирпича пластического формования, рекомендуется переход на выпуск изделий полусухого прессования. Важной задачей является повышение прочности керамического кирпича как несущего в стене нагрузку, так и выполняющего теплоизолирующую роль. Рекомендуется введение в шихту водного раствора геля нанокремнезема.*

*Основным сырьем являлся неспекающийся пылеватый суглинок Верх-Туллинского месторождения, содержащий более 70 % пылеватых фракций (5-50 мкм). В качестве добавки использовался гель нанокремнезема «Лэйксил-30» производства научно-технического центра «Компас» (г. Казань). В статье авторы использовали как стандартные методы исследования, так и современные методы рентгенофазового анализа для установления вещественного состава керамического черепка.*

*Установлено, что при оптимальных рецептурных и технологических параметрах введение в сырьевую смесь геля «Лэйксил-30» с водой затворения повышает предел прочности по сравнению с бездобавочным составом на 32,8 %, не влияя на среднюю плотность и водопоглощение керамического черепка. Изучен количественный фазовый состав черепка.*

*Экспериментально установлено повышение прочности керамического черепка за счет использования добавки геля нанокремнезема «Лэйксил-30» в оптимальной дозировке. Для обеспечения максимальной прочности керамического черепка необходимо, чтобы при обжиге были завершены процессы взаимодействия водного раствора добавки с глинистым компонентом.*

**Ключевые слова:** низкокачественное глинистое сырье, полусухое прессование, повышение прочности, гель нанокремнезема.

L.V. ILINA<sup>1</sup>, L.N. TACKY<sup>1</sup>, O.V. ULYANOVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia

## MODIFICATION OF LOW-QUALITY CLAY-STOCK RAW MATERIALS WITH NANOSILICA GEL AND ITS INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF CERAMIC SHARD

***Abstract.** In connection with the prospects for growth in the volume of construction of individual residential buildings, the demand for facing ceramic bricks and large-format porous wall blocks is increasing. With a shortage of high-quality clay raw materials for the production of plastic molded ceramic bricks, it is recommended to switch to the production of semi-dry pressing products. An important task is to increase the strength of ceramic bricks, both carrying a load in the wall and performing a heat-insulating role. It is recommended to introduce an aqueous solution of nanosilica gel into the charge.*

*The main raw material was non-caking dusty loam of the Verkh-Tulinskoye deposit, containing more than 70% of dusty fractions (5-50 microns). As an additive, we used Lakesil-30 nanosilica gel produced by the Compass Scientific and Technical Center (Kazan). In the article, the authors used both*

*standard research methods and modern methods of X-ray phase analysis to establish the material composition of a ceramic shard.*

*It has been established that, at optimal prescription and technological parameters, the introduction of Lakesil-30 gel with mixing water into the raw mixture increases the strength limit by 32.8% compared to the non-additive composition, without affecting the average density and water absorption of the ceramic shard. ... The quantitative phase composition of the shard has been studied.*

*It has been experimentally established that the strength of a ceramic shard is increased due to the use of an additive of Lakesil-30 nanosilica gel in an optimal dosage. To ensure the maximum strength of the ceramic shard, it is necessary that the processes of interaction of the aqueous solution of the additive with the clay component are completed during firing.*

**Keywords:** *Low-quality clay raw materials, semi-dry pressing, increase in strength, nanosilica gel low-quality clay raw materials, semi-dry pressing, additions of wollastonite and ferrosilicomanganese waste, phase composition of the shard, physical and technical properties.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семёнов А.А. Российский рынок керамического кирпича. Тенденции и перспективы развития // Строительные материалы. 2020. № 12. С. 4–5. DOI: 10.31659/0585-430X-2020-787-12-4-5.
2. Гуров Н.Г. Заводы керамических стеновых материалов III поколения как современная база жилищного строительства в Российской провинции // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 6-8. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16692026>.
3. Stolboushkin A.Y., Fomina O.A., Vereshchagin V.I. Phase composition of the core–shell transition layer in a construction ceramic matrix structure made from non-plastic raw material with clay additives // Glass and Ceramics. 2019. Т. 76. № 1-2. С.16-21. DOI: 10.1007/s10717-019-00124-3.
4. Fomina O.A., Stolboushkin A.Yu. Firing of ceramics from granulated foam-glass // Materials Science Forum. 2020. Т. 992 MSF. С. 265-270. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.992.265.
5. Тацки Л.Н., Ильина Л.В., Барышок Л.А. Керамический кирпич на основе низкокачественного глинистого сырья с добавкой отходов ферросиликомарганца // Строительство и реконструкция. 2021 № 2 (94). С. 96-104. DOI: 10.33979/2073-7416-2021-94-2-96-104.
6. Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А., Актс Д.В., Захарченко Л.Е. Особенности глинистого сырья Западной Сибири как сырьевой базы строительной керамики // Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физ–математические науки. 2019. №3. С. 27-36. <https://elibrary.ru/item.asp?id=41105270>.
7. Иванов А.И., Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Принципы создания оптимальной структуры керамического кирпича полусухого прессования // Строительные материалы. 2015. № 4. С. 65 - 69.
8. Завадский В.Ф., Путро Н.Б. Поризованная строительная керамика. Новосибирск: НГАСУ. 2005. 100 с.
9. Нанопорошки. Назначение, свойства, производства // Нанотехнологии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nano-info.ru/post/439> (дата обращения 10.09.2021).
10. Кузьмина В.П. Нанодиоксид кремния. Применение в строительстве // Сухие строительные смеси. 2016. № 5. С. 8-11.
11. Ильина Л. В., Туляганов А. К., Литвинов М. Е. Влияние кремнезоля на прочность цементных растворов // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Качество. Технологии. Инновации». Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин). 2021. С. 81-85.
12. Демьяненко О.В., Копаница Н.О., Саркисов Ю.С. Исследование свойств наноразмерного диоксида кремния и его влияние на свойства цементного камня // Ресурсы и ресурсосберегающие технологии в строительном материаловедении. Международный сборник научных трудов. Стройсиб – 2016. Новосибирск. НГАУ. 2016. С. 121-124.
13. Куликова А.А., Демьяненко О.В., Копаница Н.О. Введение нанодиоксида кремния на свойства цементного камня // Материалы III Международной научно-практической конференции «Качество. Технологии. Инновации». Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин). 2020. С. 23 - 28.
14. Evstigneev A., Smirnov V., Korolev E. Design of nanomodified intumescent polymer matrix coatings: theory, modeling, experiments // Matec Web of Conferences. electronic collection. Editors: A. Volkov, A. Pustovgar and A. Adamtsevich. 2018. С. 01033. DOI: 10.1051/mateconf/201825101033.
15. Ларичкин В.В., Немущенко Д. А., Кальнеус В. А. Исследование влияние добавки нанопорошка SiO<sub>2</sub> на физико-механические свойства золокерамики // Перспективные материалы. 2014. № 11. С. 56-62. <https://www.jp-ru.ru/koriya-2014-10>.

16. Наумов А.А., Трищенко И.В., Гуров Н.Г. К вопросу улучшения качества и расширения ассортимента керамического кирпича для действующих заводов полусухого прессования // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 11-17.
17. Мавлюбердинов А.Р. Изучение механизма повышения прочности пористого черепка на основе среднепластичной Сарай-Чекурчинской глины с химической добавкой // *Известия КазГАСУ*. 2010. № 2 (14) С. 234-238.
18. Филиппов В.А., Филиппов Б.В. Перспективные технологии обработки материалов сверхвысококачественными электромагнитными колебаниями // *Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева*. 2012. № 4. С 181-184.
19. Женжурист И.А. Микроволновая обработка силикатов полем СВЧ с модификаторами на основе оксида алюминия // *Стекло и керамика*. 2015. № 7. С. 39-43.
20. Женжурист И.А. Перспективные направления наномодифицирования в строительной керамике // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 36-39.
21. Женжурист И.А. Перспективы микроволнового спекания алюмосиликатной композиции в технологии керамики // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 28-30. DOI: 10.31659/0585-430X-2017-747-4-28-30.
22. Гинчинская Ю.Н., Яковлев Г.И., Дрохитка Р.И др. Исследование структуры и свойств наномодифицированной строительной керамики // *Строительные материалы*. 2018. № 1–2. С. 27–32. DOI: 10.31659/0585-430X-2018-756-1-2-27-32.
23. Богданов А.Н. Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Модификация кирпичных суглинков многослойными углеродными нанотрубками для выпуска стеновой керамики // *Материалы юбилейной Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова*. Белгород. 2014. С. 46-49.
24. Королев Е.В. Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении // *Нанотехнологии в строительстве*. 2009. Т.1. № 1. С. 66-79.
25. Тацки Л.Н., Ильина Л.В. Влияние состава шихты из низкокачественного сырья на свойства осветленного керамического черепка // *Строительство и реконструкция*. 2020. № 2 (88). С. 114-122. DOI: 10,33979/2073-7416-2020-88-2-114-122.
26. Piina L. Tatski L. Baryshok. Quality improvement of semi-dry pressing ceramic bricks from low-quality raw materials by the directional additives // *IOP Conference series: Materials science and Engineering*. Vol. 962 (2020) 022007. DOI: 10.1088/1757-899X/962/2/022007.
27. Тацки Л.Н., Ильина Л.В. Разработка составов шихт из низкокачественного глинистого сырья в технологии стеновой керамики объемного окрашивания // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2020. № 1 (733). С. 87-101. DOI: <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-733-1-87-101>.
28. Михеев В.И. Рентгенометрический определить минералов. Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, Москва, 1958. 862 с.
29. Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розина Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород. М.: «Недра», 1974. 399 с.
30. Красникова Н.М., Хозин В.Г., Иксанова З.Ф. [и др.]. Влияние pH среды кремнезоля на прочность цементных систем // *Вестник Технологического университета*. 2018. Т. 21. № 12. С. 72-74.
31. Химическая технология керамики / под. ред. И.Я. Гузмана. М.: ОООРИФ «Стройматериалф», 2003. с. 34.

## REFERENCES

1. Semyonov A.A. Russian market of ceramic bricks. Trends and development prospects // *Building materials*. 2020. No. 12. Pp. 4–5. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-787-12-4-5>. (rus)
2. Gurov NG Plants of ceramic wall materials of the third generation as a modern base of housing construction in the Russian province. *Stroitelnye materialy*. 2011. no. 4. Pp. 6-8. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16692026>. (rus)
3. Stolboushkin A.Y., Fomina O.A., Vereshchagin V.I. Phase composition of the core–shell transition layer in a construction ceramic matrix structure made from non-plastic raw material with clay additives // *Glass and Ceramics*. 2019. T. 76. № 1-2. Pp. 16 - 21. DOI: 10.1007/s10717-019-00124-3.
4. Fomina O.A., Stolboushkin A.Yu. Firing of ceramics from granulated foam-glass // *Materials Science Forum*. 2020. T. 992 MSF. Pp. 265 - 270. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.992.265.
5. Piina L.V., Tatski L.N., Baryshok L.A. Ceramic brick based on low-quality clay raw materials with the addition of ferrosilicomanganese waste. *Construction and reconstruction*. 2021. No. 2 (94). Pp. 96-104. DOI: 10.33979 / 2073-7416-2021-94-2-96-104. (rus)
6. Stolbushkin A.Yu., Fomina O.A., Akst D.V., Zakharchenko L.Ye. Features of clay raw materials of Western Siberia as a raw material base for building ceramics // *Bulletin of Tuva State University. Technical and physical and mathematical sciences*. 2019. No. 3. Pp. 27-36. <https://elibrary.ru/item.asp?id=41105270>. (rus)
7. Ivanov A.I., Stolbushkin A.Yu., Storozhenko G.I. Principles of creating an optimal structure of semi-dry pressing ceramic bricks. *Stroitelnye materialy*. 2015. No. 4. Pp. 65-69. (rus)

8. Zavadsky V.F., Putro N.B. Porized building ceramics. Novosibirsk: NGASU. 2005. 100 p. (rus)
9. Nanopowders. Purpose, properties, production // Nanotechnology [Electronic resource]. URL: <https://www.nano-info.ru/post/439> (date of treatment 09/10/2021). (rus)
10. Kuzmina V.P. Silicon nanodioxide. Application in construction // Dry construction mixtures. 2016. No. 5. Pp. 8-11. (rus)
11. Ilyina L.V., Tulyaganov A.K., Litvinov M.E. Effect of silica ash on the strength of cement mortars // Materials of the IV International Scientific and Practical Conference "Quality. Technologies. Innovation ". Novosibirsk: NGASU (Sibstrin). 2021. Pp. 81-85. (rus)
12. Demyanenko O.V., Kopanitsa N.O., Sarkisov Yu.S. Investigation of the properties of nanosized silicon dioxide and its influence on the properties of cement stone // Resources and resource-saving technologies in construction materials science. International collection of scientific papers. StroiSib - 2016. Novosibirsk. NSAU. 2016. Pp. 121-124. (rus)
13. Kulikova A.A., Demyanenko O.V., Kopanitsa N.O. Introduction of silicon nanodioxide on the properties of cement stone // Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Quality. Technologies. Innovation ". Novosibirsk: NGASU (Sibstrin). 2020. Pp. 23-28. (rus)
14. Evstigneev A., Smirnov V., Korolev E. Design of nanomodified intumescent polymer matrix coatings: theory, modeling, experiments // Matec Web of Conferences. Electronic collection. Editors: A. Volkov, A. Pustovgar and A. Adamtsevich. 2018. P. 01033. DOI: 10.1051/mateconf/201825101033.
15. Larichkin V.V., Nemushchenko D.A., Kalneus V.A. Investigation of the effect of addition of SiO<sub>2</sub> nanopowder on the physical and mechanical properties of ash ceramics // Perspective materials. 2014. No. 11. Pp. 56-62. <https://www.j-pm.ru/kopiya-2014-10>. (rus)
16. Naumov A.A., Trishchenko I.V., Gurov N.G. On the issue of improving the quality and expanding the range of ceramic bricks for operating semi-dry pressing plants. Stroitelnye materialy. 2014. No. 4. Pp. 11-17. (rus)
17. Mavlyuberdinov A.R. Study of the mechanism of increasing the strength of a porous shard based on medium-plastic Saray-Chekurchinskaya clay with a chemical additive // Izvestiya KazGASU. 2010. No. 2 (14). Pp. 234-238. (rus)
18. Filippov V.A., Filippov B.V. Promising technologies for processing materials by ultrahigh-frequency electromagnetic oscillations. Vestnik ChGPU im. AND I. Yakovleva. 2012. No. 4. Pp. 181-184. (rus)
19. Zhenzhurist I.A. Microwave treatment of silicates in a microwave field with modifiers based on aluminum oxide // Glass and ceramics. 2015. No. 7. Pp. 39-43. (rus)
20. Zhenzhurist I.A. Promising directions of nanomodification in building ceramics // Building materials. 2014. No. 4. Pp. 36-39. (rus)
21. Zhenzhurist IA Prospects for microwave sintering of aluminosilicate composition in ceramics technology // Building materials. 2017. No. 4. Pp. 28-30. DOI: 10.31659 / 0585-430X-2017-747-4-28-30. (rus)
22. Gincinskaya Yu.N., Yakovlev GI, Drokhitka R. et al. Investigation of the structure and properties of nanomodified building ceramics // Building materials. 2018. No. 1–2. Pp. 27–32. DOI: 10.31659 / 0585-430X-2018-756-1-2-27-32. (rus)
23. Bogdanov A.N. Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G. Modification of brick loam with multilayer carbon nanotubes for the production of wall ceramics // Materials of the Jubilee International Scientific and Practical Conference dedicated to the 60th anniversary of BSTU named after V.G. Shukhov. Belgorod. 2014. Pp. 46-49. (rus)
24. Korolev E.V. Basic principles of practical nanotechnology in building materials science // Nanotechnology in construction. 2009. Vol. 1. No. 1. Pp. 66-79. (rus)
25. Tatski LN, Ilyina L.V. Influence of the composition of the charge from low-quality raw materials on the properties of the clarified ceramic shard // Construction and reconstruction. 2020. No. 2 (88). Pp. 114-122. DOI: 10.33979 / 2073-7416-2020-88-2-114-122. (rus)
26. L. Ilina, L. Tatski, L. Baryshok. Quality improvement of semi-dry pressing ceramic bricks from low-quality raw materials by the directional additives // IOP Conference series: Materials science and Engineering. Vol. 962 (2020) 022007. DOI: 10.1088/1757-899X/962/2/022007.
27. Tatski L.N., Ilyina L.V. Development of charge compositions from low-quality clay raw materials in the technology of bulk-colored wall ceramics. Izvestiya of higher educational institutions. Construction. 2020. No. 1 (733). Pp. 87-101. DOI: <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-733-1-87-101>. (rus)
28. Mikheev V.I. Radiometric determine minerals. State Scientific and Technological Publishing House of Literature on Geology and Subsoil Protection, Moscow, 1958. 862 p. (rus)
29. Ivanova V.P., Kasatov B.K., Krasavina T.N., Rozinova E.L. Thermal analysis of minerals and rocks. Moscow: Nedra, 1974. 399 p. (rus)
30. Krasnikova N.M., Khozin V.G., Iksanova Z.F. [and others]. The influence of the pH of the silica ash environment on the strength of cement systems. Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. 2018. Vol. 21.No. 12. Pp. 72-74. (rus)
31. Chemical technology of ceramics / under. ed. I. Ya. Guzman. M.: OORIF "Stroimaterialf", 2003. p. 34. (rus)

### Информация об авторах:

**Ильина Лилия Владимировна**

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»,  
г. Новосибирск, Россия,  
доктор технических наук, профессор, декан факультета инженерных и информационных технологий.  
E-mail: [l.ilina@sibstrin.ru](mailto:l.ilina@sibstrin.ru)

**Тацки Людмила Николаевна**

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»,  
г. Новосибирск, Россия,  
кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры строительных материалов, стандартизации и сертификации.  
E-mail: [l.ilina@sibstrin.ru](mailto:l.ilina@sibstrin.ru)

**Ульянова Ольга Владимировна**

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»,  
г. Новосибирск, Россия,  
студент группы 161 маг.  
E-mail: [o.ulyanova@edu.sibstrin.ru](mailto:o.ulyanova@edu.sibstrin.ru)

### Information about authors:

**Lilina Liliia V.**

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,  
doctor in technical sciences, professor, Dean of the Faculty of Engineering and Information Technology.  
E-mail: [l.ilina@sibstrin.ru](mailto:l.ilina@sibstrin.ru)

**Tacky Lyudmila N.**

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,  
candidate in technical sciences, docent, professor of the department of Building Materials, Standardization and Certification.  
E-mail: [l.ilina@sibstrin.ru](mailto:l.ilina@sibstrin.ru)

**Ulyanova Olga V.**

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia,  
student group 161 mag.  
E-mail: [o.ulyanova@edu.sibstrin.ru](mailto:o.ulyanova@edu.sibstrin.ru)

## **ОТЗЫВ НА УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ «БОЛЬШОЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ СЛОВАРЬ»**

**Римшин В.И., Кецко Е.С., Трунтов П.С. Большой строительный словарь. В 2-х томах: учебное пособие. Москва: Издательство: АСВ, 2022, Том 1- 572 с., Том 2 – 626 с.**



В рамках реализации мероприятий посвященных 65-летию со дня образования научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, авторским коллективом, сотрудников НИИСФ РААСН под руководством чл.-корреспондента РААСН Римшина В.И. подготовлена рукопись учебного пособия «Большой строительный словарь».

Приводимые термины и определения в области строительной отрасли, расположенные в алфавитном порядке, изучены, систематизированы и опираются на современную действующую нормативную базу сводов правил и государственных стандартов, действующих в нашей стране в русле Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

Разрабатываемый словарь содержит все актуальные на сегодняшний период терминологические новинки строительной отрасли. Изданные ранее работы подобного типа устарели и абсолютно не отвечают современному уровню развития отрасли.

Словарь предназначен для специалистов строительных и подведомственных организаций, проектных институтов, служб заказчика; которые занимаются строительством, проектированием, реконструкцией, санацией, капитальным ремонтом жилых, промышленных и общественных зданий и инженерных сооружений, а также для студентов, бакалавров и магистров, обучающихся по государственным образовательным стандартам третьего поколения по направлению подготовки «Строительство»

В связи с этим, материалы учебного пособия «Большой строительный словарь» рекомендуются к опубликованию в открытой печати.

Заведующий кафедрой  
«Уникальные здания и сооружения»  
ФГБОУ ВО «Юго-западный государственный университет»,  
академик РААСН, д.т.н., проф.  
В.И. Колчунов

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

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

**В тексте статьи** не рекомендуется применять:

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

**Обязательные элементы:**

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

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

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

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

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

---

*Адрес издателя:*

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

www.oreluniver.ru

E-mail: info@oreluniver.ru

*Адрес редакции*

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

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

E-mail: str\_and\_rek@mail.ru

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

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

Подписано в печать 24.02.2022 г.

Дата выхода в свет 04.03.2022 г.

Формат 70×108/16. Печ. л. 8,5

Цена свободная. Тираж 1000 экз.

Заказ №

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