

ШТС ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

6/2022



Фото Сергея БЕЛИКОВА

**ЗОЛОТОЙ ДИПЛОМ ФЕСТИВАЛЯ «АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ – 2021»
ОПОРА ЛЭП НИГРЭС КОНСТРУКЦИИ В. Г. ШУХОВА, 1927–1929 гг.,
г. ДЗЕРЖИНСК НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**



www.scadsoft.ru

Сертификат соответствия: RA.RU.A686.H01187. Программный комплекс SCAD Office включен в Единый реестр российских программ для ЭВМ и баз данных (<https://reestr.digital.gov.ru> № 2270)



ООО "АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ"

Программа **BeCT** предназначена для выполнения расчетов, связанных с определением нагрузок и воздействий на строительные конструкции в соответствии с рекомендациями следующих нормативных документов: СП 20.13330, EN 1991, ДБН В.1.2-2.

Реализованы наиболее часто встречающиеся случаи нагружения, а также те случаи, для которых выполнение требований нормативных документов связано с достаточно сложной логикой и которые, как свидетельствует опыт, наиболее часто приводят к ошибкам.

В программе выполняется расчет нагрузок от **Собственного веса** многослойного пакета из различных материалов, выбираемых из существующей базы или задаваемых пользователем.

Есть режим определения **Временных нагрузок**, полных и пониженных значений нормативных и расчетных нагрузок (по СНиП, СП), характеристических и квазипостоянных (по ДБН) с учетом коэффициентов снижения, учитывающих величину грузовой площади, на которую действует нагрузка и коэффициентов сочетаний, учитывающих число нагруженных перекрытий многоэтажного здания.

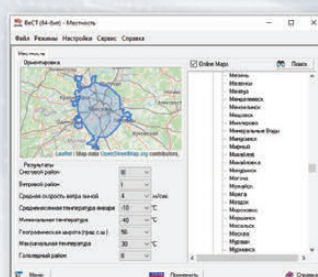
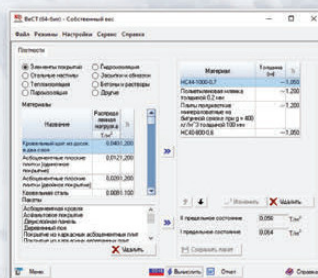
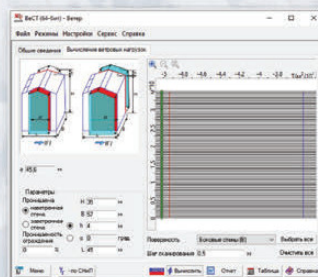
В режиме **Ветер** выполняется расчет ветровых нагрузок на некоторые из представленных в приложении 4 СНиП, приложении И ДБН и приложении В СП 20.13330.2016 схем зданий, сооружений и элементов конструкций. Во всех случаях определяется статическое значение ветровой нагрузки, нормальной к поверхности сооружения.

Режим **Снег** предназначен для вычисления снеговых нагрузок на однопролетные здания, профили покрытий которых соответствуют схемам 1, 2, 3, 10 по приложению 3 СНиП или приложению Ж ДБН, а также по схемам Г.1, Г.2.1, Г.3.1, Г.10 приложения Г СП 20.13330.2011, схемам Б.1, Б.2 (1), Б3(1), Б13 приложения Б СП 20.13330.2016.

В программе возможно определение значений **Температурных воздействий**, а также значений **Гололедной нагрузки на провода и тросы**.

Есть обширный информационный режим, который соответствует данным СНиП, СП, ДБН, РБ и EN.

Одним из таких режимов является **Местность**. Многие данные о нагрузках и воздействиях привязаны к географическому положению площадки строительства. Поиск этих данных реализован в диалоговом окне Местность с использованием интуитивно понятной структуры административно-территориального деления. Если компьютер имеет доступ в Интернет, то маркер Online Maps позволяет отобразить карту на основании картографических онлайн сервисов.



НА ПРАВАХ РЕКЛАМЫ

СОУЧРЕДИТЕЛИ:

Российское общество инженеров строительства, Российская инженерная академия

СОДЕРЖАНИЕ**СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ**

- Параметры, влияющие на перераспределение моментов в статически неопределимых железобетонных балках
Тамразян А. Г., Сайед Й. А. К. _____ **4**
- Нормирование надежности строительных конструкций зданий и сооружений с учетом температурного воздействия. *Малбиев С. А.* _____ **12**
- Устойчивость деревянного бруса, связанного с упругим основанием
Глушко К. К., Найчук А. Я., Семенюк С. М. _____ **19**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Влияние минеральных добавок на прочность сцепления цементного камня бетона со стальной арматурой
Нго Суан Хунг, Булгаков Б. И., Александрова О. В. _____ **25**
- Сейсмостойкий кирпич на основе отходов производства без применения природного сырья
Абдрахимов В. З., Абдрахимова Е. С. _____ **32**

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Modelling of Fire Escalation and Escape Routes as Exemplified by a Higher Educational Institution [Моделирование распространения пожара и путей эвакуации людей на примере образовательного учреждения]
Doroshenko A. V., Demin E. S. _____ **38**

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- Параметрическая модель организации реинжиниринга территории
Сборщиков С. Б., Журавлев П. А. _____ **46**
- Техническое оснащение информатизации строительно-технической экспертизы и ее эффективность
Лазарева Н. В., Зиновьев А. Ю., Опарина Л. А. _____ **52**

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- Влияние окраски отопительного прибора на его теплоотдачу
Саргсян С. В., Войтович Е. В., Кравчук В. Ю. _____ **58**

РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

- Социально-экологические аспекты реставрации объектов культурного наследия и задачи реставраторов в XXI веке. *Прядко И. П.* _____ **63**

НА НАШЕЙ ОБЛОЖКЕ

- Шуховский гиперболоид – символ электроэнергетики России (*Информация*)
Зеленова С. В. _____ **70**

СПОНСОРЫ И ПАРТНЕРЫ

Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы, РААСН, НИУ МГСУ, Комитет Торгово-промышленной палаты РФ по предпринимательству в сфере строительства, ЦНИИПромзданий, ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Б. В. ГУСЕВ, главный редактор,
доктор технических наук, член-корреспондент РАН
(Москва)

М. И. БАЛЪЗАННИКОВ, доктор технических наук (Самара)

Т. БОК, доктор технических наук (Мюнхен, Германия)

М. БОЛТРИК, доктор технических наук (Белосток, Польша)

И. И. ВЕДЯКОВ, доктор технических наук (Москва)

А. А. ВОЛКОВ, доктор технических наук,
член-корреспондент РААСН (Москва)

И. Е. ГОРЯЧЕВ, кандидат технических наук (Москва)

В. В. ГРАНЁВ, доктор технических наук (Москва)

А. Н. ДМИТРИЕВ, доктор технических наук (Москва)

В. Т. ЕРОФЕЕВ, доктор технических наук,
академик РААСН (Саранск)

Б. Т. ЖУМАГУЛОВ, доктор технических наук
(Нур-Султан, Казахстан)

О. Н. ЗАЙЦЕВ, доктор технических наук (Симферополь)

М. А. КИОРИНО, доктор технических наук,
академик Туринской академии наук (Турин, Италия)

В. И. КОЛЧУНОВ, доктор технических наук,
академик РААСН (Курск)

Е. В. КОРОЛЁВ, доктор технических наук
(Санкт-Петербург)

В. В. ЛАРИОНОВ, доктор технических наук (Москва)

В. Е. ЛЕВКЕВИЧ, доктор технических наук (Минск, Беларусь)

С. И. ЛЁВКИН, доктор менеджмента (Москва)

С. Д. МИТЯГИН, доктор архитектуры,
академик РААСН (Санкт-Петербург)

В. МЕЩЕРИН, доктор технических наук
(Дрезден, Германия)

В. Л. МОНДРУС, доктор технических наук,
член-корреспондент РААСН (Москва)

А. Я. НАЙЧУК, доктор технических наук
(Брест, Беларусь)

П. П. ОЛЕЙНИК, доктор технических наук (Москва)

О. Г. ПРИМИН, доктор технических наук (Москва)

В. И. РЕСИН, доктор экономических наук,
академик РААСН (Москва)

В. И. ТЕЛИЧЕНКО, доктор технических наук,
академик РААСН (Москва)

В. Р. ФАЛИКМАН, доктор материаловедения
(Москва)

О. И. ФЕДОСЕЕВА, заместитель главного редактора
(Москва)

Журнал включен в Перечень изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Журнал входит в базы данных eLibrary.ru, ВИНТИ РАН, Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science, Ulrich's Periodicals Directory, индексируется в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ). Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Редакция журнала

127434 Москва,
Дмитровское шоссе, 9, стр. 2, офис 337
☎: 8 (499) 609-02-39
E-mail: pgs@inbox.ru, www: pgs1923.ru

АВТОРЫ ОПУБЛИКОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕСУТ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ТОЧНОСТЬ ПРИВЕДЕННЫХ ФАКТОВ, ЦИТАТ, СОБСТВЕННЫХ ИМЕН И ПРОЧИХ СВЕДЕНИЙ. РЕДАКЦИЯ МОЖЕТ ПУБЛИКОВАТЬ СТАТЬИ, НЕ РАЗДЕЛЯЯ ТОЧКУ ЗРЕНИЯ АВТОРА. ЗА СОДЕРЖАНИЕ РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ РЕДАКЦИЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ НЕ НЕСЕТ. ПЕРЕПЕЧАТКА МАТЕРИАЛОВ ЖУРНАЛА БЕЗ ПИСЬМЕННОГО СОГЛАСИЯ РЕДАКЦИИ НЕ ДОПУСКАЕТСЯ.

Журнал зарегистрирован в Госкомпечати РФ, Рег. № 01061

Подписано в печать 20.06.2022 г. Бумага мелованная, Формат 60×88 1/8. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9. Цена 1795 р. Заказ № 241

EDITORIAL BOARD

B. V. GUSEV, Editor-in-Chief,
DSc, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russian Federation)

M. I. BALZANNIKOV, DSc (Samara, Russian Federation)

T. BOCK, Dr.-Ing. (Munich, Germany)

M. BOLTRYK, DSc (Bialystok, Poland)

M. A. CHIORINO, DSc, Academician of Turin Academy of Sciences
(Torino, Italy)

A. N. DMITRIEV, DSc (Moscow, Russian Federation)

V. T. EROFEEV, DSc, Academician of the Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences (Saransk, Russian Federation)

V. R. FALIKMAN, Doctor in Materials Science
(Moscow, Russian Federation)

O. I. FEDOSEEVA, Deputy Editor-in-Chief
(Moscow, Russian Federation)

I. E. GORYACHEV, PhD (Moscow, Russian Federation)

V. V. GRANEV, DSc (Moscow, Russian Federation)

V. I. KOLCHUNOV, DSc, Academician of the Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences (Kursk, Russian Federation)

E. V. KOROLEV, DSc (St. Petersburg, Russian Federation)

V. V. LARIONOV, DSc (Moscow, Russian Federation)

V. E. LEVKEVICH, DSc (Minsk, Belarus)

S. I. LEVKIN, Doctor of management (Moscow, Russian Federation)

V. MECHTCHERINE, Dr.-Ing. (Dresden, Germany)

V. L. MONDRUS, DSc, Corresponding member of the Russian
Academy of Architecture and Construction Sciences (Moscow,
Russian Federation)

S. D. MITYAGIN, DSc, Academician of the Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences
(St. Petersburg, Russian Federation)

A. Y. NAYCHUK, DSc (Brest, Belarus)

P. P. OLEYNIK, DSc (Moscow, Russian Federation)

O. G. PRIMIN, DSc (Moscow, Russian Federation)

V. I. RESIN, DSc, Academician of the Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences
(Moscow, Russian Federation)

V. I. TELICHENKO, DSc, Academician of the Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences
(Moscow, Russian Federation)

I. I. VEDYAKOV, DSc (Moscow, Russian Federation)

A. A. VOLKOV, DSc, Corresponding member of the Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences (Moscow, Russian Federation)

O. N. ZAITSEV, DSc (Simferopol, Russian Federation)

B. T. ZHUMAGULOV, DSc (Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan)

The journal is included into the List of top scientific reviewed journals and publications that publish scientific findings presented in dissertations for PhD and DSc. Bibliographic databases: eLIBRARY, VINITI RAN, Web Science in the form of the Russian Science Citation Index (RSCI), Ulrich's Periodicals Directory as well as indexing in the Russian Science Citation Index (RSCI). Post-graduate students are not charged for manuscript publishing.

Editorial

office 337, 9, Dmitrovsky highway, building 2,
Moscow 127434, Russian Federation
☎: +7 (499) 609-02-39
E-mail: pgs@inbox.ru, www: pgs1923.ru

CO-FOUNDERS:

Russian Society of Civil Construction Engineers, Russian Engineering Academy

CONTENTS**BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND FACILITIES**

- Parameters Affected the Moment Redistribution in Statically Indeterminate Reinforced Concrete Beams
Tamrazyan A. G., Sayed Y. A. K. _____ **4**
- Standardization of the Technical Condition of Building Structures of Buildings and Structures, Taking Into Account the Temperature Effect. *Malbiev S. A.* _____ **12**
- Stability of a Wooden Beam Connected With an Elastic Base
Hlushko K. K., Naichuk A. Y., Semianiuk S. M. _____ **19**

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

- Effect of Mineral Additives on the Adherence Strength of Cement Stone Concrete With Steel Reinforcement
Hung N. X., Bulgakov B. I., Aleksandrova O. V. _____ **25**
- Earthquake-Resistant Bricks Based on Industrial Waste Without the Use of Natural Raw Materials
Abdrakhimov V. Z., Abdrakhimova E. S. _____ **32**

FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY

- Modelling of Fire Escalation and Escape Routes as Exemplified by a Higher Educational Institution
Doroshenko A. V., Demin E. S. _____ **38**

TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

- Parametric Model of Territory Reengineering Organization
Sborshikov S. B., Zhuravlev P. A. _____ **46**
- Technical Equipment of Informatization of Construction and Technical Expertise and Its Effectiveness
Lazareva N. V., Zinoviev A. Yu., Oparina L. A. _____ **52**

HEAT SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, LIGHTING

- The Effect of the Color of the Heating Device on Its Heat Transfer
Sargsyan S. V., Voytovich E. V., Kravchuk V. Yu. _____ **58**

**RESTORATION AND RECONSTRUCTION OF HISTORICAL
AND ARCHITECTURAL HERITAGE**

- Socio-Ecological Aspects of the Restoration of Cultural Heritage Objects and the Tasks of Restorers in the XXI Century
Pryadko I. P. _____ **63**

ON THE COVER

- The Shukhov Hyperboloid is a Symbol of the Russian Electric Power Industry
Zelenova S. V. _____ **70**

SPONSORS and PARTNERS

Complex of Urban Development Policy and Construction of Moscow, RAACS, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Committee of the Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation for Entrepreneurship in the Sphere of Construction, TSNIIPromzdany, JSC Research Center of Construction, Research Institute of Building Constructions named after V. A. Koucherenko

УДК 666.97:627.2

doi: 10.33622/0869-7019.2022.06.25-31

Влияние минеральных добавок на прочность сцепления цементного камня бетона со стальной арматурой

Нго Суан ХУНГ^{1,2} (Вьетнам), аспирант, xuanhung1610@gmail.com

Борис Игоревич БУЛГАКОВ¹, кандидат технических наук, доцент, bulgakovbi@mgsu.ru

Ольга Владимировна АЛЕКСАНДРОВА¹, кандидат технических наук, доцент, aleksandrovaov@mgsu.ru

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337 Москва, Ярославское ш., 26

² Ханойский горно-геологический университет, 18 Виен ул., Дык Тханг, Бак Ту Лиём, Ханой, Вьетнам

Аннотация. Последствия коррозии бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений прибрежной зоны более выражены во Вьетнаме из-за особенностей климата. Оценку коррозионной стойкости стальной арматуры в образцах из бетонов, содержащих модифицирующие добавки, проводили по стандарту ASTM A944-10 с использованием ускоренного метода электрохимической коррозии. В результате проведенных испытаний установлено, что прочность сцепления между арматурой и цементным камнем бетона в значительной степени зависит от коррозионной стойкости арматуры. При этом лучший результат показал разработаный бетон оптимального состава, у которого прочность сцепления между бетоном и арматурой в 1,7 раза выше, чем у контрольного бетона без минеральных добавок. Это обусловлено повышением плотности бетона благодаря модификации его структуры органоминеральными добавками, что приводит не только к увеличению его прочности, но и к лучшей защищенности стальной арматуры от коррозии. Полученные материалы будут способствовать повышению долговечности железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений и увеличению срока их безремонтной эксплуатации.

Ключевые слова: коррозионностойкий бетон, тонкодисперсные минеральные добавки, бетонные (железобетонные) гидротехнические конструкции, степень коррозии арматуры, прочность сцепления между цементным камнем бетона и стальной арматурой

Для цитирования: Хунг Н. С., Булгаков Б. И., Александрова О. В. Влияние минеральных добавок на прочность сцепления цементного камня бетона со стальной арматурой // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 6. С. 25–31. doi: 10.33622/0869-7019.2022.06.25-31

EFFECT OF MINERAL ADDITIVES ON THE ADHERENCE STRENGTH OF CEMENT STONE CONCRETE WITH STEEL REINFORCEMENT

Ngo Xuan HUNG^{1,2}, xuanhung1610@gmail.com

Boris I. BULGAKOV¹, bulgakovbi@mgsu.ru

Olga V. ALEKSANDROVA¹, aleksandrovaov@mgsu.ru

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavl'skoe shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

² Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Duc Thang Ward, Bac Tu Liem District, Hanoi, Vietnam

Abstract. The consequences of corrosion of concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures of the coastal zone are more pronounced in Vietnam due to the peculiarities of the climate. Evaluation of the corrosion resistance of steel reinforcement in concrete samples, containing modifying additives, was performed according to ASTM A944-10 using an accelerated method of electrochemical corrosion. As a result of the tests conducted, it was established that the adhesion strength between the reinforcement and the cement stone of concrete largely depends on the corrosion resistance of the reinforcement in concrete. At the same time, the best result was shown by the developed concrete of optimal composition, in which the adhesion strength between concrete and reinforcement is 1.7 times higher than that of control concrete without mineral additives. This is due to an increase in the density of concrete due to the modification of its structure with organo-mineral additives, which leads not only to an increase in its strength, but also to better protection of steel reinforcement from corrosion. The materials obtained will contribute to increasing the durability of reinforced concrete structures of marine hydraulic structures and increasing the period of their maintenance-free operation.

Keywords: corrosion-resistant concrete, fine mineral additives, reinforced concrete hydraulic structures, reinforcement corrosion, adhesion strength between concrete and steel reinforcement

For citation: Hung Ngo Xuan, Bulgakov B. I., Aleksandrova O. V. Effect of Mineral Additives on the Adherence Strength of Cement Stone Concrete With Steel Reinforcement. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2022, no. 6, pp. 25–31. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2022.06.25-31

Введение

В современном строительстве наиболее технологичным, экономически целесообразным и универсальным способом регулирования свойств строительных растворов и бетонов является применение различных модифицирующих добавок [1–5].

Промышленность строительных материалов в связи с нарастающими экологическими проблемами, хозяйственным освоением районов, подверженных воздействию агрессивных грунтовых вод или сезонно затопляемых морской водой, активно расширяет использование модифицирующих добавок, которые содержат многотоннажные техногенные отходы для получения коррозионноустойчивых бетонов с высокой прочностью и долговечностью [6–8]. В то же время коррозия стальной арматуры в железобетонных изделиях и конструкциях, приводящая к потере массы арматуры и уменьшению ее рабочего сечения по сравнению с расчетным, создает опасность для жизни людей. Один из факторов ухудшения несущей способности таких конструкций в процессе эксплуатации – уменьшение адгезионного взаимодействия между бетоном и арматурой из-за коррозии [9, 10].

Цель исследования состояла в оценке коррозионной стойкости стальной арматуры в образцах из бетонов, содержащих модифицирующие добавки, по стандарту ASTM A944-10 [11] ускоренным методом электрохимической коррозии. Полученные экспериментальные результаты позволили сделать выводы о влиянии коррозии арматуры на прочность ее сцепления с цементным камнем бетона.

Материалы и методы исследования

В работе использовали следующие сырьевые компоненты: сульфатостойкий портландцемент

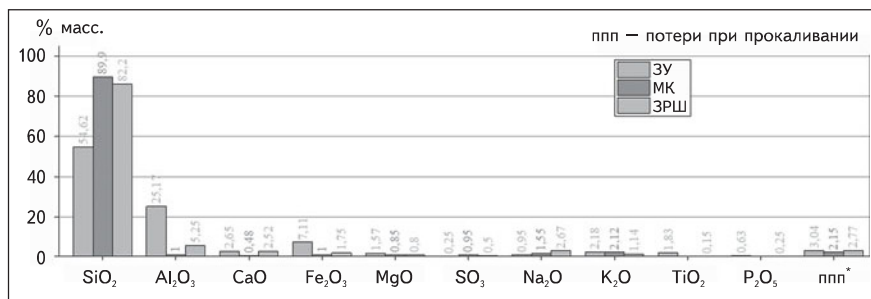


Рис. 1. Химический состав тонкодисперсных активных минеральных добавок

1. Физические свойства портландцемента и тонкодисперсных минеральных добавок

Материал	Удельная поверхность, м ² /кг	Средний размер частиц, м	Насыпная/истинная плотность, кг/м ³
Сульфатостойкий портландцемент	363,1	28,92·10 ⁻⁶	1330/3120
Зола-уноса	16725	2,746·10 ⁻⁶	510/2220
Микрокремнезем	25218	0,282·10 ⁻⁶	450/2250
Зола рисовой шелухи	14480	2,854·10 ⁻⁶	570/2310

сульфатостойкий портландцемент типа ЦЕМ I 42,5Н СС (СЦ) производства завода «Там Дьеп» (СРВ) с содержанием алита 62,8 % и трехкальциевого алюмината 2,1 %, водопотребностью 28,1 % и активностью в возрасте 28 сут 51,3 МПа. Основные характеристики клинкера и портландцемента на его основе соответствовали требованиям ГОСТ 22266–2013 «Цементы сульфатостойкие. Технические условия». Тонкодисперсные активные минеральные добавки включали в себя низкокальциевую золу-уноса (ЗУ) ТЭС «Вунг Анг» (СРВ) класса F, отвечающую требованиям ГОСТ 25818–2017 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия», микрокремнезем SF-90 (МК) фирмы «Vina Pacific» (СРВ) и золу рисовой шелухи (ЗРШ). Зола-уноса и зола рисовой шелухи были подвергнуты механоактивации путем помола в шаровой вибромельнице в течение 20 мин [12].

Физические свойства и химический состав СЦ и активных ми-

неральных добавок приведены в табл. 1 и на рис. 1. Гранулометрический состав рассмотренных добавок, приведенный на рис. 2, определяли методом лазерной гранулометрии.

В качестве крупного заполнителя использовали гранитный щебень (Щ) с D_{max} = 10 мм из карьера Нинь Бинь (СРВ), соответствующего требованиям ГОСТ 8267–93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия». В качестве мелкого заполнителя применяли кварцевый песок (П) реки Ло (СРВ) с модулем крупности МК = 2,9, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия».

В качестве пластифицирующей добавки в бетонные смеси, необходимой для получения коррозионноустойчивых бетонов с плотной структурой [13–15], применяли суперпластификатор SR 5000P (СП) фирмы «Silk Road» (SR5000P) с дозировкой 1 % мас-

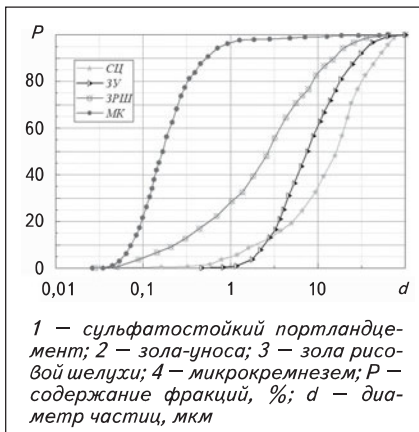


Рис. 2. Гранулометрический состав минеральных добавок

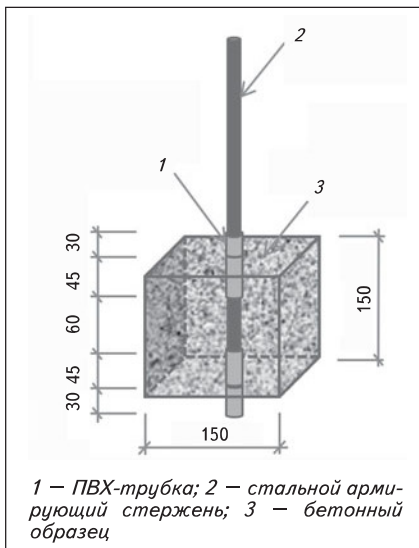


Рис. 3. Образец для определения степени коррозии арматуры в бетоне (размеры даны в мм)

сы многокомпонентного вяжущего, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 24211–2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия» и обеспечивающий снижение водопотребности равноподвижных бетонных смесей на 30–40 % [16–18]. Вода (В) для приготовления бетонных смесей соответствовала требованиям ГОСТ 23732–2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».

Методология работы включала в себя:

- определение предварительно-

2. Составы коррозионностойких бетонных смесей

Состав бетонной смеси	Расход сырьевых материалов на 1 м ³ , кг							
	СЦ	ЗУ	МК	ЗРШ	П	Щ	СП	В
№ 1	545	—	—	—	536	1040	5,5	174
№ 2	474	71	—	—	536	1040	5,5	174
№ 3	474	71	47	—	536	1040	5,9	189
№ 4	474	71	—	47	536	1040	5,9	189

Примечание. Для всех составов В/Ввяж = 0,32. П – песок; Щ – щебень; СП – суперпластификатор; В – вода

3. Физико-механические и эксплуатационные характеристики разработанных бетонов

Показатель	Состав бетонных смесей			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Подвижность бетонной смеси, см	18	15	16	17
Средняя плотность, кг/м ³ :				
бетонной смеси	2282	2278	2347	2345
бетона	2268	2252	2329	2316
Прочность, МПа, в возрасте 28 сут/180 сут:				
при сжатии	62,9/63,3	60,6/61,1	78,5/79,3	76,8/77,6
на растяжение при изгибе	6/6,2	5,5/5,7	7,4/7,8	7,1/7,2
на осевое растяжение	3,5/3,6	3,2/3,3	4,3/4,5	4,1/4,2
Коэффициент фильтрации, см/с	6,6·10 ⁻¹¹	2,1·10 ⁻¹⁰	4,2·10 ⁻¹¹	4,8·10 ⁻¹¹
Марка по водонепроницаемости	W10	W8	W16	W16
Водопоглощение, % по массе	3,4	3,6	2,3	2,7
Полный объем пор, %	7,09	7,13	6,54	6,88

го состава бетонной смеси по стандарту АСІ 211.4R–08 (США) [19] с использованием метода абсолютных объемов;

- дальнейшую оптимизацию состава бетонной смеси с помощью метода математического планирования эксперимента и компьютерных программ Matlab и Maple-2019 [12];

- испытания для установления степени коррозии арматуры в бетоне в соответствии со стандартом ASTM A944-10 образцов-кубов размером 150×150×150 мм со стальным стержнем периодического профиля диаметром 12 мм и длиной 150 мм, имитирующим арматуру (рис. 3) [9].

Бетонные образцы были одновременно подключены к аноду универсального источника питания (УИП) «LW-6020KD» по схеме параллельной цепи (рис. 4). Катод УИП был соединен с медной пластиной, помещенной, как и испытуемые бетонные образцы, в 3%-ный раствор NaCl, в котором содержание ионов хлора соответствовало их содержанию в воде Южно-Китайского моря у северо-восточного побережья Вьетнама [9].

УИП позволял преобразовывать переменный ток в постоянный, что давало возможность поддерживать требуемое напряжение U = 32 В. Сила тока, дей-

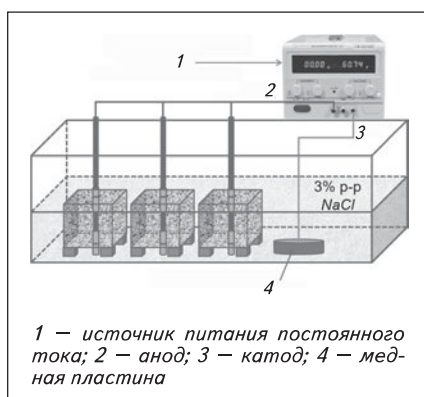


Рис. 4. Схема испытаний для определения степени коррозии арматуры в бетоне

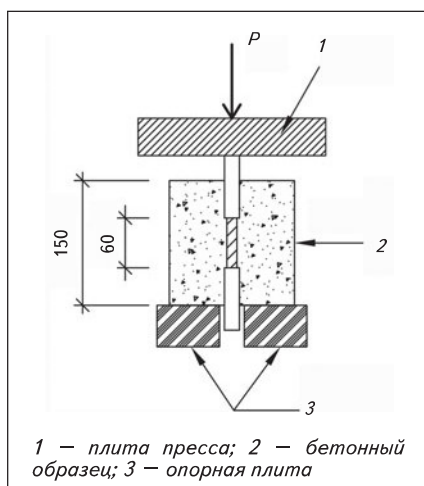


Рис. 5. Схема для определения прочности сцепления между бетоном и арматурой (размеры даны в мм)

ствующего на каждый образец и регистрируемая в ходе испытаний, определялась как среднее значение полной силы тока, деленное на количество образцов.

Степень коррозии арматуры в бетоне рассчитывали по формуле

$$C = \frac{m_0 - m}{m_0} = \frac{\Delta m}{m_0}, \quad (1)$$

где C — степень коррозии арматуры, %; m_0 и m — масса стального стержня до и после испытаний, г.

Теоретически массу металла, потерянную вследствие коррозии, можно определить по закону Фарадея [20]:

$$\Delta m = \frac{ItM}{nF}, \quad (2)$$

4. Степень коррозии арматуры и прочность сцепления между цементным камнем и арматурным стержнем

Показатель	Состав бетонных смесей			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Средняя сила тока I , А	0,065	0,074	0,026	0,032
Теоретическая степень коррозии C_T , %	51	58	20,4	25,1
Фактическая степень коррозии $C_{Ф}$, %	9,4	11,2	1,8	3,2
Коэффициент коррозии K , $K = C_T / C_{Ф}$	0,184	0,193	0,088	0,127
Выталкивающее усилие, кН	33,6	28,5	58,6	52,2
Прочность сцепления, МПа	14,9	12,6	25,9	23,1

5. Влияние коррозии арматуры на прочность сцепления

Продолжительность испытаний, ч	Фактическая степень коррозии $C_{Ф}$, %	Выталкивающее усилие, кН	Прочность сцепления, МПа	Снижение прочности сцепления, %
0	0	83,1	36,7	0
100	0,1	82,2	36,3	1,1
200	0,3	80,5	35,6	3,1
300	0,7	78,6	34,7	5,4
400	1,8	58,6	25,9	29,5

где I — сила тока, А; t — время проведения испытания, с; M — атомная масса корродирующего металла, для железа $M = 56$; n — количество электронов, отдаваемых атомом металла, для железа $n = 2$; F — постоянная Фарадея, $F = 96485$ Кл/моль.

Экспериментальная схема испытания для оценки влияния степени коррозии арматуры на прочность ее сцепления с бетоном показана на рис. 5. Прочность сцепления между бетоном и стальным армирующим стержнем определяли с помощью универсальной гидравлической испытательной системы «Advantest 9» путем выталкивания стержней из бетонных образцов, предварительно подвергавшихся в течение до 400 ч электрохимической коррозии. Прочность сцепления между бетоном и стальным стержнем, имитирующим арматуру, рассчитывали по формуле

$$\tau = \frac{P}{\pi dL}, \quad (3)$$

где τ — прочность сцепления, МПа;

P — разрушающее усилие, Н; d — диаметр стального стержня, $d = 12$ мм; L — длина контакта стального стержня с бетоном, $L = 60$ мм.

Результаты исследований

Составы разработанных коррозионностойких бетонов приведены в табл. 2. Экспериментальные результаты определения технологических свойств бетонных смесей, а также физико-механических и эксплуатационных показателей разработанных бетонов представлены в табл. 3.

Сила тока I , действующего на арматурные стержни образцов, представлена на рис. 6. Длительность проведения электрохимической коррозии составляла 400 ч. Наблюдаемое изменение силы тока можно разделить на три фазы: первые 100 ч сила тока постепенно уменьшалась по сравнению с началом эксперимента, затем в течение следующих 100 ч сила тока имела тенденцию к стабилизации; на третьей стадии испытания, за

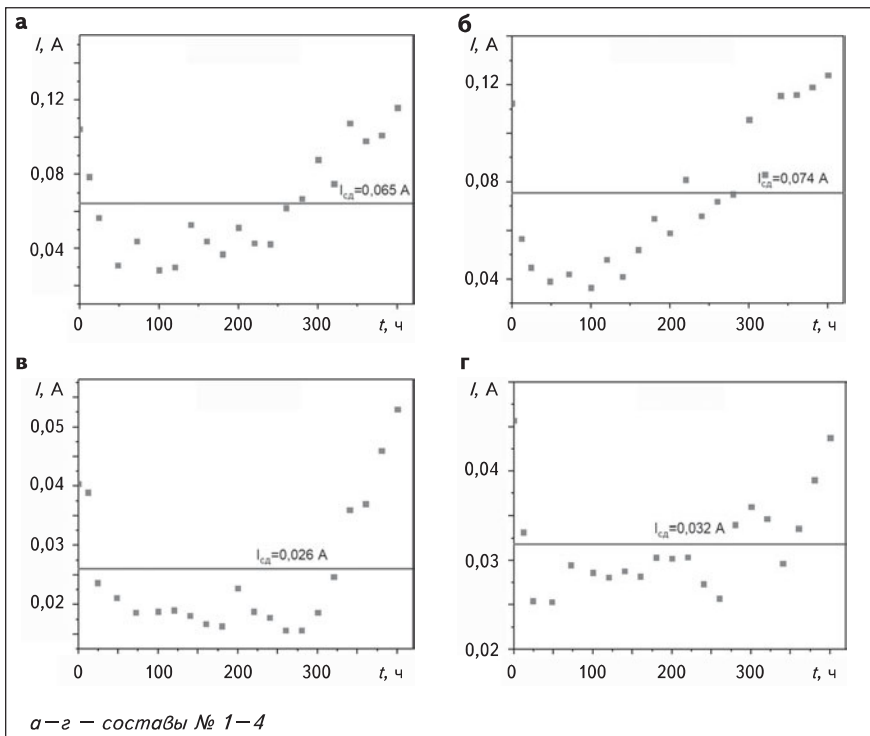


Рис. 6. Величина силы тока I , А, в арматурных стержнях бетонных образцов

счет образования коррозионных продуктов, сила тока значительно возрастала.

По результатам испытаний образцов бетонов (табл. 4) установлено, что бетон состава № 3 имеет наименьшую степень коррозии арматуры. Полученные данные можно объяснить повышением плотности бетона благодаря использованию органических добавок в виде поликарбоксилатного суперпластификатора, микрокремнезема и механоактивированной низкокальциевой золы-уноса, приводящей к лучшей защищенности стальной арматуры в бетоне от коррозии. Это способствует повышению долговечности железобетонных конструкций и увеличению срока их безремонтной эксплуатации.

Прочность сцепления между цементным камнем и стальной арматурой определяли на бетонных образцах, которые ранее подвергались электрохимической коррозии в течение 400 ч

(см. табл. 4). Перед испытанием концы стальных стержней обрезают, чтобы не происходил разрыв стержня до того, как будет нарушено адгезионное взаимодействие между цементным камнем и арматурой.

Прочность сцепления между арматурой и бетоном у состава № 3 выше, чем у других образцов, что объясняется меньшей степенью коррозии арматуры. Бетонные образцы составов № 1 и № 2 имеют более высокую степень коррозии арматуры, поэтому в этих образцах прочность сцепления между бетоном и арматурой значительно снижена. Результаты определения прочности сцепления у образцов оптимального состава № 3 до начала и после 100, 200, 300 и 400 ч испытаний приведены в табл. 5.

Таким образом, из полученных данных следует, что после 300 ч испытаний при незначительном увеличении степени коррозии арматуры от 0 до 0,7 %

прочность сцепления между бетоном и арматурой меняется мало и остается в пределах 34,7–36,7 МПа. При продолжении испытаний до 400 ч и фактическом уровне коррозии арматуры 1,8 % прочность сцепления снижается до 25,9 МПа, что примерно на 29 % меньше, чем у арматуры, не подвергавшейся коррозии.

Итак, экспериментально установлено, что темп снижения прочности сцепления между цементным камнем бетона и стальной арматурой значительно увеличивается примерно через 300 ч проведения испытаний.

Выводы

1. В результате эксперимента установлено, что бетонные образцы состава № 3 имеют наименьшую степень коррозии арматуры. Это обусловлено модификацией его структуры органическими добавками в виде водоредуцирующего поликарбоксилатного суперпластификатора, микрокремнезема и механоактивированной низкокальциевой золы-уноса, которые обладают высокой пуццоланической активностью из-за большого содержания аморфного кремнезема, что приводит не только к увеличению его прочности, но и к лучшей защищенности стальной арматуры в бетоне от коррозии.

2. Материалы исследования будут способствовать повышению долговечности железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений и увеличению срока их безремонтной эксплуатации. Определение коэффициента коррозии может быть использовано для прогнозирования коррозионной стойкости арматуры в гидротехнических железобетонных конструкциях.

3. Прочность сцепления между стальной арматурой и цементным камнем бетона в значитель-

ной степени зависит от коррозионной стойкости арматуры. При этом лучший результат показал образец состава № 3, у которого

прочность сцепления между бетоном и арматурой после 400 ч электрохимической коррозии в 1,7 раза выше, чем у контрольно-

го бетона состава № 1, не содержащего тонкодисперсных активных минеральных модифицирующих добавок.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Бартоломе С., Санхуан М. А. Цементы для работы в морской среде // Цемент и его применение. 2017. № 1. С. 69–75.
1. Bartolome S., Sankhuan M. A. Cements for work in the marine environment. *Tsement i ego primeneniye*, 2017, no. 1, pp. 69–75. (In Russ.).
2. Ватин Н. И., Петросов Д. В., Калачев А. И., Лахтинен П. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 4 (22). С. 16–21.
2. Vatin N. I., Petrosov D. V., Kalachev A. I., Lakhtinen P. The use of ash and ash and slag waste in construction. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal*, 2011, no. 4(22), pp. 16–21. (In Russ.).
3. Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Дондуков В. Г. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов // Строительные материалы. 2017. № 11. С. 4–10.
3. Kaprielov S. S., Sheynfel'd A. V., Dondukov V. G. Cements and additives for the production of high-strength concrete. *Stroitel'nye materialy*, 2017, no. 11, pp. 4–10. (In Russ.).
4. Танг Ван Лам, Булгаков Б. И., Александрова О. В., Ларсен О. А. Возможность использования золных остатков для производства материалов строительного назначения во Вьетнаме // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017. № 6. С. 6–12. doi: 10.12737/article_5926a059214ca0.89600468
4. Tang Van Lam, Bulgakov B. I., Aleksandrova O. V., Larsen O. A. The possibility of using ash residues for the production of construction materials in Vietnam. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova*, 2017, no. 6, pp. 6–12. (In Russ.). doi: 10.12737/article_5926a059214ca0.89600468
5. Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Кардумян Г. С., Дондуков В. Г. Модифицированные высокопрочные мелкозернистые бетоны с улучшенными деформационными характеристиками // Бетон и железобетон. 2006. № 2. С. 2–7.
5. Kaprielov S. S., Sheynfel'd A. V., Kardumyan G. S., Dondukov V. G. Modified high-strength fine-grained concrete with improved deformation characteristics. *Beton i zhelezobeton*, 2006, no. 2, pp. 2–7. (In Russ.).
6. Ивашина М. А., Кривобородов Ю. Р. Использование отходов промышленности в технологии сульфаталюминатного клинкера // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. № 1(182). С. 22–24.
6. Ivashina M. A., Krivoborodov Yu. R. Use of industrial waste in sulfoaluminate clinker technology. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*, 2017, vol. 31, no. 1(182), pp. 22–24. (In Russ.).
7. Баженова С. И., Алимов Л. А. Высококачественные бетоны с использованием отходов промышленности // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2010. № 1. С. 226–230.
7. Bazhenova S. I., Alimov L. A High-quality concretes using industrial waste. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova*, 2010, no. 1, pp. 226–230. (In Russ.).
8. Gallardo-Heredia M., Almanza-Robles J. M., Magallanes-Rivera R. X. et al. Calcium sulfoaluminate cement pastes from industrial wastes: effect of hemihydrate content [Цементные пасты из сульфаталюмината кальция из промышленных отходов: влияние содержания полугидрата]. *Mater Struct*, 2017, vol. 50, article number 93. doi: 10.1617/s11527-016-0960-z
9. Nguyen Ngoc Tan, Tran Anh Dung, Nguyen Cong The, Trinh Ba Tuan, Luong Tuan Anh. An experimental study to identify the influence of reinforcement corrosion on steel-concrete bond stress [Исследование влияния степени коррозии арматуры на прочность сцепления бетона с арматурой]. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*, 2018, vol. 12(6), pp. 29–38.
10. Ouraishi M. A., Nayak D. K., Kumar R., Kumar V. Corrosion of reinforced steel in concrete and its control: an overview [Коррозия армированной стали в бетоне и борьба с ней: обзор]. *Journal of Steel Structures & Construction*, 2017, vol. 3, iss. 1, pp. 1000124. doi: 10.4172/2472-0437.1000124
11. ASTM A944–10. *Standard test method for comparing bond strength of steel reinforcing bars to concrete using beam-end specimens* [Стандартный метод испытаний для сравнения прочности сцепления стальных арматурных стержней с бетоном с использованием образцов на концах балки].
12. Танг Ван Лам, Нго Суан Хунг, Ву Ким Зиен [и др.]. Влияние водовяжущего отношения и комплексной органоминеральной добавки на свойства бетона для морских гидротехнических сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 3. С. 11–21.
12. Tang Van Lam, Ngo Xuan Hung, Vu Kim Dien, Nguyen Trong Chuc, Bulgakov B. I., Bazhenova O. Yu., Galtseva N. A. Effect of water-binder ratio and complex organic-mineral additive on properties of concrete for marine hydrotechnical constructions. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*, 2019, no. 3, pp. 11–21. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2019.03.11-21
13. Chomyn S., Plank J. Impact of different synthesis methods on the dispersing effectiveness of isoprenol ether-based zwitterionic and anionic polycarboxylate (PCE) superplasticizers [Влияние различных методов синтеза на диспергирующую эффективность цвиттерийных и анионных поликарбоксилатных (ПХЭ) суперпластификаторов на основе эфира изопренола]. *Cement and Concrete Research*, 2019, vol. 119, pp. 113–125. doi: 10.1016/j.cemconres.2019.02.001

14. Xiao Liu, Ziming Wang, Jie Zhu et al. Synthesis, characterization and performance of a polycarboxylate superplasticizer with amide structure [Синтез, характеристика и эффективность поликарбоксилатного суперпластификатора с амидной структурой]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2014, vol. 448, pp. 119–129. doi: 10.1016/j.colsurfa.2014.02.022
15. Mehta P. K. *Concrete in the marine environment* [Бетон в морской среде]. London, Taylor & Francis, 2003. 224 p.
16. Mollah M. Y. A., Adams W. J., Schennach R., Cocke D. L. A review of cement – superplasticizer interactions and their models [Обзор взаимодействий цемент-суперпластификатор и их моделей]. *Advances in Cement Research*, 2000, vol. 12, iss. 4, pp. 153–161. doi: 10.1680/adcr.2000.12.4.153
17. Yamada K., Takahashi T., Hanehara S., Matsuhisa M. Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type superplasticizer [Влияние химической структуры на свойства суперпластификатора поликарбоксилатного типа]. *Cement and Concrete Research*, 2000, vol. 30, iss. 2, pp. 197–207. doi: 10.1016/S0008-8846(99)00230-6
18. Lei L., Plank J. A concept for a polycarboxylate superplasticizer possessing enhanced clay tolerance [Концепция поликарбоксилатного суперпластификатора с повышенной устойчивостью к глине]. *Cement and Concrete Research*, 2012, vol. 42, iss. 10, pp. 1299–1306. doi: 10.1016/j.cemconres.2012.07.001
19. ACI 211.4R–08. *Guide for selecting proportions for high-strength concrete using portland cement and other cementitious mater* [Гид для выбора пропорций для бетона высокой прочности, используя портланд-цемент и другие цементирующие материалы].
20. Roberge P. R. *Corrosion engineering: principles and practice* [Коррозионная инженерия: принципы и практика]. McGraw-Hill Professional, 2008. 754 p. ■



IV Международная научно-практическая конференция «Российский форум изыскателей»

15–16 сентября 2022 г. в НИУ МГСУ состоится IV Международная научно-практическая конференция «**Российский форум изыскателей**». Основная цель конференции, проводимой при поддержке Минстроя России, — консолидация изыскательского сообщества для решения задач, связанных с преодолением кризисных явлений в экономике и развитием отраслевого потенциала.

Организаторы — НОПРИЗ, НИУ МГСУ и НИЦ «Строительство».

Секции форума 2022 г.:

- задачи инженерных изысканий в контексте реализации национальных проектов и стратегий;
- ценообразование инженерных изысканий;
- эволюция нормативной базы в области инженерных изысканий;
- взаимодействие проектировщиков и изыскателей;
- развитие квалификаций;
- оценка соответствия, контроль качества и полевой контроль.

В первый день форума пройдет Всероссийское совещание по вопросам развития инженерных изысканий. Во второй — стратегическая сессия «Наука и технологии в сфере инженерных изысканий», на которой также планируется обсудить вопросы ценообразования стандартизации. В дни работы конференции будет организована выставка оборудования и технологий для инженерных изысканий.

Регистрация участников и докладчиков ведется на официальном сайте (rusufo.ru).

Специалисты, желающие принять участие в научно-практической конференции, могут направлять в оргкомитет заявки и тезисы своих докладов по следующим тематическим направлениям:

- актуальные вопросы развития Национальной системы квалификаций;
- государственная политика в области инженерных изысканий на современном этапе;
- роль инженерных изысканий в ходе разработки документов градостроительного планирования;
- развитие малого предпринимательства в области инженерных изысканий;
- технологическое развитие изыскательской сферы деятельности;
- трансформация системы ценообразования;
- эволюция нормативной базы.

По результатам конференции будет опубликован сборник материалов на основе расширенных тезисов и каталог высших и средних специальных учебных заведений, а также специализированных кафедр, осуществляющих подготовку специалистов в области инженерных изысканий.

Для участия в работе Российского форума изыскателей с последующей публикацией доклада необходимо подать заявку до 1 сентября 2022 г.