



Научно-технический журнал по строительству и архитектуре

**Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering**

Scientific and Technical Journal on Construction and Architecture

## Том 12 Выпуск 12 (111)

Основан в 2005 году,  
1-й номер вышел в сентябре 2006 г.  
Выходит ежемесячно

### Учредители:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26;

Общество с ограниченной ответственностью «Издательство АСВ», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 19, корп. 1.

Выходит при научно-информационной поддержке Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), Международной общественной организации содействия строительному образованию — АСВ.

Founded in 2005,  
1st issue was published in September, 2006.  
Published monthly

### Founders:

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 129337;

Limited Liability Company “ASV Publishing House”, 19, build. 1 Yaroslavskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 129337.

The Journal enjoys the academic and informational support provided by the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), International public organization of assistance to construction education (ASV).

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-63119 от 18 сентября 2015 г.

---

Включен в утвержденный ВАК Минобрнауки России Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Индексируется в РИНЦ, Научной электронной библиотеке «КиберЛенинка»,  
UlrichsWeb Global Serials Directory, DOAJ, EBSCO, Index Copernicus,  
RSCI (Russian Science Citation Index на платформе Web of Science)

Главный редактор  
акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.  
**Валерий Иванович Теличенко** (НИУ МГСУ)

Зам. главного редактора  
**Евгений Валерьевич Королев**,  
советник РААСН, д-р техн. наук, проф. (НИУ МГСУ)

Редакционная коллегия:  
**Х.И.Х. Броуэрс** (Технический университет Эйндховена,  
Нидерланды)

**А.И. Бурханов** (ВолГТУ, Волгоград, Россия)  
**И.В. Дуничкин** (НИУ МГСУ, Москва, Россия)  
**О.И. Поддаева** (НИУ МГСУ, Москва, Россия)  
**А.П. Пустовгар** (НИУ МГСУ, Москва, Россия)  
**Д.Н. Силка** (НИУ МГСУ, Москва, Россия)  
**Н.В. Сироткина** (ВГУ, Воронеж, Россия)  
**А.В. Шамшин** (Университет Центрального Ланкашира,  
Ланкашир, Соединенное Королевство)

Редакционный совет:  
**А.А. Волков** (председатель)  
**П.А. Акимов, Ю.М. Баженов, Н.Г. Верстина,**  
**Е.А. Король, И.Г. Лукманова, Н.С. Никитина,**  
**З.Г. Тер-Мартirosян** (НИУ МГСУ, Москва, Россия)  
**Н.В. Баничук**, (ИПМ им. А.Ю. Ишлинского РАН,  
Москва, Россия)  
**А.Т. Беккер** (ДВФУ, Владивосток, Россия)  
**Й. Вальравен** (Технический университет Дельфта,  
Дельфт, Нидерланды)  
**И. Вичан** (Университет Жилина, Жилина, Словакия)  
**З. Войчицки** (Вроцлавский технологический  
университет, Вроцлав, Республика Польша)  
**М. Голицки** (Институт Клокнера Чешского технического  
университета в Праге, Прага, Чешская Республика)  
**В.Т. Ерофеев** (МГУ им. Н.П. Огарева, Саранск, Россия)  
**Р. Катценбах** (Технический университет Дармштадт,  
Дармштадт, Федеративная Республика Германия)  
**П. МакГи** (Университет Восточного Лондона, Лондон,  
Соединенное Королевство)  
**Н.П. Осмоловский** (МГУ им. М.В. Ломоносова,  
Москва, Россия)  
**П.Я. Паль** (Технический университет Берлина,  
Федеративная Республика Германия)  
**Ю.А. Табунщиков** (МАРХИ, Москва, Россия)  
**В.И. Травуш** (РААСН, Москва, Россия)  
**Дж. Харалл** ((Королевский институт Британских  
архитекторов), Кембриджский университет,  
Соединенное Королевство)

Адрес редакции:  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26.  
Тел./ факс +7 (499) 188-15-87, (499) 188-29-75,  
e-mail: vestnikmgsu@mgsu.ru  
Официальный сайт журнала  
<http://vestnikmgsu.ru>  
ISSN 2304-6600 (Online)

Периодическое научное издание  
**Вестник МГСУ. Том 12 Выпуск 12 (111)**  
Научно-технический журнал

Координатор журнальных проектов *И.С. Сковородина*  
Зав. редакцией *Л.А. Штובה*  
Редактор *А.В. Сахарова*  
Корректор *А.А. Дядичева*  
Верстка *А.П. Сильванович*  
Перевод на английский язык  
*А.В. Сахарова, А.П. Суворов*

Подписан в печать 12.12.2017. Подписан в свет 22.12.2017.  
Формат 70х108/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная.  
Гарнитура Таймс. Усл.-печ. л. 12,25. Уч.-изд. л. 14,93.  
Тираж 200 экз. Цена свободная. Заказ № 328

Издатель: федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный  
университет».**

Издательство МИСИ—МГСУ  
[www.mgsu.ru](http://www.mgsu.ru), [ric@mgsu.ru](mailto:ric@mgsu.ru)  
(495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75.

Отпечатано в типографии Издательства МИСИ—МГСУ,  
(499) 183-91-44, 183-67-92, 183-91-90.  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Перепечатка или воспроизведение материалов  
номера любым способом полностью или по частям  
допускается только с письменного разрешения Издателя.  
Распространяется по подписке.  
Подписка по каталогу агентства «Роспечать».  
Подписной индекс 18077 (полугодовая),  
36869 (годовая)

© НИУ МГСУ, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

О выпуске ..... 1325

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Андреев В.И., Каплий Д.А.** Напряженное состояние радиально  
неоднородной полусферической оболочки при вертикальной  
локально распределенной нагрузке..... 1326  
**Савин С.Ю., Ивлев И.А.** Анализ устойчивости ортотропных  
прямоугольных пластин с использованием коэффициента формы... 1333  
**Синельников А.В., Джалмухамбетов А.И.** Развитие методов  
расчета устойчивости башенных кранов ..... 1342  
**Золina Т.В.** Оценка влияния крановых нагрузок на безопасную  
эксплуатацию промышленных зданий ..... 1352

### ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. МЕХАНИКА ГРУНТОВ.

**Купчикова Н.В.** Системный подход в концепции формообразования  
свайных фундаментов с уширениями ..... 1361

### ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ. ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

**Попова И.И., Волков Б.В.** Понятие конкурентоспособности  
предприятия и основные факторы ее обеспечения в строительной  
отрасли ..... 1369

### СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**Муканов Р.В., Дербасова Е.М., Олейникова М.А.** Исследование  
процессов водонасыщения природного камыша и разработка на его  
основе математической модели процесса ..... 1375  
**Баженов Ю.М., Воронин В.В., Алимов Л.А., Бахрах А.М.,**  
**Ларсен О.А., Соловьев В.Н., Нгуен Дык Винь Куанг.**  
Высококачественные самоуплотняющиеся бетоны с использованием  
отходов сжигания угля ..... 1385  
**Петропавловская В.Б., Новицкова Т.Б., Бурьянов А.Ф.,**  
**Соловьев В.Н., Петропавловский К.С.** Утилизация отходов  
минерального волокна в производстве гипсовых изделий ..... 1392

### БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

**Князев Д.К.** Техническое перевооружение предприятия  
как инструмент управления эколого-гигиеническими рисками  
промышленного города ..... 1399  
**Садчиков П.Н., Давыдова Е.В.** Определение параметров  
концептуальной модели управления качеством очистки поверхностных  
сточных вод ..... 1408

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ И КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ЛОГИСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Ануфриев Д.П., Холодов А.Ю.** Мультиагентная имитационная  
модель регионального строительного кластера как  
гетерархической системы..... 1415  
**Зарипова В.М., Петрова И.Ю., Шумак К.А., Лежнин Ю.А.**  
Исследование динамических характеристик элементов автоматики  
умного дома по параметрическим структурным схемам ..... 1424  
**Ануфриев Д.П., Шикунская О.М.** Структурно-функциональная  
и теоретико-множественная модели регионального строительного  
кластера как гетерархической системы ..... 1435

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ. РЕЦЕНЗИИ И ДИСКУССИИ

**Недосеко И.В.** Рецензия на учебное пособие Бедова А.И.,  
Знаменского В.В., Габитова А.И. «Оценка технического состояния,  
восстановление и усиление оснований и строительных конструкций  
эксплуатируемых зданий и сооружений»..... 1448  
*Для авторов* ..... 1450  
*Перечень статей, вышедших в журнале «Вестник МГСУ»  
в 2017 году (Том 12, Выпуски 100–111)* ..... 1454

## CONTENT

About the issue..... 1325

### DESIGNING AND DETAILING OF BUILDING SYSTEMS. MECHANICS IN CIVIL ENGINEERING

- Andreev V.I., Kapliy D.A.** The stress state of the radially inhomogeneous hemispherical shell under locally distributed vertical load..... 1326
- Savin S.Y., Ivlev I.A.** Stability Analysis of Orthotropic Rectangular Plates Using the Form Factor ..... 1333
- Sinel'shchikov A.V., Dzhalukhambetov A.I.** Development of methods for stability analysis of tower cranes ..... 1342
- Zolina T.V.** Otsenka vliyaniya kranovykh nagruzok na bezopasnuyu ekspluatatsiyu promyshlennykh zdaniy [Assessment of crane load effects on safe operation of industrial buildings..... 1352

### BEDDINGS AND FOUNDATIONS, SUBTERRANEAN STRUCTURES. SOIL MECHANICS

- Kupchikova N.V.** Sistemnyy podkhod v kontseptsii formoobrazovaniya svaynykh fundamentov s ushireniami [Systematic approach in the concept of shape formation of pile foundations with broadening ..... 1361

### TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION PROCEDURES. MECHANISMS AND EQUIPMENT

- Potapova I.I., Volkov B.V.** The concept of enterprise competitiveness and the main factors for its provision in construction industry ..... 1369

### RESEARCH OF BUILDING MATERIALS

- Potapova I.I., Volkov B.V.** The concept of enterprise competitiveness and the main factors for its provision in construction industry ..... 1375
- Bazhenov Yu.M., Voronin V.V., Alimov L.A., Bakhrakh A.M., Larsen O.A., Solov'ev V.N., Nguen Dyk Vin Kuang.** High-quality self-compacting concrete with coal burning waste..... 1385
- Petropavlovskaya V.B., Novichenkova T.B., Bur'yanov A.F., Solov'ev V.N., Petropavlovskiy K.S.** Utilization of mineral fiber waste in the production of gypsum products ..... 1392

### SAFETY OF BUILDING SYSTEMS. ECOLOGICAL PROBLEMS OF CONSTRUCTION PROJECTS. GEOECOLOGY

- Knyazev D.K.** Modernization of the enterprise as an instrument for control of ecological-hygienic risks of the industrial city ..... 1399
- Sadchikov P.N., Davydova E.V.** Determination of parameters of the conceptual model for quality control of surface wastewater treatment .... 1408

### INFORMATION AND CYBER-PHYSICAL SYSTEMS, LOGISTICS IN CIVIL ENGINEERING

- Anufriev D.P., Kholodov A.Yu.** Multi-agent imitation model of the regional construction cluster as a heterarchical system ..... 1415
- Zaripova V.M., Petrova I.Yu., Shumak K.A., Lezhnina Yu.A.** Investigation of dynamic characteristics of elements of a smart house in parametrical structural schemes ..... 1424
- Anufriev D.P., Shikul'skaya O.M.** Structurally-functional and set-theoretic models of the regional construction cluster as a heterarchical system ..... 1435

### BRIEF MESSAGES. DISCUSSIONS AND REVIEWS

- Nedoseko I.V.** Review of the textbook by Bedov A.I., Znamensky V.V., Gabitov A.I. «Assessment of technical condition, restoration and reinforcement of foundations and structures of buildings and constructions being operated»..... 1448
- For the authors* ..... 1450

- List of the articles published in the "Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering" magazine in 2017 (Volume 12, Issues 100-111)..... 1454*

Editor-in-chief

Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), DSc, Prof. **V.I. Telichenko** (MGSU)  
Advisor of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), DSc, Prof. **E.V. Korolev**

Editorial board:

**H.J.H. Brouwers** (Eindhoven University of Technology, Netherlands)  
**A.I. Burkhanov** (VSTU, Volgograd, Russian Federation)  
**I.V. Dunichkin** (MGSU, Moscow, Russian Federation)  
**O.I. Poddava** (MGSU, Moscow, Russian Federation)  
**A.P. Pustovgar** (MGSU, Moscow, Russian Federation)  
**D.N. Silka** (MGSU, Moscow, Russian Federation)  
**N.V. Sirotkina** (VSU, Voronezh, Russian Federation)  
**A.V. Shamshin** (University of Central Lancashire, Preston, United Kingdom)

Editorial council:

**A.A. Volkov** (Chairman)  
**P.A. Akimov, Yu.M. Bazhenov, E.A. Korol', I.G. Lukmanova, N.S. Nikitina, Z.G. Ter-Martirosyan, N.G. Verstina**, (MGSU, Moscow, Russian Federation)  
**N.V. Banichuk**, (Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of RAS, Moscow, Russian Federation)  
**A.T. Bekker** (Far Eastern Federal University, FERD RAASN, Vladivostok, Russian Federation)  
**V.T. Erofeev** (Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation)  
**J. Harall** (Royal Institute of British Architects, University of Cambridge, Cambridge)  
**M. Holický** (Czech Technical University in Prague, Klokner Institute, Czech Republic)  
**R. Katzenbach** (Technical University of Darmstadt, Germany)  
**P. McGhee** (University of Bolton, United Kingdom)  
**N.P. Osmolovskiy** (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation)  
**P.J. Pahl** (Technical University of Berlin, Germany)  
**Yu.A. Tabunshchikov** (Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russian Federation)  
**V.I. Travush** (Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russian Federation)  
**J. Vican** (Zilina University, Slovakia)  
**J.C. Walraven** (Delft University of Technology, Netherlands)  
**Z. Wójcicki** (Wrocław University of Technology, Republic of Poland)

Address:

MGSU, 26, Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation  
Tel./ fax: +7 (499) 188-15-87, (499) 188-29-75,  
e-mail: [vestnikmgsu@mgsu.ru](mailto:vestnikmgsu@mgsu.ru)  
online version of the journal  
<http://vestnikmgsu.ru/>  
ISSN 2304-6600 (Online)

Editorial team of issues:

Coordinator of magazine projects **I.S. Skovorodina**  
Managing editor **L.A. Shitova**  
Editor **A.V. Saharova**  
Corrector **A.A. Dyadicheva**  
Layout **A.P. Silvanovich**  
Russian-English translation  
**A.V. Saharova, A.P. Suvorov**

Reprint or reproduction of material numbers by any means in whole or in part is permitted only with prior written permission of the publisher — MGSU.  
Distributed by subscription