

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0005-9889

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

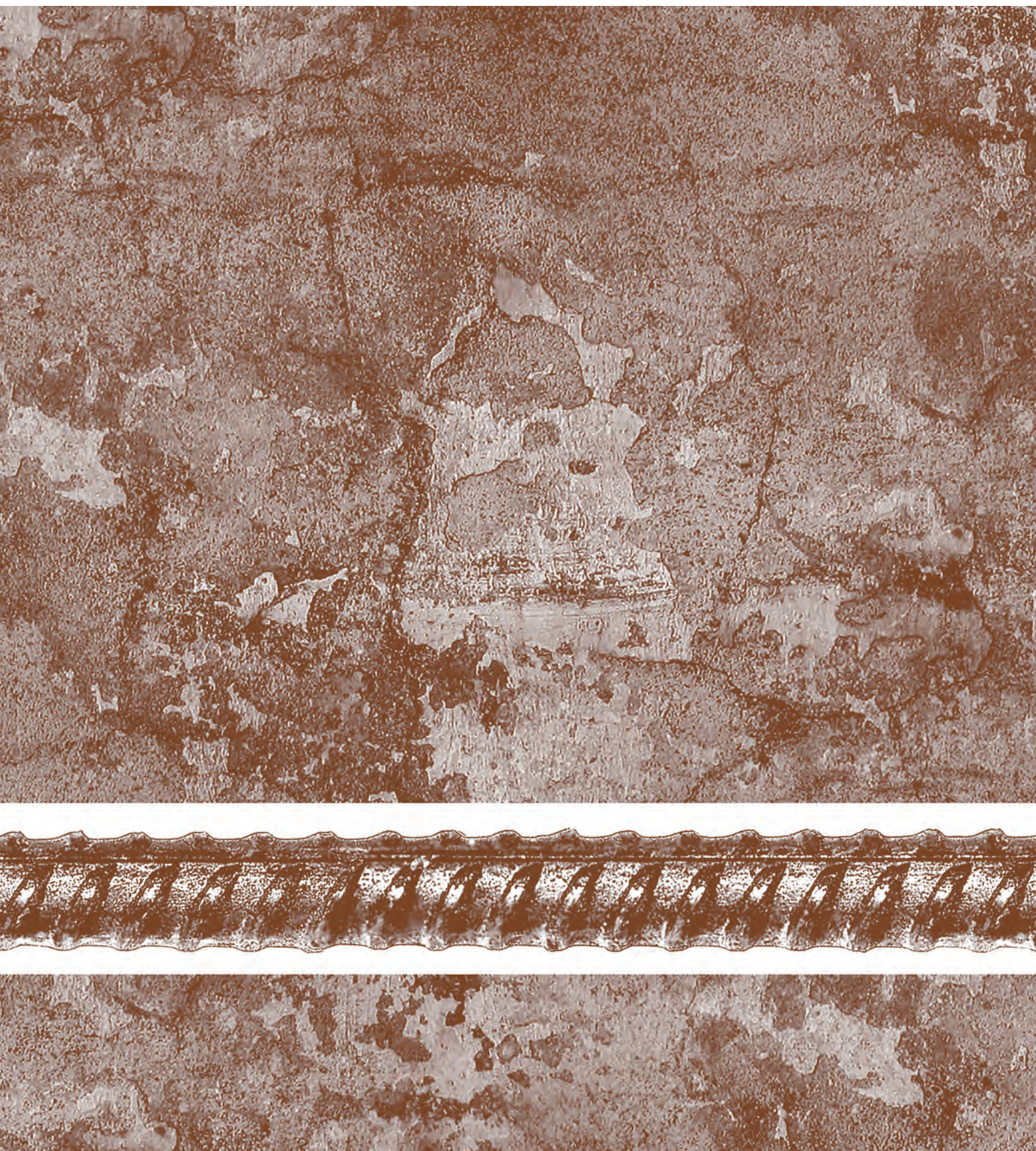
2

610

2022

WWW.RIFSM.RU

ИЗДАЕТСЯ С 1955 ГОДА



Главная выставка строительной
техники и технологий в России

24 — 27 мая 2022

Крокус Экспо, Москва



СТТ
EXPO

Бесплатный билет
по промокоду **MPLDAB**

www.ctt-expo.ru



Учредитель: Ассоциация «Железобетон»
Адрес: 109428, г. Москва, Рязанский просп., д. 22, корп. 2
Издатель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского, д. 9, корп. 1, кв. 1
Зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ
Per. ПИ № ФС 77-76959 от 09.10.2019
ISSN 0005-9889 (Print)
Основан: Институт НИИЖБ Госстроя СССР и ВНИИЖелезобетон Минстройматериалов СССР

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

Издается с 1955 г.

2 (610)
Март—апрель 2022

В.В. БЕДАРЕВ, Н.В. БЕДАРЕВ, А.В. БЕДАРЕВ Применение золы ТЭС для получения высокопрочных бетонов и снижения расхода цемента	3
Итоги «Российской строительной недели-2022»	8
И.С. КУЗНЕЦОВА, В.Г. РЯБЧЕНКОВА, Д.В. АКОПЯН Огнестойкость плитных конструкций из фибробетона с добавкой стеклопластиковой макрофибры	10
Д.Ю. СНЕЖКОВ, С.Н. ЛЕОНОВИЧ, Н.А. БУДРЕВИЧ Методика испытаний буронабивных свай сейсмоакустическим и ультразвуковым методами.	20
В.А. СОЛНЦЕВ, П.А. ЖАДОБИН, Л.П. ХАРИТОНОВА Исследование водопоглощения бетона, находящегося в воде под давлением, с целью оценки балластирующих свойств бетонного покрытия морских трубопроводов.	25
В.В. МАЛЮК, В.Д. МАЛЮК, С.Н. ЛЕОНОВИЧ Совершенствование методов проектирования и технологии бетонных работ (на примере о. Сахалин)	30
С.А. ЗЕНИН, А.Н. БОЛГОВ, А.З. СОКУРОВ, О.В. КУДИНОВ Прочность на продавливание плоских плит перекрытий в зонах опирания на торцы стен	35
В.В. РЕМНЁВ Возможность применения монолитных пенобетонов в системах аварийного торможения воздушных судов.	41

Редакционная коллегия

ЗВЕЗДОВ А.И., главный редактор, д-р техн. наук, заместитель генерального директора по научной работе, АО НИЦ «Строительство» (Москва)
АРХИПКИН А.А., зам. главного редактора, Ассоциация «Железобетон» (Москва)
ГРАНЕВ В.В., д-р техн. наук, заместитель генерального директора – научный руководитель, АО «ЦНИИПромзданий» (Москва)
ГУСЕВ Б.В., д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии», РУТ/МИИТ (Москва)
ЙЕНСЕН О.М., д-р техн. наук, профессор Датского технического университета (Дания)
КУЗЕВАНОВ Д.В., канд. техн. наук, директор НИИЖБ им. А.А. Гвоздева (Москва)
МАИЛЯН Д.Р., д-р техн. наук, заведующий кафедрой железобетонных и каменных конструкций, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону)
МОРОЗОВ В.И., д-р техн. наук, заведующий кафедрой железобетонных и каменных конструкций, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург)
МЮЛЛЕР Х.С., д-р техн. наук, профессор Университета Карлсруэ, Институт технологии – KIT (Германия)
НЕСВЕТАЕВ Г.В., д-р техн. наук, заведующий кафедрой технологии строительного производства, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону)
РАХМАНОВ В.А., канд. техн. наук, профессор, член-корреспондент РААСН, председатель Совета директоров ООО «Институт ВНИИЖелезобетон» (Москва)
СТЕПАНОВА В.Ф., д-р техн. наук, заведующая лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева (Москва)
ТАМРАЗЯН А.Г., д-р техн. наук, заведующий кафедрой железобетонных и каменных конструкций, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, советник РААСН (Москва)
ТРАВУШ В.И., д-р техн. наук, главный конструктор, заместитель генерального директора по научной работе ЗАО «ГОРПРОЕКТ», вице-президент РААСН (Москва)
УШЕРОВ-МАРШАК А.В., д-р техн. наук, профессор Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры (Украина)
ФАЛИКМАН В.Р., канд. хим. наук, д-р материаловедения, руководитель Центра научно-технического сопровождения сложных объектов строительства, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева (Москва)
ХОЗИН В.Г., д-р техн. наук, заведующий кафедрой технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет (Казань)

Авторы

опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации.

Редакция

может опубликовать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора.

Перепечатка

и воспроизведение статей, рекламных и иллюстративных материалов возможны лишь с письменного разрешения главного редактора.

Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений.

Адрес редакции: Россия, 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3
Тел.: (499) 976-22-08, (499) 976-20-36
E-mail: mail@rifsm.ru
http://azhb.ru/ http://www.rifsm.ru

Founder of the journal:

«Reinforced concrete» Association
 Address: 22, building 2, Ryazansky prospect,
 Moscow, 109428, Russian Federation

Publisher: «STROYMATERIALY»

Advertising-Publishing Firm, OOO
 Address: 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,
 Moscow, 125319, Russian Federation

The journal is registered by the RF
 Ministry of Press, Broadcasting and Mass
 Communications PI № FS 77-76959
 dated 09.10.2019 (Russia)
 ISSN 0005-9889 (Print)

Founded: Institutes of NIIZhB Gosstroy of the
 USSR and VNIIZhelezobeton of the USSR
 Ministry of Construction Materials

BETON I ZHELEZOBETON

Published since 1955

2 (610)
March—April 2022

V.V. BEDAREV, N.V. BEDAREV, A.V. BEDAREV

The use of Thermal Power Plant Ash to Produce High-Strength Concrete and Reduce Cement Consumption 3

Results of "Russian Construction Week 2022" 8

I.S. KUZNETSOVA, V.G. RYABCHENKOVA, D.V. AKOPYAN

Fire Resistance of Fibroconcrete Slab Structures with Addition of Fiberglass Macrofibres 10

D.Ju. SNEZHKOVA, S.N. LEONOVICH, N.A. BUDREVICH

Methodology of Testing Bored Piles by Seismo-Acoustic and Ultrasonic Methods 20

V.A. SOLNTSEV, P.A. ZHADOBIN, L.A. KHARITONOVA

**Investigation of Water Absorption of Concrete that was Situated in Water Under the Pressure
 in Order to Evaluate the Ballasting Properties of the Concrete Coating of Underwater Sea Pipelines. 25**

V.V. MALYUK, V.D. MALYUK, S.N. LEONOVICH

Improvement of Design Methods and Technology of Concrete Works (on the Example of Sakhalin Island). 30

S.A. ZENIN, A.N. BOLGOV, A.Z. SOKUROV, O.V. KUDINOV

Punching Strength of Flat Floor Slabs in the Areas of Support on the Ends of the Walls 35

V.V. REMNEV

Possibility of Application of Monolithic Foam Concretes in Aircraft Emergency Braking Systems 41

Editorial team:

- ZVEZDOV A.I.**, Editor-in-Chief, Doctor of Sciences (Engineering), Deputy Director General for Research, Research Center «Stroitel'stvo» JSC (Moscow)
- ARKHIPKIN A.A.**, Deputy Editor-in-Chief, Structural Concrete Association (Moscow)
- GRANOV V.V.**, Doctor of Sciences (Engineering), Deputy Director General – Scientific Supervisor, «TsNII Promzdaniy» JSC (Moscow)
- GUSEV B.V.**, Doctor of Sciences (Engineering), Head of the Building Materials and Technologies Department, Russian University of Transport (MIIT) (Moscow)
- JENSEN O.M.**, Dr. Sci., Professor, Danish Technical University (Denmark)
- KUZEVANOV D.V.**, Candidate of Sciences (Engineering), Director of the Scientific Research Institute for Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev (Moscow)
- MAILYAN D.R.**, Doctor of Sciences (Engineering), Head of the Reinforced Concrete and Stone Structures Department, Don State Technical University (Rostov-on-Don)
- MOROZOV V.I.**, Doctor of Sciences (Engineering), Head of the Reinforced Concrete and Stone Structures Department, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (St. Petersburg)
- MÜLLER H.S.**, Dr. Sci., Professor of the Karlsruhe University, Institute of Technology – KIT (Germany)
- NESVETAEV G.V.**, Doctor of Sciences (Engineering), Head of the Construction Technology Department, Don State Technical University (Rostov-on-Don)
- RAKHMANOV V.A.**, Candidate of Sciences, Professor, Corresponding Member of RAACS, Chairman of the Board of Directors LLC «Institute VNIIZhelezobeton» (Moscow)
- STEPANOVA V.F.**, Doctor of Sciences (Engineering), Head of the Laboratory for Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete Structures, of the Scientific Research Institute for Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev (Moscow)
- TAMRAZIAN A.G.**, Doctor of Sciences (Engineering), Head of the Reinforced Concrete and Stone Structures Department, Moscow State University of Civil Engineering (Moscow)
- TRAVUSH V.I.**, Doctor of Sciences (Engineering), Chief Designer, Deputy Director General for Research, «GORPROEKT» CJSC, Vice-President of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (Moscow)
- USHEROV-MARSHAK A.V.**, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Kharkiv State Technical University of Construction and Architecture (Ukraine)
- FALIKMAN V.R.**, Candidate of Sciences (Chemistry), Doctor of Materials Science, Head Center for scientific and technical assistance at complex facilities construction in the Scientific Research Institute for Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev (Moscow)
- KHOZIN V.G.**, Doctor of Sciences (Engineering), Head of the Building Materials, Products and Structures Technology Department, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering (Kazan)

The authors

of published materials are responsible for the accuracy of the submitted information, the accuracy of the data from the cited literature and for using in articles data which are not open to the public.

The Editorial Staff

can publish the articles as a matter for discussion, not sharing the point of view of the author.

Reprinting

and reproduction of articles, promotional and illustrative materials are possible only with the written permission of the editor-in-chief.

The Editorial Staff is not responsible for the content of advertisements and announcements.

Editorial address: 9/3 Dmitrovskoye Hwy,
 127434, Moscow, Russian Federation
Tel.: (499) 976-22-08, (499) 976-20-36
E-mail: mail@rifsm.ru
http://azhb.ru/ **http://www.rifsm.ru**

В.В. БЕДАРЕВ, канд. техн. наук (ooo-rigul@mail.ru),
Н.В. БЕДАРЕВ, инженер, А.В. БЕДАРЕВ, инженер
ООО «Ригул» (654080, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 99-318)

Применение золы ТЭС для получения высокопрочных бетонов и снижения расхода цемента

Представлены результаты экспериментальных исследований по применению золы-уноса ТЭС для получения высокопрочных бетонов или замещения части цемента в составе бетонной смеси золой ТЭС. Результаты экспериментальных исследований показывают высокую эффективность разработанного на основе золы-уноса ТЭС полифункционального комплекса АПБ (зола-уноса⁺) при получении бетонов высоких классов и возможности замещения значительной части цемента в составе бетонной смеси. Для получения бетонов повышенной прочности количество АПБ (зола-уноса⁺), дополнительно вводимой в состав бетонной смеси, составляет от 5 до 100% от массы цемента. При этом может быть достигнуто увеличение прочности бетона в 2–2,3 раза в сравнении с прочностью бетона базового состава. Замещение части цемента в составе бетонной смеси полифункциональным комплексом АПБ (зола-уноса⁺) в количестве от 5 до 80% позволяет сохранить прочность бетона на уровне прочности бетона базового состава. Показана возможность утилизации практически неограниченных объемов отходов сжигания углей и снижения расхода цемента в бетонных смесях. При этом снижается антропогенное воздействие на биосферу и величина углеродного следа, как при производстве тепловой и электрической энергии, так и при производстве цемента.

Ключевые слова: зола-уноса, прочность бетона, бетонная смесь, углеродный след.

Для цитирования: Бедарев В.В., Бедарев Н.В. Бедарев А.В. Применение золы ТЭС для получения высокопрочных бетонов и снижения расхода цемента // *Бетон и железобетон*. 2022. № 2 (610). С. 3–7.
DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-3-7>

V.V. BEDAREV, Candidate of Sciences (Engineering) (ooo-rigul@mail.ru), N.V. BEDAREV, Engineer, A.V. BEDAREV, Engineer
ООО "Rigul" (99-318, Kirova, Novokuznetsk, 654080, Russian Federation)

The use of Thermal Power Plant Ash to Produce High-Strength Concrete and Reduce Cement Consumption

The results of experimental studies on the use of fly ash of thermal power plants for the production of high-strength concrete or the replacement of part of the cement in the concrete mixture with TPP ash are presented. The results of experimental studies show the high efficiency of the multifunctional complex APP (fly ash⁺) developed on the basis of fly ash of thermal power plants in the production of high-grade concretes and the possibility of replacing a significant part of cement in the concrete mixture. To obtain high-strength concretes, the amount of APB (fly ash⁺) additionally introduced into the concrete mixture is from 5% to 100% of the cement mass. At the same time, an increase in the strength of concrete by 2–2.3 times in comparison with the strength of the concrete of the base composition can be achieved. The replacement of a part of cement in the concrete mixture with a multifunctional complex of APB (fly ash⁺) in an amount from 5% to 80% makes it possible to preserve the strength of concrete at the strength level of the concrete base composition. The possibility of utilization of practically unlimited volumes of coal burning waste and reduction of cement consumption in concrete mixtures is shown. At the same time, the anthropogenic impact on the biosphere and the size of the carbon footprint are reduced, both in the production of thermal and electrical energy, and in the production of cement.

Keywords: fly ash, concrete strength, concrete mix, carbon footprint.

For citation: Bedarev V.V., Bedarev N.V., Bedarev A.V. The use of thermal power plant ash to produce high-strength concrete and reduce cement consumption. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2022. No. 2 (610), pp. 3–7. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-3-7>

Применение золы-уноса, получаемой при сжигании каменных углей на тепловых электрических станциях, в тяжелых бетонах распространено достаточно широко.

Согласно [1–3] возможность применения сухой золы ТЭС в бетонах марки 400 на портландцементе марки 400 составляет 30–40%, на портландцементе марки 500 составляет 32–44% от массы цемента.

Исследования [4] показали возможность замены 30% портландцемента на АМД, в том числе в виде золы-уноса.

В качестве минеральной добавки золы-уноса применяются в производстве различных модификаторов бетона. Оптимальная дозировка модификатора бетона зависит от требований к бетонам и обычно находится в диапазоне 8–12% от массы цемента [5].

При дозировке модификатора в указанных пределах удастся существенно повысить прочность бетона при сжатии.

Однако в количественном отношении масса золы-уноса в составе бетонной смеси обычно не превышает 30% без снижения прочности бетона при сжатии.

Проведение и результаты исследований

Целью проведенных экспериментов являлась разработка активной минеральной добавки на основе золы-уноса ТЭС и исследование влияния количества добавки в составе смеси на прочность бетона при естественном твердении.

Исследования проводились на экспериментальных образцах, изготовленных из бетона следующего состава:

- портландцемент со шлаком (ЦЕМ II/A-Ш 32,5Б по ГОСТ 31108–2016) – 1 в. ч.;
- песок мытый фракции 0–5 мм (ООО «Абагурский карьер») – 3 в. ч.;
- полифункциональный комплекс АПБ (зола-уноса⁺) в % от массы цемента;
- вода.

Экспериментальные исследования проводились по двум направлениям:

- исследовалось влияние на прочность бетона при введении в базовый состав дополнительно АПБ

(зола-уноса⁺) в количестве от 10 до 100% от массы цемента. В каждом последующем составе бетона количество АПБ (зола-уноса⁺) увеличивалось на 10% по сравнению с предыдущим;

– исследовалось влияние на прочность бетона при замещении части цемента в базовом составе АПБ (зола-уноса⁺) в количестве от 10 до 100% от массы цемента.

В каждом последующем составе бетона количество цемента снижалось на 10%, а количество АПБ (зола-уноса⁺) увеличивалось на 10% по сравнению с предыдущим. АПБ (зола-уноса⁺) вводилось в бетонную смесь в сухом состоянии с последующим перемешиванием. Перемешивание бетонной смеси производилось до однородного состояния.

При приготовлении бетонной смеси введение воды затворения осуществлялось частями, с перемешиванием бетонной смеси после каждого этапа до однородного состояния.

В качестве экспериментальных образцов использовались образцы-балочки размером 4×4×16 см для определения прочности при изгибе и сжатии и контрольные образцы-кубы размером 7×7×7 см.

Уплотнение бетонной смеси в формах при изготовлении образцов-балочек и образцов-кубов осуществлялось на вибростоле.

Изготовленные образцы укрывались четырьмя слоями полиэтиленовой пленки и выдерживались



Рис. 1. Испытание образцов-балочек при изгибе
Fig. 1. Bending test of beam samples

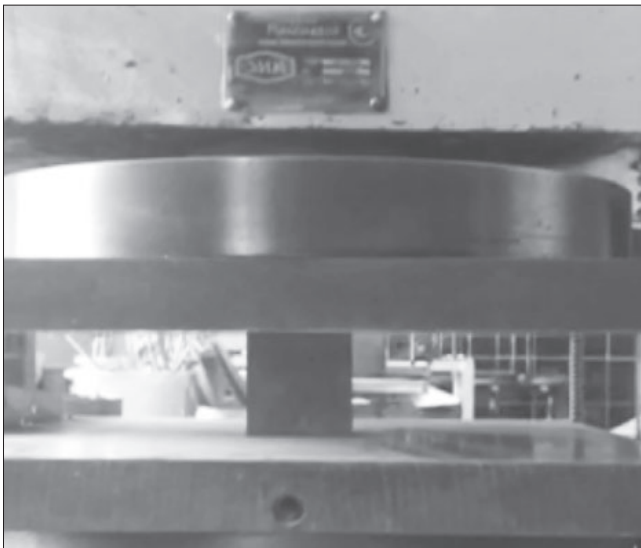


Рис. 2. Испытание образцов-балочек при сжатии
Fig. 2. Compression test of beam samples

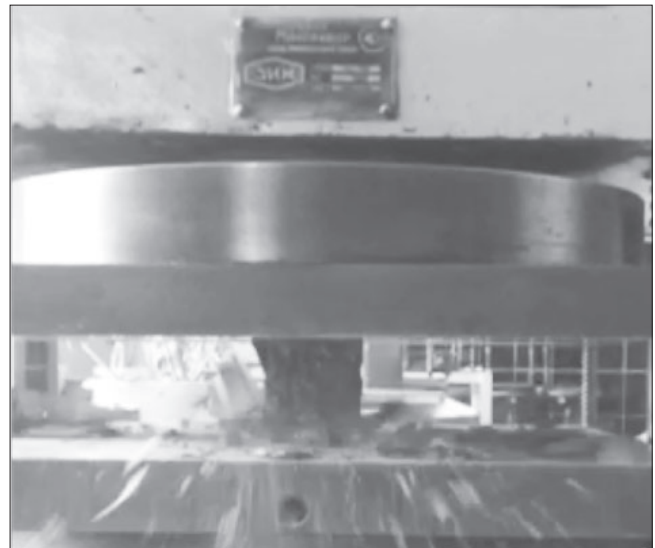
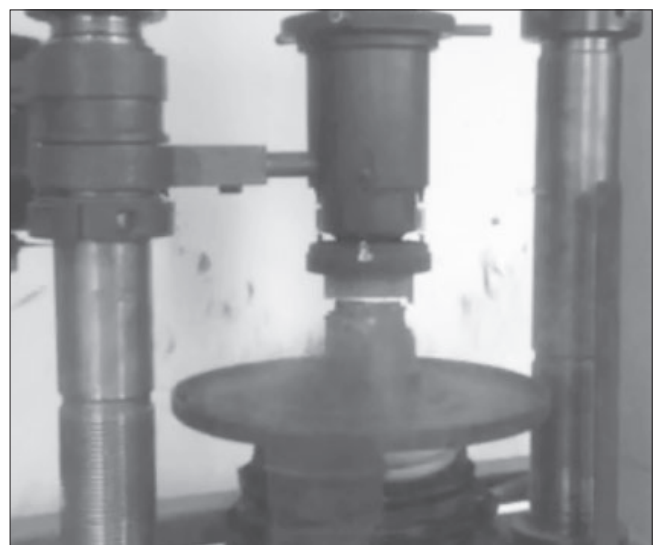


Рис. 3. Испытание образцов-кубов при сжатии
Fig. 3. Compression test of cube samples



при температуре 20°C в течение 24 ч. После выдержки образцы распалубливались и герметично упаковывались четырьмя слоями полиэтиленовой пленки для дальнейшего твердения.

Твердение образцов происходило при температуре 20°C в течение 28 и 90 сут со дня изготовления.

Испытание образцов-балочек и образцов-кубов осуществлялось после твердения в течение 28 и 90 сут со дня изготовления.

Образцы-балочки размером 4×4×16 см испытывались при изгибе (рис. 1) и сжатии (рис. 2). Образцы-кубы испытывались при сжатии (рис. 3).

При испытании образцов-балочек и образцов-кубов при сжатии разрушение бетона происходило хрупко, с разлетом осколков.

На рис. 4 представлен вид бетона в месте излома образца 4×4×16 см после испытания на изгиб.

Бетон поверхности излома имеет плотную структуру, с незначительным количеством пор, свидетельствующих о достаточной подвижности бетонной смеси при вибрации.

Частицы песка крупностью около 3–5 мм в основном разрушены, что указывает на хорошую адгезию заполнителей и вяжущего.

Результаты испытаний образцов при сжатии статистически обрабатывались для построения графических зависимостей.

Графически результаты испытаний при сжатии и результаты статистической обработки представлены на рис. 5.

На рис. 5 представлено изменение прочности бетона при сжатии по результатам испытаний образцов в возрасте 28 и 90 сут в сравнении с прочностью бетона базового состава:

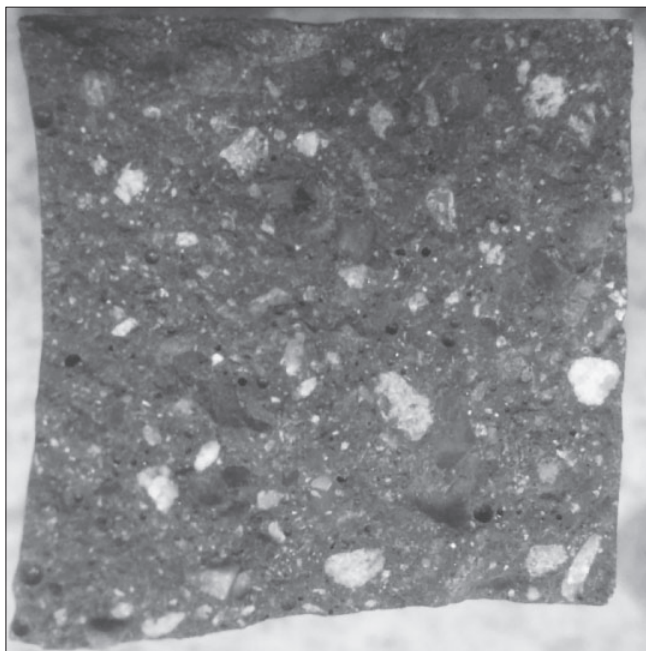


Рис. 4. Структура бетона после испытаний при изгибе
Fig. 4. Concrete structure after bending tests

- портландцемент со шлаком ЦЕМ II/A-Ш 32,5Б (по ГОСТ 31108–2016) – 1 в. ч.;
- песок мытый фракции 0–5 мм (ООО «Абагурский карьер») – 3 в. ч.;
- вода.

Зависимости 1 (28 сут 400+) и 2 (90 сут 400+) на рис. 5 иллюстрируют изменение прочности бетона при увеличении количества АПБ (зола-уноса⁺) в процентах, вводимого дополнительно к массе цемента базового состава бетона в возрасте 28 и 90 сут соответственно.

Увеличение количества АПБ (зола-уноса⁺) в бетонной смеси базового состава в количестве от 10 до 60% от массы цемента приводит к пропорциональному увеличению прочности бетона при сжатии.

Так, максимальная прочность бетона в возрасте 28 сут в сравнении с прочностью бетона базового состава достигнута при дополнительном введении в бетонную смесь АПБ (зола-уноса⁺) в количестве 60% от массы цемента. Прочность бетона при этом в два раза превышает прочность бетона базового состава (зависимость 1 (28 сут 400+), рис. 5).

Увеличение количества АПБ (зола-уноса⁺) в бетонной смеси от 70 до 100% от массы цемента приводит к некоторому снижению прочности бетона при сжатии, однако прочность бетона, даже при введении дополнительно АПБ (зола-уноса⁺) в количестве 100% от массы цемента, превышает прочность бетона базового состава в 1,7 раза.

Максимальное, в 2,3 раза по сравнению с прочностью бетона базового состава, увеличение прочности бетона при сжатии получено при количестве АПБ (зола-уноса⁺) в бетонной смеси в пределах 60% от

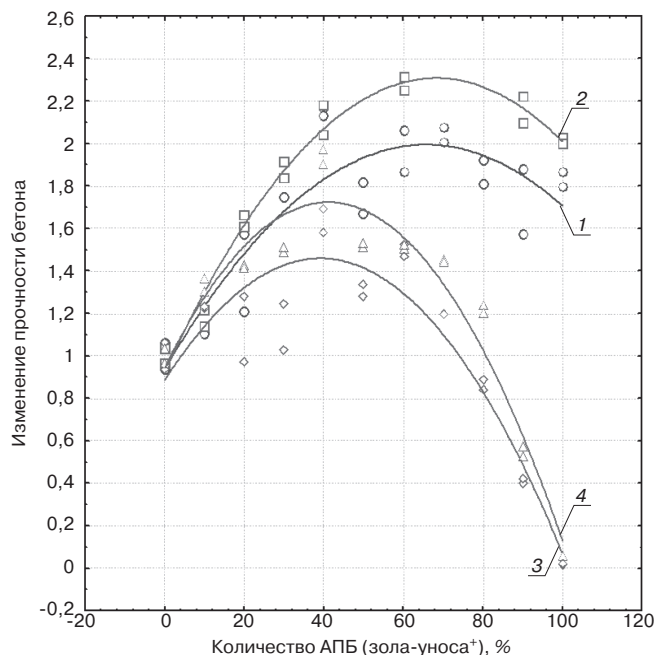


Рис. 5. Изменение прочности бетона относительно прочности бетона базового состава в зависимости от количества АПБ (зола-уноса⁺) в бетонной смеси в % от массы цемента: 1 – 28 сут 400+; 2 – 90 сут 400+; 3 – 28 сут 400–; 4 – 90 сут 400–, где 400+ – введение дополнительного количества АПБ (зола-уноса⁺) к количеству цемента базового состава бетона в %; 400– – замещение части цемента базового состава бетона полифункциональным комплексом АПБ (зола-уноса⁺) в %

Fig. 5. The change in the strength of concrete relative to the strength of the concrete of the base composition, depending on the amount of APB (fly ash⁺) in the concrete mixture in % by weight of cement: 1 – 28 days 400+; 2 – 90 days 400+; 3 – 28 days 400–; 4 – 90 days 400–, where 400+ is the introduction of an additional amount of APB (fly ash⁺) to the amount of cement of the base composition of concrete in %; 400– – replacement of a part of the cement of the base composition of concrete with a multifunctional complex of APB (fly ash⁺) in %

массы цемента. Указанная прочность бетона получена при испытании образцов бетона в возрасте 90 сут.

Дополнительное введение в бетонную смесь АПБ (зола-уноса⁺) в количестве от 40 до 100% от массы цемента базового состава позволяет получить увеличение прочности бетона в возрасте 90 сут в два и более раз в сравнении с прочностью при сжатии бетона базового состава (зависимость 2 (90 сут 400+), рис. 5).

Зависимости 3 (28 сут 400–) и 4 (90 сут 400–) на рис. 5 иллюстрируют изменение прочности бетона при увеличении количества АПБ (зола-уноса⁺), вводимого при замещении части цемента в % от массы цемента базового состава бетона в возрасте 28 и 90 сут.

Увеличение количества АПБ (зола-уноса⁺) в бетонной смеси при замещении части цемента от 10 до 40% также приводит к пропорциональному увеличению прочности бетона при сжатии.

Максимальная прочность бетона в возрасте 28 сут в сравнении с прочностью бетона базового состава достигнута при замещении в составе бетонной смеси части цемента на АПБ (зола-уноса⁺) в количестве 40% от массы цемента. Прочность бетона при этом практи-

чески в 1,5 раза превышает прочность бетона базового состава (зависимость 3 (28 сут 400–), рис. 5).

При замещении части цемента базового состава в количестве от 2% до 70% от массы на АПБ (зола-уноса⁺) прочность бетона при сжатии в возрасте 28 сут превышает не менее чем в 1,2 раза прочность бетона базового состава.

В возрасте 90 сут при замещении части цемента бетона базового состава на АПБ (зола-уноса⁺) в количестве 40% от массы прочность бетона при сжатии в 1,7 раза превышает прочность при сжатии бетона базового состава того же возраста.

При замещении части цемента в количестве от 20 до 70% на АПБ (зола-уноса⁺) прочность бетона при сжатии в возрасте 90 сут увеличивается не менее чем в 1,4 раза в сравнении с прочностью бетона базового состава (зависимость 4 (90 сут 400–), рис. 5).

В целом зависимость 4 (90 сут 400–) на рис. 5 показывает, что при замещении части цемента базового состава в количестве от 10 до 80% от массы на АПБ (зола-уноса⁺) прочность бетона при сжатии в возрасте 90 сут составляет не менее прочности бетона базового состава.

Закключение

Полученные результаты подтверждают высокую эффективность полифункционального комплекса АПБ (зола-уноса⁺) на основе золы ТЭС, как в целях повышения прочности бетона при сжатии и получения высокопрочных бетонов при использовании низкомарочных цементов и стандартных заполнителей, так и в целях экономии цемента при замещении его части на отходы сжигания углей.

Необходимо отметить существенное достоинство разработанного полифункционального комплекса АПБ (зола-уноса⁺) на основе золы ТЭС, позволяющее получать высокопрочные бетоны при изменении массы вводимой в бетонную смесь АПБ (зола-уноса⁺) в широком диапазоне – практически от 10 до 100% от массы цемента базового состава.

Количество замещаемого в составе бетона цемента на АПБ (зола-уноса⁺) может достигать 80% от массы цемента базового состава без снижения прочности бетона при сжатии.

Универсальность АПБ (зола-уноса⁺) бетона открывает широкие перспективы как в возможности утилизации больших объемов отходов, получаемых при сжигании углей в производстве строительных материалов, так и в возможности применения цементов низких марок при изготовлении высокопрочных бетонов.

Технологически производство АПБ (зола-уноса⁺) и применение его в бетонах существенно проще, нежели производство других видов добавок, применяемых для приготовления высокопрочных бетонов.

Использование АПБ (зола-уноса⁺) позволяет не только производить утилизацию отходов сжигания углей практически в неограниченных объемах, но и существенно снизить антропогенное воздействие на биосферу и величину углеродного следа при производстве тепловой и электрической энергии. Дополнительно появляется возможность добиться снижения углеродного следа и в производстве цемента за счет уменьшения его расхода в бетонных смесях и строительных растворах.

Список литературы

1. Рекомендации по применению золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций в тяжелых бетонах и строительных растворах. НИИЖБ. М.: Стройиздат, 1977. 30 с.
2. ГОСТ 25818–91 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия». М.: Издательство стандартов, 1991. 12 с.
3. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций. НИИЖБ. М.: Стройиздат, 1986. 81 с.
4. Маккечни Д.Р., Шах В., Скотт А. Сравнение прочностных и долговечных характеристик бетона, изготовленного с использованием природных и промышленных минеральных добавок (АМД) // *CPI – Международное бетонное производство*. 2022. № 1. С. 20–26.
5. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. М.: Парадиз, 2010. 258 с.

References

1. Rekomendacii po primeneniyu zoly, shlaka i zoloshlakovoi smesi teplovykh elektrostantsii v tyazhelykh betonakh i stroitel'nykh rastvorakh [Recommendations for the use of ash, slag and ash-and-slag mix of thermal power plants in heavy concrete and building mortars] NIIZhB. Moscow: Stroyizdat. 1977. 30 p. (In Russian).
2. GOST 25818–91 Zoly-unosa teplovykh elektrostantsiy dlya betonov. Tekhnicheskiye usloviya. [Thermal plot fly-ashes for concrete. Specifications] Moscow: Izdatel'stvo Standartov, 1991. 12 p. (In Russian).
3. Rekomendacii po primeneniyu v betonakh zoly, shlaka i zoloshlakovoi smesi teplovykh elektrostantsii [Recommendations for the use of ash, slag and ash-and-slag mix of thermal power plants in concrete] NIIZhB. Moscow: Stroyizdat. 1986. 81 p.
4. Mackechnie J.R., Shah V., Scott A. Comparing the strength and durability performance of concrete made with natural or industrial SCMs. *CPI – Concrete Plant international*. 2022. No. 1, pp. 20–26. (In Russian).
5. Kapriyelov S.S., Sheinfel'd A.V., Kardumyan G.S. Novye modifitsirovannye betony [New modified concrete]. Moscow: Paradiz, 2010. 258 p.

ИТОГИ «РОССИЙСКОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ НЕДЕЛИ-2022»

Results of "Russian Construction Week 2022"



С 1 по 4 марта 2022 г. в ЦВК «Экспоцентр» с успехом прошла «Российская строительная неделя», которая объединила 3-ю Международную специализированную выставку RosBuild 2022, салон «Малозэтажное домостроение» и форум «Строим будущее России вместе».

Проект подтвердил статус востребованного международного мероприятия, направленного на реализацию государственных программ и национальных проектов, программ реновации жилищного фонда, формирование современной городской среды, поддержку малозэтажного домостроения.

Основой экспозиции Недели стала выставка RosBuild 2022, организованная АО «Экспоцентр» при поддержке Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства, Министерства промышленности и торговли, Правительства Москвы, под патронатом Торгово-промышленной палаты России, в партнерстве с Национальным объединением застройщиков жилья (НОЗА), Национальным объединением производителей строительных материалов, изделий и конструкций (НОПСМ), Национальным объединением строителей (НОСТРОЙ), Фасадным союзом, Ассоциацией производителей керамических материалов, Ассоциацией производителей керамических стеновых материалов, Союзом проектировщиков России, Аллюминиевой Ассоциацией.

ЭКСПОЗИЦИЯ

В этом году **167 компаний из Австрии, Германии, Греции, Италии, Ирана, Испании, Китая, России, Финляндии** познакомили специалистов и гостей выставки с инновационными решениями и передовыми технологиями в производстве строительных, отделочных материалов и конструкций. Посетители получили исчерпывающую информацию о текущем состоянии строительного рынка и основных трендах архитектуры и дизайна.

Выставку посетили **10 400 человек**.

Общая площадь экспозиции составила **9200 м²**.

В выставке приняли участие компании Bongioanni, Meezenburg, Peikko, Rothoblaas, Schoeck, Viessmann, Ytong, Paroc, Wienerberger, Bonolit, Eurotec, IMG Lighting, Ledtec, Surface

Laboratory by KERAMA MARAZZI, Vodalux, «7 скамеек», НВП «Болид», «ПИК-Модуль», «Русский Запад», «Строймет», «Техноколь», «Ферро-Строй» и др.

Коллективные экспозиции представили три региона: **Омская, Иркутская и Оренбургская области**.

Экспозиция Passive House, организованная Институтом пассивного дома на выставке RosBuild, удвоила количество участников и площадь экспозиции по сравнению с прошлым годом. Энергоэффективную продукцию в рамках единой концепции пассивного дома продемонстрировали 18 компаний. Экспозицию дополнили конференция и семинары, организованные Институтом пассивного дома и АО «Экспоцентр».

Экспозиция **салона «Малозэтажное домостроение»** привлекла внимание профессионалов и частных посетителей выставки, планирующих строительство загородного дома. На площадке выставки RosBuild компания «Балашовские Дома» провела **мастер-класс «Правильный каркасный дом»**, где посетители смогли увидеть все этапы строительства каркасного дома – от возведения стен до утепления и отделки, а специалисты компании подробно консультировали по каждому этапу.

На выставке также работала галерея ТОП ЖК, где были представлены проекты застройщиков – победителей, призеров и финалистов крупнейшего градостроительного конкурса новостроек ТОП ЖК в 155 федеральных и региональных номинациях. Премия ТОП ЖК учреждена в 2019 г. совместно с Национальным объединением застройщиков жилья и профильными комитетами ТПП РФ и РСПП.

Более подробно с информацией об участниках и представленной продукции можно ознакомиться в интернет-каталоге выставки RosBuild 2022 (www.rosbuild-expo.ru)

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА

Многоплановая деловая программа-форум «Российской строительной недели» под общим названием «**Строим будущее России вместе**» включила 64 мероприятия.

Работу форума открыло пленарное заседание «Развитие жилищного строительства

в Российской Федерации» с участием руководителей строительного комплекса страны, отраслевых ассоциаций и крупных строительных компаний. Организаторы: НОЗА, НОСТРОЙ, НОПСМ, АО «Экспоцентр».

По видеосвязи к участникам обратился заместитель Председателя Правительства РФ **Марат Хуснуллин**. Он подчеркнул актуальность и важность диалога представителей власти и бизнеса по вопросам развития строительной отрасли и, как следствие, повышения уровня жизни граждан. Строительная отрасль, по его мнению, должна продолжать созидать новое вопреки трудностям сегодняшней ситуации.

Участники заседания обсудили ситуацию в отрасли с учетом сегодняшнего положения дел, меры господдержки, ипотечное кредитование, цифровизацию отрасли, проблемы столичного градостроительного комплекса, конкретные шаги для их оперативного решения и другие актуальные вопросы.

По окончании пленарного заседания состоялось награждение победителей ежегодного **градостроительного конкурса жилых комплексов-новостроек «Топ ЖК-2022»**.

НОСТРОЙ, НОЗА и АО «Экспоцентр» организовали **круглый стол «Государственные закупки и ценообразование в строительстве»**. Выступивший на круглом столе президент НОСТРОЙ **Антон Глушков** обратил внимание на проблемы заключения и исполнения государственных контрактов на всех этапах строительных работ.

Параллельно НОСТРОЙ провел **круглый стол «Споры о качестве квартир в новостройках: судебная практика и проблемы правового регулирования»**. Его участники рассмотрели региональную практику работы застройщика по досудебному устранению недостатков нового жилья и предложения профессионального сообщества по совершенствованию законодательства.

В рамках выставки прошли круглые столы, посвященные развитию рынка арендного жилья, «зеленому» жилищному строительству и ЖКХ, потенциалу комплексного развития территорий, финансированию городской инфраструктуры, потребительским качествам новостроек, инструментам стимулирования инвестиционной деятельности





в сфере жилищного строительства, архитектуре жилищного строительства, типовому проектированию в ИЖС, достройке проблемных объектов долевого строительства, основным направлениям развития технического регулирования в строительстве, освоению масштабных свободных территорий и другим актуальным темам.

Большой интерес у профессионального сообщества вызвала V конференция «Малоэтажная Россия-2022», организованная Союзом проектировщиков России, Национальным объединением участников строительной индустрии (НОСИ), Ассоциацией «Национальное объединение застройщиков жилья» (НОЗА), АО «Экспоцентр». Модератором конференции выступил президент НОСИ **Александр Лощенко**.

Актуальность заявленной темы отметил председатель Комитета ТПП РФ по предпринимательству в сфере строительства **Ефим Басин**. Он напомнил, что приняты законодательные акты, которые приравнивают строительство и финансирование индивидуального жилищного строительства к многоэтажному, что действуют все преференции, в том числе и ипотека. Профильный комитет ТПП РФ предложил ряд мер по поддержке малоэтажного строительства, указав на необходимость сохранить льготную ипотеку и разрешать контракты по твердым ценам.

Участники конференции также уделили внимание строительству малоэтажных поселков в Подмосковье, проектированию и строительству деревянных многоэтажных зданий, созданию проектно-технологического кластера в строительной отрасли, пожаробезопасным кровельным технологиям и материалам. Разговор получился конструктивным и полезным.

Отдельной темой деловой программы стала цифровизация в строительстве и управление многоквартирными домами. Национальное объединение организаций в сфере технологий информационного моделирования (НОТИМ), НОЗА и АО «Экспоцентр» провели **круглый стол «Развитие управляемых государством информационных систем**

в градостроительстве». По словам модератора, президента НОТИМ и руководителя Комиссии по цифровизации строительной отрасли Общественного совета при Минстрое России Михаила Викторова, тема цифровизации в каждом из отраслевых объединений сейчас играет ключевую роль, и Минстрой, Росреестр, Минцифры прилагают большие усилия к развитию информационных систем.

На конференции Profitbase и EP3. РФ «**Цифровая трансформация девелопмента: вчера, сегодня, завтра**» ведущие эксперты отрасли обсудили опыт цифровой трансформации ведущих компаний, будущее рынка в текущих реалиях и перспективные технологии, влияние санкций на IT-продукты. По их оценкам, самые большие проблемы для отрасли связаны с потенциальным оттоком кадров и ограничением на использование иностранного ПО.

Повышенный интерес у специалистов вызвала конференция «**Управление многоквартирными домами — кейсы для застройщика**», организованная Высшей школой экономики, НОЗА, АО «Экспоцентр». Выступления затронули проблемы, которые может предотвратить застройщик; концепции управления, позволяющие обеспечить заявленный комфорт проживания; управление объектами жилой недвижимости, взаимодействие жильцов с управляющей компанией как средство улучшения продуктовой политики для застройщика и другие полезные вопросы.

Внимание аудитории привлекли: конференция «**Цифровая трансформация девелопмента: вчера, сегодня, завтра**», круглые столы «**ВМ-технологии в строительстве**», «**Умный дом — тренд современного жилья**», «**Цифровизация в кадровом обеспечении строительства**».



Интересные мероприятия организовали Институт пассивного дома и АО «Экспоцентр»: **24-ю международную конференцию «Технологии проектирования и строительства энергоэффективных зданий Passive House» и семинары «Энергоэффективные технологии в строительстве»**.

Применение новых технологий и решений на основе алюминия в строительстве обсудили участники конференции «Передовые технологии и инновационные материалы на основе алюминия для «зеленой» архитектуры и строительства», организованной Алюминиевой Ассоциацией и АО «Экспоцентр».

В этот же день прошла конференция «**Взаимодействие застройщика и риелтора: точки роста**», организованная Российской гильдией риелторов, Ассоциацией «Национальное объединение застройщиков жилья» (НОЗА) и АО «Экспоцентр».

Аналитический обзор «Современные вызовы российского рынка жилья» представил директор ООО «АЦ «КД-консалтинг», сертифицированный Российской гильдией риелторов аналитик-консультант рынка недвижимости **Алексей Скоробогач**. О трейд-ин для застройщика как гарантированном инструменте увеличения объемов продаж говорили на конференции генеральный директор ЦН «ПРО.КОМПЛЕКС» **Татьяна Копыстырская** и вице-президент Гильдии риелторов Москвы **Андрей Банников**. Участники конференции также обсудили инвестиции в первичную недвижимость, возможности покупки и сроки окупаемости.

В заключительный день были также проведены: конференция «Тренды и технологии в продажах первичной недвижимости: взгляд риелтора», тематические круглые столы — «**Постпродажное сопровождение застройщиком жилой новостройки**», «**Деньги в землю. Грамотные инвестиции в участок под строительство**», «**Постпродажное сопровождение застройщиком жилой новостройки**» и ряд других мероприятий.

«Российская строительная неделя-2022» прошла эффективно и показала хорошие результаты, о чем свидетельствуют отзывы участников и гостей. Отраслевые специалисты и заинтересованные участники ознакомились с образцами новой продукции, провели удачные переговоры, заключили контракты, обсудили новые вызовы, с которыми столкнулась отрасль, поделились вариантами решений, нашли новых партнеров, запланировали шаги по развитию бизнеса. Неделя стала полезным и важным событием для строительной отрасли.

АО «Экспоцентр» выражает особую благодарность Министерству строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, Министерству промышленности и торговли РФ, профильным союзам и ассоциациям, Торгово-промышленной палате России, а также всем партнерам выставки, компаниям Schneider Electric и Tax&Legal Management за поддержку в организации «Российской строительной недели-2022».

4-я Международная выставка RosBuild 2023 пройдет с **28 февраля по 3 марта 2023 г.** в ЦВК «Экспоцентр» в рамках «Российской строительной недели-2023».

Пресс-служба АО «Экспоцентр»

И.С. КУЗНЕЦОВА, канд. техн. наук (1747139@mail.ru),
В.Г. РЯБЧЕНКОВА, инженер, Д.В. АКОПЯН, инженер

Лаборатория температуростойкости и диагностики бетона и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева,
АО «НИЦ «Строительство» (141367, Московская обл., г. Сергиев Посад, пос. Загорские Дали, 6-11)

Огнестойкость плитных конструкций из фибробетона с добавкой стеклопластиковой макрофибры

Приведены результаты экспериментальных исследований огнестойкости плитных конструкций из фибробетона с добавкой стеклопластиковой макрофибры. Огневым испытаниям подлежали натурные плиты сплошного сечения с армированием стальной арматурой и арматурой стеклокомпозитной. В ходе экспериментов проверялась возможность повышения предела огнестойкости плит с композитной арматурой за счет введения стеклопластиковой макрофибры в бетон, по аналогии с полипропиленовой микрофиброй. По результатам исследований установлено, что введение стеклопластиковой макрофибры в бетон не увеличивает предела огнестойкости по потере несущей способности плитных конструкций, но повышает интенсивность взрывообразного разрушения бетона и степень поврежденности обогреваемой поверхности при пожаре, а в тонкостенных конструкциях толщиной 50 мм приводит к образованию сквозных трещин, отверстий и наступлению предела огнестойкости по потере целостности. Кроме того, стеклопластиковая макрофибра обладает повышенной токсичностью при пожаре, что обуславливает необходимость ограничения области ее применения для зданий жилищного, общественного и промышленного назначения, особенно разного рода тоннелей, где эксплуатация объектов связана с массовым пребыванием людей.

Ключевые слова: пожар, предел огнестойкости, плитные конструкции, взрывообразное разрушение бетона, фибробетон, стеклопластиковая макрофибра, арматура стеклокомпозитная.

Для цитирования: Кузнецова И.С., Рябченкова В.Г., Акопьян Д.В. Огнестойкость плитных конструкций из фибробетона с добавкой стеклопластиковой макрофибры // *Бетон и железобетон*. 2022. № 2 (610). С. 10–19. DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-10-19>

I.S. KUZNETSOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (1747139@mail.ru),
V.G. RYABCHENKOVA, Engineer, D.V. AKOPYAN, Engineer

Laboratory of Temperature Resistance and Diagnostics of Concrete and Reinforced Concrete Structures, NIIZHB named after A.A. Gvozdev,
JSC "Research Center of Construction" (6-11, Zagorskiye Dali Settlement, 141376, Sergiyev-Posad, Moscow Oblast, Russian Federation)

Fire Resistance of Fibroconcrete Slab Structures with Addition of Fiberglass Macrofiber

The results of experimental studies of fire resistance of slab structures made of fibroconcrete with the addition of fiberglass macrofiber are presented. Full-scale plates of solid cross-section with steel reinforcement and glass composite reinforcement were subjected to fire tests. During the experiments, the possibility of increasing the fire resistance limit of plates with composite reinforcement due to the introduction of fiberglass macrofiber into concrete, by analogy with polypropylene microfiber, was checked. According to the research results, it was found that the introduction of fiberglass macrofiber into concrete does not increase the fire resistance limit by loss of bearing capacity of slab structures, but increases the intensity of explosion-like destruction of concrete and the degree of damage to the heated surface in case of fire, and in thin-walled structures with a thickness of 50 mm leads to the formation of through cracks, holes and the onset of the fire resistance limit by loss of integrity. In addition, fiberglass macrofiber has increased toxicity in case of fire, which makes it necessary to limit the scope of its application for housing, public and industrial buildings, especially various types of tunnels where the operation of objects is associated with the mass stay of people.

Keywords: fire, fire resistance limit, slab structures, explosion-like destruction of concrete, fibrous concrete, fiberglass macrofiber, glass composite reinforcement.

For citation: Kuznetsova I.S., Ryabchenkova V.G., Akopyan D.V. Fire resistance of fibroconcrete slab structures with addition of fiberglass macrofiber. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2022. No. 2 (610), pp. 10–19. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-10-19>

Применение разного рода фибр в качестве добавки в бетон вошло в практику строительства в конце 1970-х гг., когда постановлением Совета Министров СССР от 3 января 1977 г. № 2 «О некоторых мерах по повышению технического уровня производства железобетонных конструкций и более эффективному использованию их в строительстве» было рекомендо-

вано усилить внимание к работам по созданию новых, более эффективных железобетонных конструкций, в том числе за счет применения новых видов армирования, включая дисперсное армирование с применением различных видов высокопрочных волокон [1, 2].

Одним из главных достоинств фибробетона является то, что фибробетон позволяет существенно сни-

зять трудозатраты на арматурные работы, повысить степень механизации бетонных работ и расширить область применения эффективных конструктивных решений зданий и сооружений [3].

Фибробетоны и конструкции из них широко применяются в Германии, Японии, США, ЮАР и других зарубежных странах.

В отечественной строительной индустрии применение фибробетонов с добавлением разного рода микро- и макрофибр (полипропиленовых, стальных, базальтовых, стеклопластиковых, полиамидных) весьма ограничено, в том числе по причине того, что технические условия на изготовление изделий из фибробетона разработаны не для всех разновидностей фибр. Базовым нормативным документом, определяющим особенности расчета фибробетонных конструкций, в которых предусмотрено применение разных видов фибры, является СП 297.1325800.2017 «Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования (с Изменением № 1)».

Исследования при обычных температурных условиях показали, что дисперсное армирование бетонов повышает их трещиностойкость, ударостойкость, износостойкость, стойкость бетона к воздействию агрессивной среды, позволяет сократить рабочие сечения конструкций, а в ряде случаев позволяет заменить стержневую арматуру или уменьшить ее расход [4, 5].

Каждый род фибр оптимизирует определенные специфические свойства фибробетона. Выбор того или иного вида фибры в качестве добавки в бетон зависит от целей достижения заданных эффектов, так как все фибробетоны с добавками разного рода фибр имеют как преимущества, так и недостатки, которые необходимо учитывать.

Например, введение в бетон стальной фибры создает дисперсное армирование конструкции, способствует повышению прочности на растяжение и трещиностойкости железобетонных конструкций, в некоторых случаях может заменять стержневую арматуру [6]. Но при этом фибробетон со стальной фиброй отличается большим объемным весом и теплопроводностью по сравнению с обычным тяжелым бетоном. Кроме того, существует проблема равномерного распределения стальной фибры в объеме бетонной смеси.

Исследованиями установлено, что введение полипропиленовой микрофибры в бетон способствует уменьшению расслаивания бетонной смеси, повышению стойкости к истиранию, ударным нагрузкам, химическому воздействию, а также снижает интенсивность или исключает взрывообразное разрушение бетона при пожаре, что является важным эффектом для обеспечения предела огнестойкости железобетонной конструкции [7, 8]. Но при этом

следует учитывать, что полипропиленовая микрофибра не выполняет функцию дисперсного армирования как такового, а прочность бетона снижается на 5–15% после введения полипропиленовой микрофибры [9].

При рассмотрении вопроса о возможности повышения огнестойкости конструкций из фибробетона актуальны характеристики размеров и оптимального расхода волокна при дисперсном армировании. По данным исследований, при высоком расходе фибры фибробетон и конструкции на его основе предрасположены к взрывообразному разрушению, а при низком расходе применение фибры становится бесполезным, так как прочность фибробетона снижается и конструкции обладают меньшим пределом огнестойкости [8–9].

Способ снижения интенсивности или исключения взрывообразного разрушения бетона при пожаре путем введения в бетон полипропиленовой микрофибры широко известен и вошел в европейские нормы по огнестойкости (Еврокод 2, Ч. 1–2). Эффективным количеством полипропиленовой микрофибры считается 2 кг/м³.

В исследованиях от 2017 г., проведенных в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, установлено оптимальное количество полипропиленовой микрофибры в бетон в количестве 1 кг/м³, при котором сводится к минимуму или исключается взрывообразное разрушение обычного тяжелого бетона классов В30–В40 при пожаре (Отчет по научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе «Проведение огневых испытаний и формирование требований к огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций». АО «НИЦ «Строительство», 2017. 271 с.).

Добавка стеклопластиковой макрофибры в бетон при нормальных температурных условиях применяется для дисперсного армирования. Абсолютные значения предела прочности у стеклопластика несколько ниже, чем у стали, но при этом стеклопластик показывает большую удельную прочность. Удельный вес стеклопластика в 3,5 раза меньше стали, что снижает собственный вес конструкций. Стеклопластиковая макрофибра относится к разновидности композитного материала и популяризируется в строительной индустрии.

До недавних пор оставалось неизученным влияние добавки стеклопластиковой макрофибры в бетон на эффект взрывообразного разрушения бетона при пожаре. Поскольку стеклопластиковая макрофибра при нормальных температурных условиях является дисперсной арматурой в бетоне, повышая его прочность и трещиностойкость, существовало предположение, что дисперсия стекловолокон, обладающих достаточной термостойкостью, обеспечит снижение

интенсивности взрывообразного разрушения бетона при пожаре и будет способствовать повышению предела огнестойкости конструкций.

Результаты испытаний фибробетонов со стеклопластиковой макрофиброй практически отсутствуют в периодических научных изданиях в связи со сравнительно недавним промышленным освоением выпуска данного вида композитного материала. Отдельные исследования позволяют сказать, что при применении стеклопластиковой макрофибры проявляются эффекты, присущие как высокомодульной фибре, так и синтетическим низкоимодульным видам. Подробное изучение свойств этого вида фибры является предметом будущих исследований.

Стеклопластиковая макрофибра (далее – ФСК) является одной из разновидностей композитных материалов нового поколения и изготавливается по методу пултрузии путем протяжки стеклянных нитей через фильеру, нагретую до определенной температуры, при которой осуществляется полимеризация матрицы. По внешнему виду стеклопластиковая макрофибра напоминает стеклянные иглы с наружной оболочкой из полимерного материала (рис. 1). Длина фибр, как правило, составляет ~40 мм, толщина 0,7–0,9 мм, плотность 1,54 г/см³, модуль упругости ~50 ГПа (определенный на образцах арматуры диаметром 4 мм, изготовленных из тех же материалов и по той же технологии).

Фибробетон с ФСК в основном применяется при устройстве промышленных полов, подвальных стен, дорожных покрытий, фундаментных плит, плит на упругом основании и виброуплотненных сваях. Стремление к расширению области применения стеклопластиковой макрофибры в сферах гражданского и жилищного строительства на современном этапе требует изучения поведения фибробетонов и конструкций из них в условиях пожара. Это обусловлено необходимостью обеспечения требований конструктивной пожарной безопасности и огнестойкости строительных конструкций согласно ст. 8 Федерального закона от 30.12.2010 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и ст. 87 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Поскольку стеклопластиковая макрофибра выполняет роль дисперсного армирования конструкций, в практике маркетинговых ходов она позиционируется не только в качестве эффективного средства для повышения трещиностойкости и сопротивляемости раскрытию трещин при нормальной температуре, но также в качестве средства повышения огнестойкости конструкций (последнее – без доказательной базы, по аналогии с полипропиленовой микрофиброй) при

строительстве различных типов зданий и сооружений, а также при строительстве тоннелей.

Следовательно, проверка эффективности введения ФСК в бетон с целью повышения огнестойкости железобетонных конструкций способствует решению вопросов пожарной безопасности конструкций и зданий в целом.

В 2017 г. специалистами АО «НИЦ «Строительство» проведены исследования огнестойкости фибробетонных плит из бетона с добавкой ФСК путем проведения огневых испытаний натуральных плитных конструкций на базе испытательной лаборатории Научно-испытательного центра пожарной безопасности ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Отчет по научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе «Исследование бетонных конструкций, армированных фиброй композитной полимерной и арматурой композитной полимерной (АКП), на воздействие пожара». М.: АО «НИЦ «Строительство», 2019. 128 с.).

Огневые испытания подвергались крупногабаритные плиты перекрытий сплошного сечения размерами 4200×1200 мм и толщиной 140 мм (два образца), а также малогабаритные тонкие плиты размерами 1100×1100 мм и толщиной 50 мм (четыре образца), имитирующие тонкостенные полки ребристых плит.

Все образцы плит были изготовлены из обычного тяжелого бетона класса В45 с добавкой полипропиленовой микрофибры в количестве 1 кг/м³ в сочетании со стеклопластиковой макрофиброй в количестве 8 кг/м³. Комплексная добавка фибр вводилась с це-



Рис. 1. Стеклопластиковая макрофибра ФСК
Fig. 1. FSK fiberglass macrofiber



Рис. 2. Вид огневой установки и крупногабаритных плит, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой, перед огневым испытанием

Fig. 2. View of the fire installation and large-sized plates, loaded with a uniformly distributed load, before the fire test

люю изучения их влияния на огнестойкость и процесс взрывообразного разрушения бетона при пожаре.

Рабочее армирование крупногабаритных плит выполнено горячекатаной арматурой класса А500С в количестве семи стержней диаметром 16 мм при толщине нижнего защитного слоя бетона касательно к арматуре 25 мм.

Армирование малогабаритных тонких плит было выполнено проволоочной сеткой $\varnothing 5$ с ячейкой 200×200 мм класса Вр-I. Толщина нижнего защитного слоя бетона касательно к арматурной сетке (со стороны обогреваемой поверхности) составляла 15 мм.

Для сопоставительного анализа огневым испытаниям также подлежали контрольные серии идентичных крупногабаритных и мелкогабаритных плит из обычного тяжелого бетона класса В45 без добавок фибр.

Огневые испытания крупногабаритных и малогабаритных ЖБК плит перекрытий проводились под действием постоянной равномерно распределенной нагрузки по методикам ГОСТ 30247.0–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» и ГОСТ 30247.1–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции» (рис. 2).

Для крупногабаритных плит перекрытий за предельное состояние по потере несущей способности принималось достижение предельного прогиба согласно методике приложения А ГОСТ 30247.1–94 (200 мм). Фактическая влажность крупногабаритных плит из фибробетона перед испытанием составляла 5,35–5,85%.

Для малогабаритных тонких плит перекрытий за предельное состояние принимались критерии поте-



Рис. 3. Характерный вид образца № 1 малогабаритной тонкой плиты на огневой установке после огневого испытания

Fig. 3. Typical view of sample No. 1 of a small-sized thin plate on a fire installation after a fire test

ри целостности вследствие образования сквозных отверстий, трещин и потери теплоизолирующей способности при нагреве необогреваемой поверхности свыше 220°C (рис. 3). Фактическая влажность в образцах малогабаритных плит из фибробетона перед испытанием варьировалась в пределах 5,4–6,2%.

По результатам огневых испытаний установлено, что предельное состояние опытных образцов крупногабаритных плит наступило по критерию предельного прогиба через 184 мин от начала огневого воздействия. К моменту окончания огневого испытания средняя температура на необогреваемой поверхности плит не превышала 171°C . В процессе огневого испытания и на момент его окончания образования сквозных трещин или отверстий в плитах не зафиксировано. Предел огнестойкости крупногабаритных плит наступил по признаку потери несущей способности и составил R 184.

В ходе эксперимента взрывообразное разрушение бетона плит присутствовало с 15-й по 30-ю минуту испытания. По результатам визуального осмотра после огневого испытания выявлено присутствие локальных зон взрывообразного разрушения бетона в виде сколов на глубину не более 20 мм, без оголения продольной рабочей арматуры. Наиболее глубокие сколы бетонных лещадей наблюдались вдоль граней плит и в местах скопления макроволокон ФСК в поверхностном слое плит (рис. 4).

В контрольной серии крупногабаритных плит из обычного тяжелого бетона предел огнестойкости наступал по признаку потери несущей способности и составил R 175. Поверхность контрольных плит после испытания имела повреждения целостности вследствие взрывообразного разрушения бетона на

глубину не более 15 мм, без оголения продольной рабочей арматуры (рис. 5).

Сопоставительный анализ результатов огневых испытаний и осмотра поверхностей плит после испытаний (рис. 4, 5) показывает, что комплексная добавка полипропиленовой микрофибры и макрофибры ФСК в бетон повышает предел огнестойкости крупногабаритных плит сплошного сечения на 5%, несмотря на наличие взрывообразного разрушения бетона при нагреве. Наибольшая интенсивность и область распространения взрывообразного разрушения бетона наблюдались по поверхности плит из бетона без добавки фибр.

В параллельно испытанной серии аналогичных крупногабаритных плит из бетона с добавкой полипропиленовой микрофибры в количестве 1 кг/м^3 (без добавки ФСК) взрывообразное разрушение бетона отсутствовало. Следовательно, можно предположить, что снижение интенсивности взрывообразного разрушения в плитах из бетона с комплексной добавкой фибр достигнуто за счет введения полипропиленовой микрофибры, но не стеклопластиковой макрофибры.

Следует обратить особое внимание на выявленный в эксперименте факт, что фибробетон с ФСК обладает токсичностью при пожаре. В процессе огневого испытания крупногабаритных плит из бетона с комплексной добавкой фибр в вентилируемом помещении испытательной лаборатории ощущался устойчивый едкий токсичный запах, вызывавший удушье и слезотечение у экспериментаторов, негативно повлиявший на их самочувствие в течение последующих двух-трех дней. В процессе огневого испытания токсичный запах распространялся на значительное расстояние от здания испытательной лаборатории. В ранее проведенных огневых испытаниях аналогичных плит из фибробетона с добавкой полипропиленовой микрофибры (без ФСК) подобного токсичного явления не наблюдалось. Следовательно, ФСК обладает повышенной токсичностью при огневом воздействии и в случае реального пожара может негативно влиять на работу пожарной команды, самочувствие пожарных, вызывать отравление людей в смежных или близко расположенных



Рис. 4. Характерный вид обогреваемой поверхности крупногабаритной плиты из фибробетона после испытания

Fig. 4. Typical view of the heated surface of a large-sized fiber-reinforced concrete slab after testing



Рис. 5. Характерный вид обогреваемой бетонной поверхности контрольной серии плит после огневого испытания

Fig. 5. Typical view of the heated concrete surface of the control series of slabs after the fire test

к пожару помещениях и пространствах. Токсичность ФСК при пожаре обуславливает необходимость ограничения области ее применения для зданий жилищного, общественного и промышленного назначения.

В последующих исследованиях был проведен отдельный эксперимент по проверке токсичности макрофибры ФСК при горении по методике ГОСТ 12.1.044–2018 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения», но фактор опасной токсичности не был освидетельствован вследствие несовершенства существующей методики испытаний на токсичность (по летальному исходу группы лабораторных мышей в камере с продуктами горения). По результатам испытаний на токсичность установлено, что бетон с добавкой ФСК относится к группе малоопасных материалов (Т1).

Далее приведены результаты огневых испытаний тонких малогабаритных плит толщиной 50 мм, имитирующих полки ребристых плит перекрытий.

По результатам огневых испытаний выявлено, что при огневом воздействии в тонких плитах образовались сквозные трещины или отверстия, предел огнестойкости наступал по признаку потери целостности

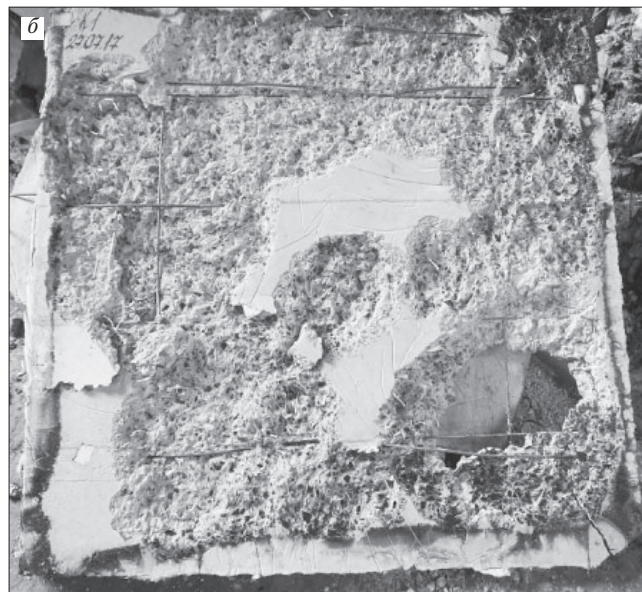


Рис. 6. Характерный вид бетонных поверхностей тонких малогабаритных плит из обычного тяжелого бетона (а) и фибробетона с добавкой ФСК (б) после огневого испытания

Fig. 6. A characteristic view of the concrete surfaces of thin small-sized slabs of ordinary heavy concrete (a) and fiber-reinforced concrete with the addition of FSK (b) after a fire test

и составил E30–E36. Начало взрывообразного разрушения бетона в виде сколов лещадей со стороны обогреваемой поверхности наблюдалось на 13-й – 15-й минутах огневого испытания, и после испытания поверхности плит имели повреждения целостности практически по всей площади поверхности плит на глубину до 25–30 мм (рис. 6, б).

В контрольной серии малогабаритных тонких плит из обычного тяжелого бетона предел огнестойкости наступил по признаку потери теплоизолирующей способности и составил I 59, т. е. превышал предел огнестойкости тонких фибробетонных плит почти в два раза. При этом сквозные отверстия и трещины в контрольной серии отсутствовали (рис. 6, а).

Сопоставительный анализ результатов огневых испытаний тонких плит показал, что применение стеклопластиковой макрофибры в качестве добавки в бетон для тонких плит неприемлемо, так как ФСК дестабилизирует структуру бетона, является концентратором напряжений, приводит к сквозным повреждениям плит в виде трещин и отверстий, значительно снижает их предел огнестойкости.

В 2019 г. исследования огнестойкости фибробетона с добавкой ФСК были продолжены для плит, армированных арматурой композитной полимерной (АКП). В отличие от огневых испытаний 2017 г. в бетоне присутствовала добавка только стеклопластиковой макрофибры (ФСК), без добавления полипропиленовой микрофибры, что позволило наблюдать эффект влияния ФСК на огнестойкость конструкций.

В статье не приведены производители стеклопластиковой макрофибры, поскольку выявленные эф-

фекты от ее введения в бетон идентичны и не зависят от производителя.

Целью исследований являлось получение экспериментальных данных по техническим параметрам, определяющим возможность применения ФСК для армирования бетонных конструкций со стеклокомпозитной арматурой для повышения огнестойкости.

Огневым испытаниям подвергались крупногабаритные плиты перекрытий сплошного сечения размерами 4200×1200 мм и толщиной 140 мм, по геометрии аналогичные серийным огневым испытаниям, проведенным в 2017 г. Фибробетонные плиты изготавливались из обычного тяжелого бетона клас-

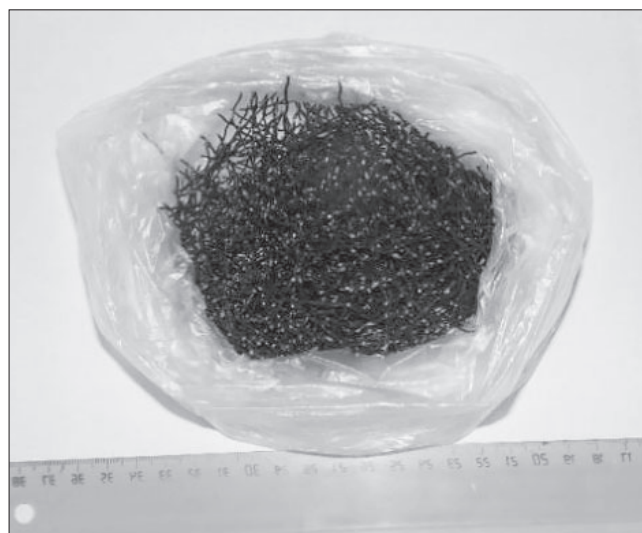


Рис. 7. Внешний вид фибры композитной полимерной (ФКП)
Fig. 7. Appearance of composite polymer fiber (PCF)

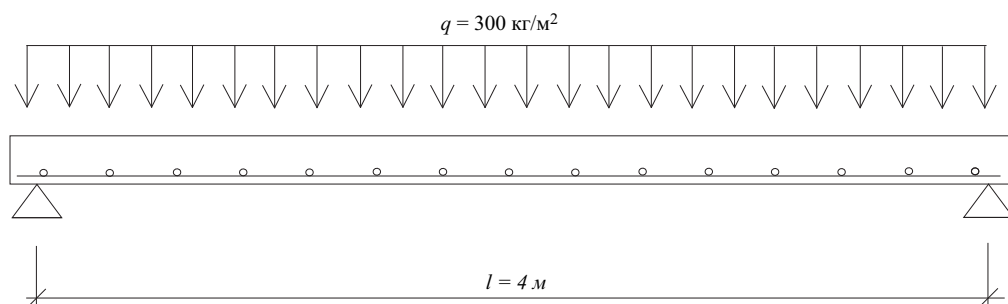


Рис. 8. Принципиальная схема нагружения плит из фибробетона с ФКП равномерно распределенной нагрузкой 300 кг/м²

Fig. 8. Schematic diagram of the loading of fiber-reinforced concrete slabs with FKP with a uniformly distributed load of 300 kg/m²

са В40 с добавкой только макрофибры ФСК в количестве 8 кг/м³ (рис. 7), без добавления полипропиленовой микрофибры.

Армирование плит было выполнено стержневой арматурой стеклокомпозитной (далее – АСК) в количестве, требуемом по расчету по первой группе предельных состояний.

Огневым испытаниям подвергалось несколько серий плит с вариативностью параметров, позволяющих проанализировать влияние добавки макрофибры ФКП в бетон на огнестойкость и взрывообразное разрушение конструкции при пожаре:

Серия Б – серия плит, изготовленных из обычного тяжелого бетона класса В40 с армированием стержневой АСК;

Серия Г – серия плит, изготовленных из фибробетона с добавкой макрофибры ФСК по ТУ 23.14.12-072-17411121–2019 в количестве 8 кг/м³ с армированием стержневой АСК.

Толщина защитного слоя бетона касательно к нижней рабочей арматуре во всех сериях плит составляла 25 мм.

Огневые испытания плит проводились в испытательной лаборатории ООО НИЭЦ «Стройтест» (г. Алексин, Тульская обл.) по методикам ГОСТ 30247.0–94 и ГОСТ 30247.1–94, согласно которым для изгибаемых элементов критериями наступления предела огнестойкости являются следующие предельные состояния:

- потеря несущей способности (R) вследствие обрушения конструкции, или возникновения критического прогиба в середине пролета величиной 1/20 пролета (для плит пролетом 4 м предельный прогиб составляет 200 мм), или критической скорости нарастания деформации по приложению А ГОСТ 30247.1–94 (для опытных плит – более 1,3 см/мин);
- потеря целостности (E);
- потеря теплоизолирующей способности (I).

Одновременно проводилось огневое испытание двух идентичных плит в каждой серии. Нагружение плит производилось равномерно распределенной нагрузкой, равной 300 кг/м² для серий Б и Г. Принципиальная схема нагружения плит показана на рис. 8.

Перед испытанием нагружение плит производилось бетонными блоками (рис. 9).

В ходе огневых испытаний прогиб плит контролировался по прогибомерам.

В серии Г плит из фибробетона с армированием АСК до огневого испытания начальный прогиб составил 16,1 и 20,5 мм. Фактическая средняя влажность бетона плит по массе составляла 4,1–4,3%.

В процессе огневых испытаний всех серий плит начало взрывообразного разрушения бетона зафиксировано на 12-й минуте огневого воздействия и продолжалось до 40-й минуты испытания. При этом в серии Г частота хлопков от взрывообразного раз-



Рис. 9. Характерный вид нагруженных плит из фибробетона с ФКП на огневой установке в процессе огневого испытания

Fig. 9. A typical view of loaded fiber-reinforced concrete slabs with FKP on a fire installation during a fire test

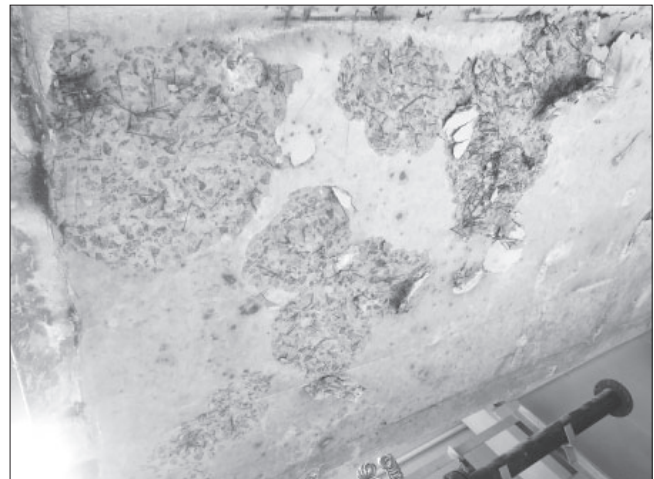


Рис. 10. Обширные участки взрывообразного разрушения обогреваемой поверхности плит из фибробетона с оголением АСК
Fig. 10. Extensive areas of explosive destruction of the heated surface of fiber-reinforced concrete slabs with exposure of ASC



Рис. 11. Характерный вид плит серии Б после обрушения в пространство печи и после охлаждения
Fig. 11. Characteristic view of series B slabs after collapse into the furnace space and after cooling

рушения высокая, с периодичностью 1–3 мин, звук хлопков приглушенный. В серии Б частота взрывообразного разрушения редкая (одиночные взрывы), звук громкий и резкий.

В серии Г на 47-й минуте огневого воздействия произошло обрушение одной из фибробетонных плит, и испытание было приостановлено. Предел огнестойкости плит из фибробетона с армированием композитной арматурой был достигнут по потере несущей способности и составил R 47.

Прогиб плиты серии Г перед обрушением составлял 158 мм и был значительно меньше критического

прогиба по ГОСТ 30247.1–94 (200 мм). Прогиб второй необрушенной плиты к моменту отключения огневой установки составлял 119 мм, после отключения огневой установки в течение двух последующих минут наблюдалось уменьшение (обратимость) прогиба до 112,4 мм, затем прогиб плиты заново начал увеличиваться с нарастающей скоростью, что неминуемо привело к ее обрушению.

После остывания плит произведен осмотр обогреваемых поверхностей и выявлены обширные участки взрывообразного разрушения бетона на глубину до 25 мм и более с локальными участками оголения

стержней АСК (рис. 10). При этом установлено, что стержни АКП утратили целостность за счет полного выгорания связующего и превратились в пучок стеклонитей.

На момент обрушения температура нагрева стержней АСК варьировалась в пределах 240–430°C и в среднем составила 335°C. Максимальная температура необогреваемой поверхности плит к моменту обрушения составляла 55–60°C.

Следует упомянуть, что в процессе огневого испытания плит серии Г проявлялся эффект их токсичности, аналогичный испытаниям аналогичных конструкций на огнестойкость в 2017 г. И только благодаря заранее предусмотренной дополнительной интенсивной вентиляции и применению средств индивидуальной защиты удалось избежать негативного влияния токсических веществ на экспериментаторов.

Предел огнестойкости по потере несущей способности серии Б натуральных плит (из обычного тяжелого бетона с армированием АСК) составил R47 и был достигнут вследствие обрушения плит (рис. 11). Перед обрушением прогибы плит составляли 143 и 135 мм, что значительно меньше критического прогиба по ГОСТ 30247.1–94.

Следует отметить, что в процессе огневого испытания плит серий Б и Г прогибы нарастали практически с постоянной скоростью 2–3 мм/мин, которая резко увеличивалась за 1–2 мин до разрушения.

Анализируя общий характер поведения плитных бетонных конструкций с АСК при пожаре, следует отметить, что их предел огнестойкости наступает путем внезапного хрупкого разрушения, что связано с прогревом АСК до критической температуры [10].

Предельный прогиб бетонных и фибробетонных плит с АСК перед разрушением был значительно меньше предельного прогиба, указанного в приложении А ГОСТ 30247.1–94. Следовательно, критерий наступления предельного состояния по потере

несущей способности для изгибаемых конструкций, указанный в приложении А ГОСТ 30247.1–94, неприменим для бетонных изгибаемых конструкций, армированных АСК.

Сопоставляя результаты огневого испытания плит серий Б и Г, отличающихся видом бетона (серия Б – из обычного тяжелого бетона, серия Г – из фибробетона), можно сделать следующие выводы:

1. Введение стеклопластиковой макрофибры в бетон неэффективно с позиций обеспечения огнестойкости конструкций, т. е. не влияет на предел огнестойкости по потере несущей способности плитных конструкций из фибробетона с ФСК, но способствует увеличению интенсивности взрывообразного разрушения бетона при пожаре.

2. Функция дисперсного армирования за счет введения стеклопластиковой макрофибры в бетон при пожаре не проявляется.

3. Введение стеклопластиковой макрофибры в бетон увеличивает интенсивность взрывообразного разрушения бетона при пожаре.

4. Не следует применять фибробетон с добавкой стеклопластиковой макрофибры в тонкостенных конструкциях (например, в ребристых плитах или панелях-скорлупах), т. е. введение макрофибры снижает как минимум в два раза их предел огнестойкости, приводит к образованию сквозных отверстий и трещин при пожаре. При этом предел огнестойкости тонкостенных конструкций наступает по признаку потери целостности.

5. При пожаре бетон с добавкой стеклопластиковой макрофибры обладает повышенной токсичностью, опасной для здоровья людей, что может являться причиной ограничения области его применения для зданий жилищного, общественного и промышленного назначения, особенно разного рода тоннелей, где эксплуатация объектов связана с массовым пребыванием людей.

Список литературы

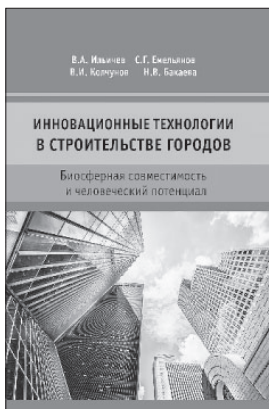
1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Высшая школа, 1987. 529 с.
2. Волков И.В. Фибробетон: технико-экономическая эффективность применения // Промышленное и гражданское строительство. 2002. № 9. С. 23–25.
3. Абрамян С.Г., Пианов Е.М., Курбанов И.З. Краткий обзор научных публикаций: современный взгляд на проблему получения и применения фибробетона // *Инженерный вестник Дона*. 2018. № 2. С. 7–10.
4. Ключев С. В. Экспериментальные исследования фибробетонных конструкций с различными ви-

References

1. Bazhenov Yu.M. *Tekhnologiya betona* [Concrete technology]. Moscow: Vysshaya shkola. 1987. 529 p.
2. Volkov I.V. *Fiber-reinforced concrete: technical and economic efficiency of application*. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2002. No. 9, pp. 23–25.
3. Abrahamyan S.G., Piunov E.M., Kurbanov I.Z. A brief review of scientific publications: a modern view on the problem of obtaining and using fiber-reinforced concrete. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2018. No. 2, pp. 7–10. (In Russian).
4. Klyuev S. V. Experimental studies of fiber-reinforced concrete structures with different types of fibers.

- дами фибр // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 2 (33). Ч. 1. С. 39–44.
- Лабри Дж.А., Полдер Р.Б. Влияние полипропиленовых волокон на бетон: микроструктура после испытаний на огнестойкость и миграция хлоридов // TNO Build Environment and Geosciences, Delfi, Нидерланды, 2007.
 - Seetha Lakshmi M.A., Sarania V., Surdeep S. Experimental study on mechanical properties of concrete with polypropylene fiber // International Refereed journal of Engineering and Science (IRJES). 2014. Апрель. Кн. 3. Вып. 4. С. 70–74.
 - Кузнецова И.С., Рябченкова И.С., Корнюшина М.П., Саврасов И.П., Востров М.С. Полипропиленовая фибра – эффективный способ борьбы со взрывообразным разрушением бетона при пожаре // Строительные материалы. 2018. № 1. С. 15–20.
 - Kumahara S., Masuda Y. and Tanano Y. Tensile Strength of Continuous Fiber Bar under High Temperature. International Symposium on Fiber-Reinforcement-Plastic Reinforcement for Concrete Structures. American Concrete Institute. 1993.
 - Wang N. and Evans J.T. Collapse of Continuous Fiber Composite Beam at Elevated Temperature // Journal of Composites. 1996. 26 (1), pp. 56–61.
 - Кузнецова И.С., Степанова В.Ф., Бучкин А.В., Миюсов С.П., Акопян Д.В. Исследование поведения бетонных плит с арматурой композитной полимерной при пожаре // Бетон и железобетон. 2021. № 4. С. 1–6.
 - Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2015. No. 2 (33), pp. 39–44. (In Russian).
 - Larbi J.A. and Polder R.B. Effects of polypropylene fibres in concrete: Microstructure after fire testing and chloride migration. TNO Build Environment and Geosciences. Delfi. The Netherlands. 2007.
 - Seetha Lakshmi M.A., Sarania V., Surdeep S. Experimental study on mechanical properties of concrete with polypropylene fiber. International Refereed journal of Engineering and Science (IRJES). 2014. April. Vol. 3. Iss. 4, pp. 70–74.
 - Kuznetsova I.S., Ryabchenkova V.G., Korniyushina M.P., Savrasov I.P., Vostrov M.S. Polypropylene fiber is an effective way to combat the explosive destruction of concrete in a fire. Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]. 2018. No. 1, pp. 15–20. (In Russian).
 - Kumahara S., Masuda Y. and Tanano Y. Tensile Strength of Continuous Fiber Bar under High Temperature. International Symposium on Fiber-Reinforcement-Plastic Reinforcement for Concrete Structures. American Concrete Institute. 1993.
 - Wang N. and Evans J.T. Collapse of Continuous Fiber Composite Beam at Elevated Temperatures. Journal of Composites. 1996. 26 (1), pp. 56–61.
 - Kuznetsova I.S., Stepanova V.F., Buchkin A.V., Miyusov S.P., Akopyan D.V. Investigation of the behavior of concrete slabs with composite polymer reinforcement in case of fire. Beton i zhelezobeton. 2021. No. 4, pp. 1–6. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ



ОТЗЫВ НА УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ «ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДОВ. БИОСФЕРНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ»

Москва: Издательство: АСВ, 2019, 208 с.

Авторы: академик РААСН В.А. Ильичев, член-корр. РААСН С.Г. Емельянов, академик РААСН В.И. Колчунов, советник РААСН Н.В. Бакаева

В учебном пособии, подготовленном коллективом авторов под руководством академика РААСН В.И. Ильичева, представлен междисциплинарный подход, который направлен на формирование пространственных параметров качества жизни с позиции симбиоза города и биосферы. В настоящее время в учебной литературе недостаточно или практически отсутствуют издания, отражающие формирование нового мировоззрения человека через когнитивное, аффективное и духовное взаимодействие с природой, направленное на преодоление антагонистического отношения к окружающей город природной среде.

Настоящее пособие отражает опыт научных исследований авторов, который систематизирован в совокупность научных установок Российской академии архитектуры и строительных наук – парадигму биосферосовместимого развития человечества, послужившую в последующем методологической базой для разработки Доктрины градостроительства и расселения.

Научные положения учебного пособия основаны на фундаментальных знаниях экологии, безопасности жизнедеятельности, природопользования, социологии и других смежных наук. Исходят из оценки современного состояния городской среды и принципов сбалансированной природно-антропогенной совместимости, что не только не противоречит градостроительной теории и практике планировки и застройки городов, но и наоборот, дополняет ее.

Вопросы, освещенные в учебном пособии, также могут быть положены в основу развития нормативной базы технического регулирования в градостроительстве и строительстве.

Заведующий кафедрой «Градостроительство» Московского архитектурного института академик РААСН, д-р архитектуры, проф. М.В. Шубенков

Д.Ю. СНЕЖКОВ¹, инженер;
С.Н. ЛЕОНОВИЧ^{1,2}, д-р техн. наук, иностранный академик РААСН (sleonovich@mail.ru);
Н.А. БУДРЕВИЧ¹, инженер

¹ Белорусский национальный технический университет (220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 65)

² Qingdao University of Technology (266033, China, 11 Fushun Rd, Qingdao)

Методика испытаний буронабивных свай сейсмоакустическим и ультразвуковым методами

Изложены результаты натурных исследований буронабивных свай по комплексной методике, включающей испытания сейсмоакустическим методом и методом ультразвукового межскважинного мониторинга. Комплексные испытания позволили произвести оценку не только однородности ствола сваи, наличия различного рода дефектов, но и дали возможность определить прочность при сжатии бетона ствола сваи по всей ее длине. Это особенно важно, поскольку сваи будут подвергаться нагрузкам около 1000 т. Ультразвуковой межскважинный мониторинг в дополнение к сейсмоакустическому методу позволяет получить более реалистичную картину свайной конструкции, а также дать технологу и конструктору прочностные показатели конструкционного бетона сваи с шагом 500 мм по длине ствола. Эта информация важна как для производителей работ, имеющих возможность сразу же отреагировать на недостатки бетонирования, так и для конструкторов, своевременно вносящих корректировки в расчет. Объектом исследования были выбраны буронабивные железобетонные сваи диаметром ~ 800 мм. Предмет исследования: сейсмоакустический (эхоимпульсный) метод контроля железобетонных буронабивных свай, межскважинный ультразвуковой мониторинг. Цель работы: исследование однородности структуры буронабивных свай; определение фактической длины свай; выявление дефектов свай; оценка прочности при сжатии бетона ультразвуковым импульсным методом.

Ключевые слова: сваи буронабивные, неразрушающий контроль, эхоимпульсный метод, межскважинный ультразвуковой мониторинг.

Для цитирования: Снежков Д.Ю., Леонович С.Н., Будревич Н.А. Методика испытаний буронабивных свай сейсмоакустическим и ультразвуковым методами // *Бетон и железобетон*. 2022. № 2 (610). С. 20–24. DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-20-24>

D.Ju. SNEZHKOVI¹, Engineer;
S.N. LEONOVICH^{1,2}, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Foreign Academician of RAACS, (leonovichsn@tut.by);
N.A. BUDREVICH¹, Engineer (nellibudrevich@yandex.by)

¹ Belarusian National Technical University (65, Prospekt Nezavisimosti, 220013, Minsk, Belarus)

² Qingdao University of Technology (266033, China, 11 Fushun Rd, Qingdao)

Methodology of Testing Bored Piles by Seismo-Acoustic and Ultrasonic Methods

The results of field studies of bored piles using a complex methodology, including tests by the seismo-acoustic method and the method of ultrasonic inter-well monitoring, are presented. Complex tests made it possible to assess not only the uniformity of the pile shaft, the presence of various kinds of defects, but also made it possible to determine the compressive strength of the concrete of the pile shaft along its entire length. This is especially important because the piles will be subjected to loads of about 1000 tons. Ultrasonic inter-well monitoring, in addition to the seismo-acoustic method, makes it possible to get a more realistic picture of the pile structure, as well as to give the technologist and designer strength indicators of structural concrete piles with a step of 500 mm along the length of the trunk. This information is important both for work producers who have the opportunity to immediately respond to the shortcomings of concreting, and for designers who make timely adjustments to the calculation. Bored reinforced concrete piles with a diameter of ~ 800 mm were selected as an object of the study. The subject of the study is a seismo-acoustic (echo-pulse) method of monitoring reinforced concrete bored piles, inter-well ultrasonic monitoring. The purpose of the work: is to study the uniformity of the structure of bored piles; to determine the actual length of piles; to identify pile defects, to assess the compressive strength of concrete by ultrasonic pulse method.

Keywords: bored piles, non-destructive control, echo-pulse method, inter-well ultrasonic monitoring.

For citation: Snezhkov D.Yu., Leonovich S.N., Budrevich N.A. Methodology of testing bored piles by seismo-acoustic and ultrasonic methods. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2022. No. 2 (610), pp. 20–24. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-20-24>

Важным преимуществом технологии буронабивных свай с использованием непрерывного проходного шнека является высокая производительность и высокое качество заполнения скважины бетоном при

отсутствии вибрационных воздействий на окружающие здания и сооружения. К недостаткам технологии следует отнести отклонение ствола сваи от проектного положения, остановку бурения при наличии в ос-

новании плотных грунтов с галечными и валунными включениями. При работе в слабых водонасыщенных грунтах на поверхность может извлекаться объем грунта, значительно превышающий геометрический размер скважины, что, помимо избыточного (до двух раз) расхода бетона, способствует выносу грунта из-под фундаментов близкорасположенных зданий и сооружений. Это может привести к их неравномерным сверхнормативным дополнительным осадкам. Невозможно также гарантировать защитную толщину слоя бетона вокруг арматурного каркаса: при длине сваи более 15 м затруднительно погрузить каркас на требуемую глубину даже при помощи вибропогрузителя, особенно при остановке извлечения шнека в процессе бетонирования. При этом может возникнуть сложность контролирования гарантированных сплошности и проектных размеров бетонируемых стволов свай.

Основными задачами исследований явились: изучение однородности структуры буронабивных свай сейсмоакустическим (эхоимпульсным) методом (PEM – Pulse-Echo Method) и методом межскважинного ультразвукового мониторинга (CHUM – Crosshole Ultrasonic Method); определение фактической длины свай; анализ данных испытаний свай методами PEM и CHUM на предмет совпадения оценок состояния тела сваи; выявление дефектов сплошности свай.

Методика испытаний сейсмоакустическим методом и приборы контроля

Методика контроля соответствует рекомендациям ASTM («American Society for Testing and Materials») – Standard ASTM D5882–16: «Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations». Данный стандарт устанавливает минимальные требования к процедуре испытаний сваи путем приложения ударной нагрузки малой интенсивности. Испытания целостности конструкции осуществляются путем формирования импульса акустической волны и регистрации импульсов, возникающих при отражении зондирующего импульса от неоднородностей в теле сваи, – эхоимпульсный метод (Puls Echo Method – PEM). Использовался прибор диагностики свай «Спектр-3» (НПП «Интерприбор» РФ), характеристики которого соответствуют требованиям [1]. Информационными параметрами являются измеренные колебательные скорости и ускорения зон контроля при прохождении акустической волны в теле сваи и характеристические временные интервалы, соответствующие глубине расположения участков отражения акустического импульса. Ориентировочное значение скорости распространения акустической волны в бетоне сваи определялось согласно [2] ультразвуковым прибором Пульсар-2.2.

Отражение волны от границы раздела сред происходит из-за изменения полного акустического импеданса сваи.

Акустический импеданс Z определяется как:

$$Z = S \cdot \sqrt{E \cdot \rho}, \tag{1}$$

где S – площадь сечения сваи; E – модуль упругости; ρ – плотность материала сваи.

Любое изменение S , E или ρ приведет к изменению импеданса и, как следствие, к отражению акустической волны. Отражения могут быть вызваны следующими причинами:

- достижением акустической волны конца сваи;
- уменьшением/увеличением поперечного сечения;
- потерей сплошности (попаданием грунта, воды, воздуха в тело сваи, образованием поперечных трещин);
- изменением физико-механических свойств бетона по длине сваи;
- контрастной сменой слоев грунта по глубине расположения сваи.

Не вызывают отражения следующие дефекты:

- постепенное (на протяжении нескольких диаметров) изменение диаметра сваи;
- изогнутая форма сваи;
- мелкие дефекты.

От знака изменения импеданса на границе раздела сред зависит знак отражения (рис. 1).

Длина сваи H при известной скорости распространения волны V рассчитывается по формуле:

$$H = \frac{V \cdot t}{2}. \tag{2}$$

Полученные данные позволяют оценить длину, целостность и сплошность сваи, а также прочностные характеристики бетона сваи, хотя оценка является приблизительной. Рассматриваемый метод испытаний не дает информации о несущей способности сваи. Для повышения достоверности контроля акустическим методом в общем случае важно учитывать грунтовый профиль, технологию устройства свай и возможные отклонения от технологического регламента производства работ, схему армирования.

Погрешность определения длины сваи напрямую зависит от того, насколько точно в ней задана скорость распространения волны [3–7]. Чтобы упростить интерпретацию акустического сигнала, он подвергается дополнительной обработке – усилению и фильтрации.

Плотный контакт боковой поверхности сваи с грунтом вызывает рассеивание энергии акустического сигнала при его прохождении вдоль тела сваи. Для компенсации этого ослабления сигнал дополнительно усиливается. При регистрации и анализе сигнала вводится дополнительное усиление k , которое дина-

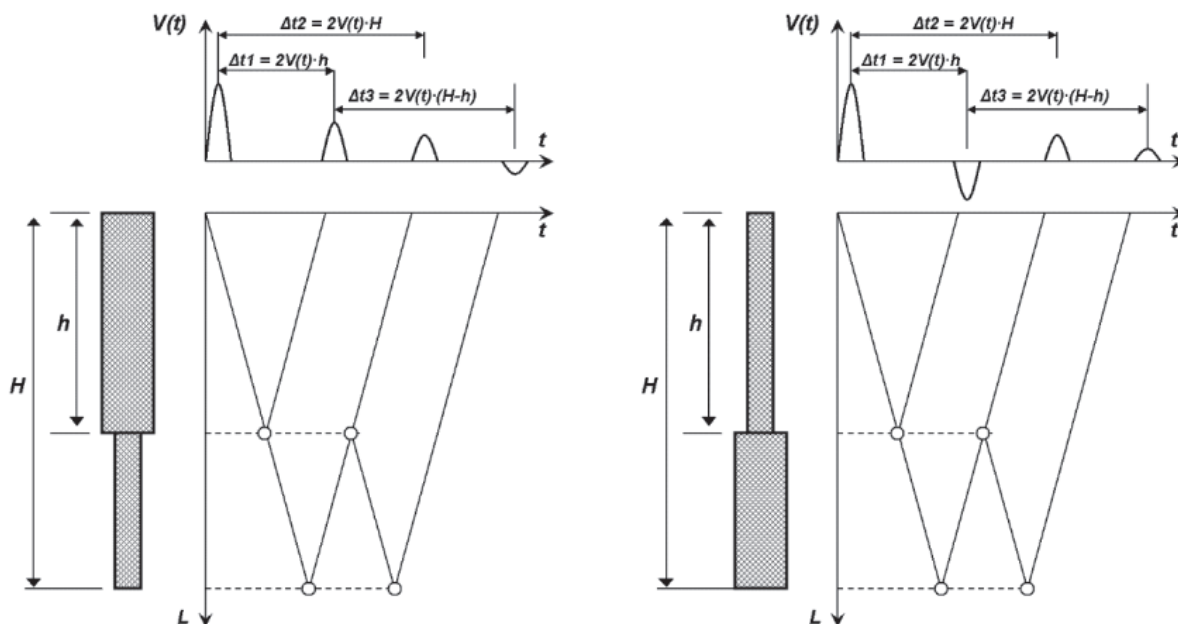


Рис. 1. Влияние формы сваи на форму акустического отклика
 Fig. 1. Influence of the pile shape on the shape of the acoustic response

мически адаптируется к пройденному расстоянию или времени задержки по следующему алгоритму:

$$k = e^{B \cdot t}, \quad (3)$$

где B – коэффициент затухания (постоянная величина для каждой отдельной сваи).

Реальная рефлектограмма акустического сигнала часто отличается от идеализированной (рис. 1) из-за влияния разного рода помех. К таковым относятся паразитные колебания, возникающие вследствие колебательного резонанса выступающих из тела сваи стержней арматуры или каналаобразующих – для метода *СНУМ* – стальных труб. Кроме того, паразитный колебательный процесс формируется при точечном ударном воздействии на поверхность оголовка сваи. В этом случае возникает затухающая стоячая поверхностная волна на оголовке сваи, длина волны колебательного процесса определяется диаметром сваи и скоростью распространения волны Релея. Для сваи диаметром 0,8 м длина волны первой моды колебаний составит величину такого же порядка. Частота колебаний f_R может находиться в полосе частот зондирующего импульса, в частности, для сваи диаметром $D=0,8$ м:

$$f_R = \frac{V_R}{D} = \frac{2500}{0,8} = 3125 \text{ Гц},$$

что сопоставимо с полосой частот зондирующего импульса при его возбуждении ударом длительностью 0,5 мс. Указанные акустические помехи значительно усложняют анализ рефлектограммы, не позволяя надежно выделить в ней импульсы, обусловленные дефектами однородности сваи. Кроме того, на формирование рефлектограммы оказывает влияние на-

личие контрастных (по акустическим параметрам) геологических слоев грунта, окружающего сваю. Сложность учета всех в совокупности указанных факторов не позволила к настоящему времени однозначно алгоритмизировать интерпретацию полученных рефлектограмм.

Характерными признаками присутствия в рефлектограмме импульсов отражения могут быть:

- резкие изменения амплитуды колебаний;
- смена фазы колебаний, выражающаяся в скачкообразном изменении периода соседних (по рефлектограмме) колебаний.

Методика испытаний

межскважинным ультразвуковым методом

Основу метода составляет продольное профилирование тела сваи путем регистрации скорости (времени) распространения ультразвукового импульса в направлении, поперечном по отношению к оси сваи (рис. 2). Генерацию и прием УЗ импульса производят отдельными преобразователями, которые размещают в так называемых трубах (каналах) доступа (ТД), заполненных водой. Оба преобразователя устанавливаются на одном горизонтальном уровне, после чего производится измерение скорости (времени) распространения УЗ импульса. После регистрации УЗ импульса преобразователи смещаются на один шаг профилирования и процедура измерения повторяется.

На каждом шаге регистрируется скорость/время распространения импульса. Дополнительным параметром может служить относительная энергия принятого импульса, которая оценивается обычно по амплитуде первого вступления УЗ импульса.

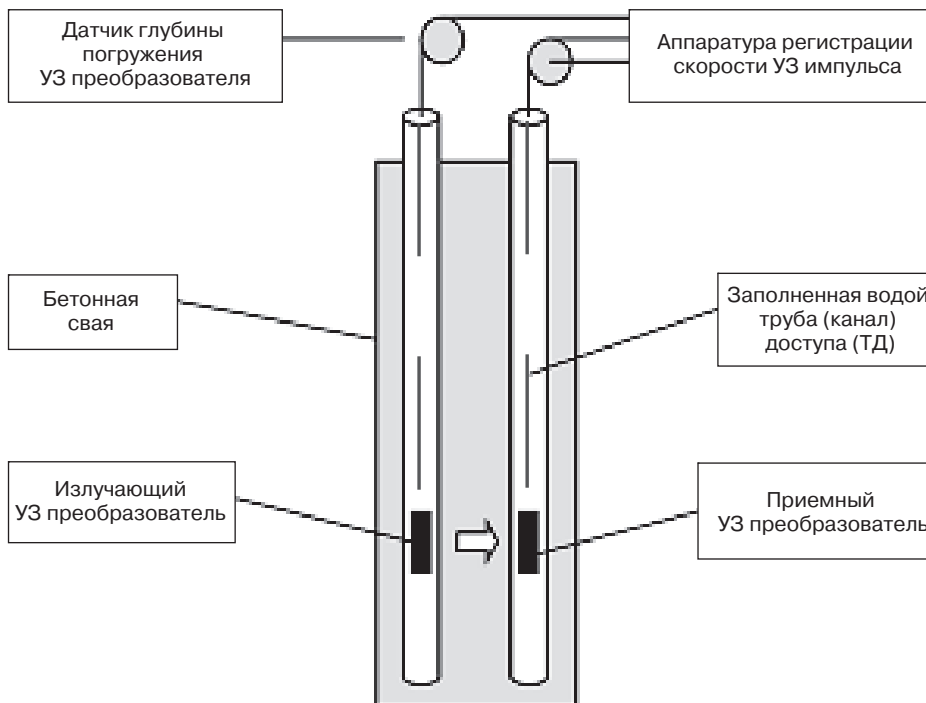


Рис. 2. Схема проведения испытаний методом CHUM
Fig. 2. Scheme of testing by the CHUM method

В практике контроля свай по методу CHUM используют продольные волны (волны сжатия–растяжения), скорость которых для зрелого конструкционного бетона лежит в пределах 3000–4500 м/с. Наличие дефектов сплошности – трещин, пустот, участков повышенной пористости и прочего – приводит к увеличению времени распространения УЗ импульса от излучающего преобразователя к приемному, а также к снижению энергии импульса, достигшего приемника. Указанные показатели являются информационными параметрами метода. Для анализа состояния сваи по данным испытаний строятся диаграммы распределения скорости (времени) распространения УЗ импульса и его относительной энергии по длине сваи (рис. 3) – так называемый ультразвуковой профиль [8–11].

Значения скорости (времени) распространения УЗ импульса и его энергия сильно коррелированы, но в ряде случаев могут заметно отличаться, в частности при образовании пористых областей бетонного массива энергия импульса может заметно снизиться, а его скорость при этом изменится незначительно.

Крепление труб к каркасу должно обеспечивать их вертикальность и неизменяемость положения во время бетонирования. Отклонение труб доступа от вертикали не должно превышать 1–1,5% по длине ствола. Нижний торец труб должен находиться на уровне нижнего торца сваи. На нижних торцах труб были установлены заглушки для обеспечения герметичности канала доступа. Для верхних торцов труб

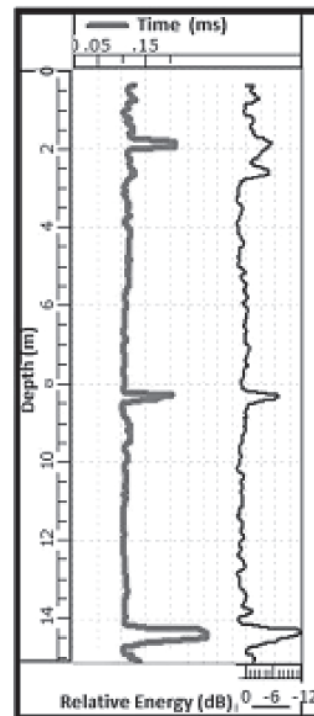
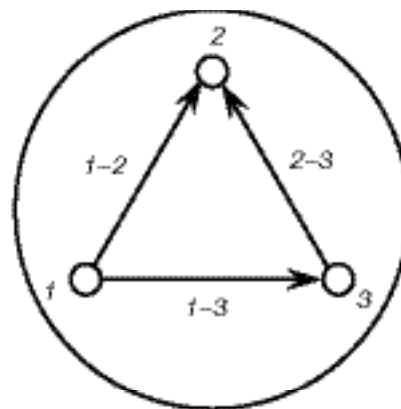


Рис. 3. Распределение скорости (времени) распространения УЗ импульса и его относительной энергии по длине сваи
Fig. 3. Distribution of the speed (time) of propagation of an ultrasonic pulse and its relative energy along the length of the pile



1-2 → – направление трасс испытаний бетона опытных свай

Рис. 4. Схемы расположения труб доступа (ТД) и трасс (сечений) по методу CHUM

Fig. 4. Layout of access pipes (AP) and routes (sections) according to the CHUM method

были предусмотрены съемные (срезаемые) заглушки для предохранения трубы от попадания в них бетона и посторонних предметов (рис. 4).

Вывод

Предложена комплексная методика диагностики буронабивных свай комбинацией сейсмоакустического и межскважинного ультразвукового методов, доведенная до разработки Стандарта предприятия.

Список литературы

1. Standard ASTM D5882–16: «Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations».
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 17624–2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. Введ. 01.01.2014. М.: НИИЖБ. 16 с.
3. Леонович С.Н., Снежков Д.Ю., Будревич Н.А. СТП 002.03.0–2020. Контроль неразрушающий. Методика выполнения измерений. Разработка тестирования свай на сплошность. Минск: УП «БЕЛТЕХНОЛОГИЯ», 2021. 37 с.
4. Попов О.В. Экспериментально-теоретические основы и практическое применение современных технологий изготовления свай в дилатирующих грунтах Республики Беларусь. Минск: БНТУ, 2022. 304 с.
5. Леонович С.Н., Снежков Д.Ю., Доркин В.В. Мониторинг возводимых и эксплуатируемых зданий: Монография. М.: ИНФРА-М, 2019. 286 с.
6. Снежков Д.Ю., Леонович С.Н. Автоматизированный мониторинг высотного здания с учетом фактора температуры. *Проблемы современного бетона и железобетона: Сборник научных трудов*. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, РУП «Институт БелНИИС». Минск: Колорград, 2018. Вып. 10. С. 233–249.
7. Леонович С.Н., Черноиван В.Н., Снежков Д.Ю., Полейко Н.Л., Цуприк В.Г., Ким Л.В. Реконструкция сооружений: Учебное пособие для вузов. Инженерная школа ДВФУ. Владивосток: Дальневост. федер. ун-т, 2017. 136 с.
8. Снежков Д.Ю., Леонович С.Н. Мультиволновой ультразвуковой контроль бетона // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии*. 2017. № 1. С. 13–21.
9. Снежков Д.Ю., Леонович С.Н. Комбинирование неразрушающих методов испытания бетона // *Вестник Брестского государственного технического университета. Сер. Строительство и архитектура*. 2017. № 1. С. 87–92.
10. Снежков Д.Ю., Леонович С.Н. Автоматизированный мониторинг состояния несущих конструкций зданий // *Вестник Брестского государственного технического университета. Сер. Строительство и архитектура*. 2017. № 1. С. 92–97.
11. Снежков Д.Ю., Леонович С.Н. Мультиволновой ультразвуковой контроль бетона // *Наука и техника*. 2017. № 4. С. 289–297.

References

1. Standard ASTM D5882–16: «Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations».
2. Interstate standard GOST 17624–2012. Concrete. Ultrasonic method for determining strength. Introduction 01/01/2014. Moscow: NIIZhB. 16 p. (In Russian).
3. Leonovich S.N., Snezhkov D.Yu., Budrevich N.A. STP 002.03.0–2020. The control is non-destructive. Measurement technique. Development of testing piles for continuity. Minsk: UE «BELTECHNOLOGIA». 2021. 37 p. (In Russian).
4. Popov O.V. Eksperimental'no-teoreticheskiye osnovy i prakticheskoye primeneniye sovremennykh tekhnologiy izgotovleniya svay v dilatiruyushchikh gruntakh Respubliki Belarus' [Experimental and theoretical foundations and practical application of modern technologies for manufacturing piles in dilating soils of the Republic of Belarus]. Minsk: BNTU. 2022. 304 p.
5. Leonovich S.N., Snezhkov D.Yu., Dorkin V.V. Monitoring vozvodimyykh i ekspluatiruyemykh zdaniy: monografiya [Monitoring of erected and operated buildings: monograph]. Moscow: INFRA-M. 2019. 286 p.
6. Snezhkov D.Yu., Leonovich S.N. Automated monitoring of a high-rise building, taking into account the temperature factor. *Problems of modern concrete and reinforced concrete: a collection of scientific papers*. Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, RUE «Institute BelNIIS». Minsk: Kolorgrad, 2018. Iss. 10, pp. 233–249. (In Russian).
7. Leonovich S.N., Chernouvan V.N., Snezhkov D.Yu., Poleiko N.L., Tsuprik V.G., Kim L.V. Rekonstruktsiya sooruzheniy: uchebnoye posobiye dlya vuzov [Reconstruction of structures: textbook for universities]. Vladivostok: Far Eastern Federal University. 2017. 136 p.
8. Snezhkov D.Yu., Leonovich S.N. Multiwave ultrasonic testing of concrete. *Vestnik of the Volga State Technological University. Series: Materials. Constructions. Technology*. 2017. No. 1, pp. 13–21. (In Russian).
9. Snezhkov D.Yu., Leonovich S.N. Combination of non-destructive methods of testing concrete. *Vestnik of the Brest State Technical University. Series "Construction and architecture"*. 2017. No. 1, pp. 87–92. (In Russian).
10. Snezhkov D.Yu., Leonovich S.N. Automated monitoring of the condition of the supporting structures of buildings. *Vestnik of the Brest State Technical University. Series "Construction and architecture"*. 2017. No. 1, pp. 92–97. (In Russian).
11. Snezhkov D.Yu., Leonovich S.N. Multiwave ultrasonic testing of concrete. *Nauka i tekhnika*. 2017. No. 4, pp. 289–297. (In Russian).

В.А. СОЛНЦЕВ, инженер (solncev_va@mail.ru),
П.А. ЖАДОБИН, инженер (pavel.zhadobin@yandex.ru),
Л.П. ХАРИТОНОВА, инженер

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, 6, к. 5)

Исследование водопоглощения бетона, находящегося в воде под давлением, с целью оценки балластирующих свойств бетонного покрытия морских трубопроводов

При строительстве морских трубопроводов обетонирование труб используется как защитная и утяжеляющая конструкция. Требования к водопоглощению бетона устанавливаются лишь для обеспечения коррозионной стойкости бетона. При определении проектных характеристик описанных выше конструкций не учитывается, что у насыщенного водой бетона повышается балластирующая способность, которая позволяет обеспечить устойчивость проектного пространственного положения магистрального газопровода подводных переходов на весь период работы газопровода. Определение фактического водопоглощения бетона под давлением может позволить уменьшить объем используемого бетона, а также снизить стоимость балластировки при обеспечении устойчивого положения трубопровода. В статье описана новая разработанная методика по определению водопоглощения бетона под давлением воды на базе установки УВФ-6/09. Показаны полученные экспериментальные данные по водопоглощению бетона при различных величинах давления воды. Приведен анализ результатов экспериментальных исследований.

Ключевые слова: тяжелый бетон, цемент, песок, щебень, водопоглощение бетона.

Для цитирования: Солнцев В.А., Жадобин П.А., Харитонова Л.П. Исследование водопоглощения бетона, находящегося в воде под давлением, с целью оценки балластирующих свойств бетонного покрытия морских трубопроводов // *Бетон и железобетон*. 2022. № 2 (610). С. 25–29. DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-25-29>

V.A. SOLNTSEV, Engineer (solncev_va@mail.ru),
P.A. ZHADOBIN, Engineer, (pavel.zhadobin@yandex.ru),
L.A. KHARITONOVA, Engineer

Research, Design and Technological institute of Concrete and Reinforced Concrete – NIIZHB named after A.A. Gvozdev
JSC “Research Center “Stroitel’stvo” (6, build. 5, 2-nd Institutskaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

Investigation of Water Absorption of Concrete that was Situated in Water Under the Pressure in Order to Evaluate the Ballasting Properties of the Concrete Coating of Underwater Sea Pipelines

When constructing offshore pipelines, the concreting of pipes is used as a protective and weighting structure. The requirements for concrete water absorption are set only to ensure the corrosion resistance of concrete. When determining the design characteristics of the structures described above, it is not taken into account that the water-saturated concrete has an increased ballasting capacity, which makes it possible to ensure the stability of the design spatial position of the main gas pipeline of underwater crossings for the entire period of operation of the gas pipeline. Determining the actual water absorption of concrete under pressure can reduce the volume of concrete used, as well as reduce the cost of ballasting while ensuring the stable position of the pipeline. This article describes a new developed technique for determination of the water absorption of concrete under water pressure based on the UVF-6/09 unit. The obtained experimental data of the water absorption of concrete at various values of water pressure are shown. An analysis of the results of experimental work is given.

Keywords: heavyweight concrete, cement, sand, crushed stone, water absorption of concrete.

For citation: Solntsev V.A., Zhadobin P.A., Kharitonova L.A. Investigation of water absorption of concrete that was situated in water under the pressure in order to evaluate the ballasting properties of the concrete coating of underwater sea pipelines. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2022. No. 2 (610), pp. 25–29. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-25-29>

Вопросы транспортировки природного газа, в том числе транспортировки по подводным трубопроводам, являются важнейшими для экономики России в настоящее время. Для обеспечения устойчивого положения подводных трубопроводов на дне водной

преграды используют различные средства балластировки в соответствии с требованиями технико-экономического обоснования проекта. Балластировка подводных трубопроводов сплошным бетонным покрытием предназначена для придания отрицательной

плавучести трубопроводу, а также защиты антикоррозионной изоляции и самого трубопровода от механических повреждений в период его строительства и в течение всего срока эксплуатации [1].

При строительстве морских трубопроводов обетонирование труб используется как защитная и утяжеляющая конструкция. Требования к водопоглощению бетона устанавливаются лишь для обеспечения коррозионной стойкости бетона. При этом не учитывается, что у насыщенного водой бетона повышается балластирующая способность, которая позволяет обеспечить устойчивость проектного пространственного положения магистрального газопровода на подводных переходах на весь период работы газопровода, а также сократить сроки строительства и ремонта.

Водопоглощение характеризует способность материала (бетона) впитывать и удерживать в порах (пустотах) влагу при непосредственном контакте с водой. Водопоглощение численно характеризуется количеством воды в процентном соотношении по массе или объему. Впитывание влаги бетоном в основном осуществляется через капиллярные и гелевые поры, образующие открытую пористую систему, которая легко заполняется водой [2].

Водопоглощение бетона по массе составляет от 4 до 8%, по объему – от 9 до 18%.

Водопоглощение напрямую зависит от водоцементного соотношения и объема цемента, содержащегося в образце, поэтому чем эти показатели выше, тем большим водопоглощением обладает бетон. Во время твердения происходит уменьшение данного показателя [3, 4].

Долговечные бетоны характеризуются величиной водопоглощения не более 5–6% по массе за 6 ч, а при водопоглощении более 10% разрушение бетона происходит в течение нескольких лет [3].

В некоторых случаях, помимо методики, описанной в ГОСТ 12730.3–78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения», для определения характеристики водопоглощения бетона при атмосферном давлении требуется определение водопоглощения при повышенном давлении воды. Данный показатель целесообразен для определения водопоглощения бетонных конструкций, эксплуатируемых под водой на больших глубинах. К таким сооружениям относятся нефте- и газопроводы, уложенные на обводненных участках трассы.

На территории РФ действует ГОСТ Р 54382–2011 «Нефтяная и газовая промышленность. Подводные трубопроводные системы». Данный нормативный документ устанавливает требования и правила проектирования, изготовления, строительства, испытаний, ввода в эксплуатацию, технического обслуживания, переосвидетельствования и ликвидации подводных

морских трубопроводных систем, а также требования к материалам для их изготовления.

В п. 11.6 ГОСТ Р 54382–2011 указаны требования к бетонному утяжеляющему покрытию, при этом указано, что требования к исходным материалам (цементу, заполнителю, воде, добавкам) и характеристикам бетонного покрытия должны быть заданы в технических условиях потребителя.

Приведенные ниже характеристики бетонного покрытия могут быть заданы при соответствующих условиях:

- вес в воде, отрицательная плавучесть;
- толщина;
- плотность бетона;
- прочность при сжатии;
- водопоглощение;
- стойкость к ударным нагрузкам (например, способность выдерживать удары трала);
- гибкость (прочность при изгибе);
- стойкость к растворению.

Рекомендуемые минимальные требования к некоторым из указанных выше характеристикам представлены в п. 11.6.2.3:

- минимальная толщина – 40 мм;
- минимальная прочность при сжатии – 40 МПа;
- максимальное водопоглощение – 8%;
- минимальная плотность – 1900 кг/м³.

Стоит отметить, что специальных требований к материалам для изготовления бетонного покрытия для труб морских трубопроводных систем в ГОСТ Р 54382–2011 не указано.

Анализ российской и зарубежной технической базы, литературных источников не выявил методов определения водопоглощения бетона под давлением воды (BS 1881-122:2011+A1:2020 Testing concrete. Method for determination of water absorption [Метод определения водопоглощения]; BS EN 12390-1-2012 Testing hardened concrete Part 1: Shape, dimensions and other requirements for specimens and moulds [Испытания затвердевшего бетона. Ч. 1. Форма, размеры и другие требования к испытываемым образцам и пресс-формам]; ASTM C642-2013 Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete [Стандартный метод определения плотности, абсорбции и пустот в затвердевшем бетоне]; EN 12390-8-2019 Testing hardened concrete – Part 8: Depth of penetration of water under pressure [Испытания затвердевшего бетона. Ч. 8. Глубина проникновения воды под давлением]). Наиболее приближенной методикой для определения водопоглощения бетона под давлением воды является метод определения водонепроницаемости по «мокрому пятну» в соответствии с ГОСТ 12730.5–78 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости».



Рис. 1. Установка УВФ-6/09, производство ООО ИТЦ «Кон-трос», с установленными образцами во время испытаний
Fig. 1. UVF-6/09 unit, manufactured by ITC «Kontros» LLC, with installed samples during testing



Рис. 2. Установленный образец под давлением во время испытаний, общий вид оснастки (нижний фланец, цилиндр, верхний фланец, резиновая прокладка, металлическая прижимная пластина, крепежные болты)
Fig. 2. Installed sample under pressure during testing, general view of the tooling (lower flange, cylinder, upper flange, rubber gasket, metal pressure plate, mounting bolts)

В процессе работы на базе данного метода и используемого оборудования была разработана методика для проведения испытаний по определению водопоглощения бетона, находящегося в воде под давлением, и получены экспериментальные данные для оценки балластирующих свойств бетонного покрытия морских трубопроводов.

Выполнение исследований осуществлялось в соответствии с методиками испытаний для тяжелого бетона.

Для решения поставленной задачи проводились испытания на серии образцов тяжелого бетона марки БСТ В55 F1500 W20 (бетонная смесь тяжелого бетона класса по прочности при сжатии В50, марки бетона по морозостойкости F₁₅₀₀ и водонепроницаемости W20, плотность бетона 2800 кг/м³), ГОСТ 10180–2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»; ГОСТ 12730–2020 «Бетоны. Методы определения плотности».

Состав бетонной смеси для испытания был взят из ранее разработанных и рекомендованных изготовителю в качестве балластирующего покрытия трубопроводов с требуемыми характеристиками.

Испытания выполнялись с применением оборудования, обладающего свидетельствами о поверке или калибровке. Ниже представлен список оборудования,

используемого при проведении комплекса экспериментальных исследований:

- термокамера (сушильный шкаф по ГОСТ 13474–79 «Электропечи сопротивления лабораторные. Общие технические условия») для высушивания материалов до постоянной массы;
- установка для определения водонепроницаемости бетона с 6 гнездами УВФ-6/09;
- емкость для насыщения образцов водой;
- весы электронные неавтоматического действия CAS ED-H-15.

Методика испытаний была разработана в АО «НИЦ «Строительство» в рамках НИОКР, по контракту с ФАУ ФЦС.

В качестве оборудования была использована установка УВФ-6/09 с приспособлением для создания давления воды (рис. 1).

Подготовка к испытанию

Перед проведением испытания образцы бетона следует хранить в камере нормального твердения при температуре 20±2°С и относительной влажности воздуха не менее 95% в течение 28 сут (ГОСТ 12730.0–78 «Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости»).

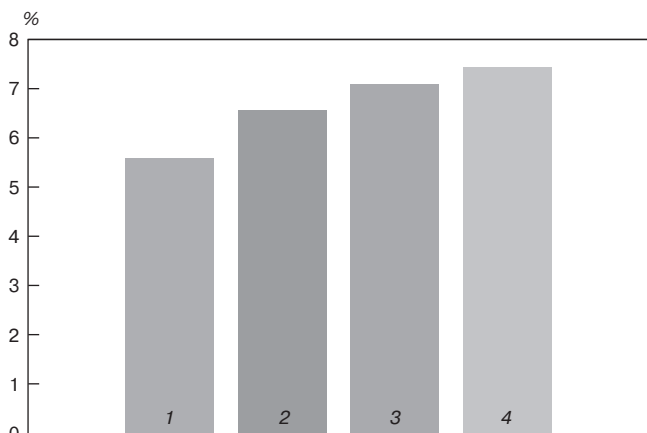


Рис. 3. Значения водопоглощения при различных условиях водонасыщения: 1 – водопоглощение в нормальных условиях; 2 – водопоглощение при давлении воды 0,5 МПа; 3 – водопоглощение при давлении воды 1 МПа; 4 – водопоглощение при давлении воды 1,3 МПа

Fig. 3. Values of water absorption under various conditions of water saturation: 1 – water absorption under normal conditions; 2 – water absorption at a water pressure of 0.5 MPa; 3 – water absorption at a pressure of 1 MPa; 4 – water absorption at a water pressure of 1,3 MPa

Определение водопоглощения бетона, находящегося в воде под давлением, проводят на образцах 100×100×100 мм из бетона класса по прочности при сжатии не менее В25 с числом не менее 12 шт. образцов в серии.

Поверхность образцов очищают от пыли, грязи и следов смазки с помощью проволочной щетки или абразивного камня.

Испытание проводят на образцах, высушенных до постоянной массы. Сушку образцов производят по ГОСТ 12730.2–78 «Бетоны. Метод определения влажности».

Проведение испытаний

Образцы помещают в приспособление, в котором создается давление воды. Это приспособление устанавливают в гнезда установки и закрепляют (рис. 1, 2).

При испытании бетона на водопоглощение под давлением давление воды повышают ступенями по 0,1 МПа в течение 1–2 мин и выдерживают на каждой ступени в течение 2–3 мин.

Испытания проводят при давлении воды 0,5 и 1 МПа. Температура воды должна быть 20±2°С.

Образцы взвешивают через каждые 24 ч испытания под давлением с погрешностью не более 0,1%. Образцы, вынутые из воды, предварительно вытирают отжатой влажной тканью. Массу воды, вытекшую из пор образца на чашу весов, следует включать в массу насыщенного образца.

Испытания проводят до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний не будут отличаться не более чем на 0,1%.

Обработка результатов

Водопоглощение бетона отдельного образца по массе W_m в процентах определяют с погрешностью до 0,1% по формуле (1):

$$W_m = \frac{m_b - m_c}{m_c} \quad (1)$$

где m_b – масса водонасыщенного образца, г; m_c – масса высушенного образца, г.

Водопоглощение серии образцов вычисляют как среднее арифметическое значение всех испытанных образцов (ГОСТ 12730.3–78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения»).

Для проведения работы было изготовлено 15 образцов-кубов с размером ребер 100×100×100 мм из бетона марки БСТ В55 F₄₅₀₀ W20 (бетонная смесь тяжелого бетона класса по прочности при сжатии В50, марки бетона по морозостойкости F₄₅₀₀ и водонепроницаемости W20, плотность бетона 2800 кг/м³).

В качестве вяжущего использовался портландцемент ЦЕМ I 52,5Н по ГОСТ 31108–2016.

В качестве тяжелого железосодержащего заполнителя применялась агломерационная руда фракции 0–10 мм.

Плотность изготовленной бетонной смеси составила 2840 кг/м³.

Средняя прочность бетона при сжатии в возрасте 28 сут в серии из трех образцов-кубов составляет 71 МПа, средняя плотность 2576 кг/м³.

Полученные результаты средних значений водопоглощения бетона по массе в серии из 12 образцов-кубов при нормальных условиях, а также при давлении воды 0,5; 1 и 1,3 МПа представлены на рис. 3.

Испытания показали следующие значения:

- водопоглощение бетона по массе в нормальных условиях – 5,57%;
- водопоглощение бетона по массе при давлении воды 0,5 МПа – 6,56%;
- водопоглощение бетона по массе при давлении воды 1 МПа – 7,08%;
- водопоглощение бетона по массе при давлении воды 1,3 МПа – 7,43%.

Результаты, полученные при испытании данного состава бетона, показали, что при насыщении бетона водой под давлением воды, водопоглощение бетона увеличивается. Так, при давлении воды 0,5; 1 и 1,3 МПа водопоглощение бетона по массе увеличилось на 0,99; 1,51 и 2,16% соответственно от водопоглощения при нормальных условиях.

При строительстве морских трубопроводов обетонирование труб используется как защитная и утяжеляющая конструкция. Требования к водопоглощению бетона устанавливаются лишь для обеспечения коррозионной стойкости бетона. При этом не учитываются

ся, что у насыщенного под давлением воды бетона повышается балластирующая способность.

Оценка повышения балластирующей способности бетонов при водопоглощении воды под давлением и соответственно дополнительном утяжелении конструкции может позволить уменьшить объем используемого бетона, и соответственно снизить стоимость балластировки при обеспечении устойчивого положения трубопровода.

Исходя из полученных значений можно предположить, что различные величины давления воды будут увеличивать показатель водопоглощения не только для исследуемого в данной работе состава тяжелого бетона, но и для других составов тяжелого бетона. Данный вывод может быть использован при расчетах балластировки сплошным обетонированием участка морского трубопровода (СП 378.1325800.2017 «Морские трубопроводы. Правила проектирования и строительства»).

Список литературы

1. Бородавкин П.П., Березин В.Л., Шадрин О.Б. Подводные трубопроводы. М.: Недра, 1979. 263 с.
2. Несветаев Г.В. Бетоны. Ростов н/Д: Феникс, 2013. 381 с.
3. Михайлов Д.А., Дудов Д.О., Водопоглощение бетона. Методы определения водопоглощения. Сборник статей IV Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2019. С. 34–37.
4. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Высшая школа, 2001. 415 с.

References

1. Borodavkin P.P., Berezin V. L., Shadrin O.B. Podvodnye truboprovody [Underwater pipelines]. Moscow: Nedra. 1979. 263 p.
2. Nesvetaev G.V. Betony [Concrete]. Rostov on Don: Feniks. 2013. 381 p.
3. Mikhailov D.A., Dudov D.O. Water absorption of concrete. Methods for determining water absorption. Collection of articles of the IV International Research Competition. Penza: ICNS "Science and Education". 2019, pp. 34–37.
4. Bazhenov Yu.M. Tekhnologiya betona [Technology of concrete]. Moscow: Vysshaya shkola. 2001. 415 p.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

МОНИТОРИНГ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Авторы: А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин, С.Г. Богов, В.А. Шашкин, М.А. Шашкин
(практическое руководство под редакцией д.г.-м.н. Шашкина А.Г.)

Санкт-Петербург: Геореконструкция, 2021. 640 с.

В монографии раскрывается содержание мониторинга механической безопасности при новом строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений. Показывается значение мониторинга не только как средства контроля за сохранностью городской застройки, но и как профилактического средства, позволяющего своевременно обнаружить и диагностировать негативные тенденции и принять адекватные меры по нормализации технического состояния сооружения. Отмечается необходимость построения мониторинга как интерактивного процесса, базирующегося на компьютерной модели взаимодействия сооружения и основания. Это позволяет корректно интерпретировать результаты мониторинга, а также выполнять обратные расчеты для совершенствования исходных расчетных схем и физических моделей материалов и грунтов.

По вопросам приобретения обращайтесь:

E-mail: georeconstruction@gmail.com

WWW: geo-bookstore.ru



Учебное пособие «Промышленное и гражданское строительство. Введение в профессию»

Авторы: Грызлов В.С., Ворожбянов В.Н., Гендлина Ю.Б., Залипаева О.А., Каптюшина А.Г.,
Медведева Н.В., Петровская А.А., Поварова О.А., Чорная Т.Н.

Научный редактор – д-р техн. наук, проф. В.С. Грызлов

Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 276 с.

Дана общая характеристика профессии строитель. Приведены сведения из истории развития строительной отрасли. Предложено краткое описание видов строительной продукции, особенностей проектирования строительных объектов, технологии и порядка организации возведения зданий и сооружений; раскрыты вопросы менеджмента в строительстве. Подчеркнута важность строительной науки и цифровизации строительной деятельности. Отдельная глава посвящена особенностям организации инженерно-строительного обучения. Для студентов бакалавриата, начавших обучение по направлению «Строительство». Может быть использовано для профориентационной работы с выпускниками школ.

По вопросам приобретения обращайтесь в издательство «Инфра-Инженерия»



В.В. МАЛЮК¹, инженер (mvv.77@mail.ru), В.Д. МАЛЮК¹, канд. техн. наук;
С.Н. ЛЕОНОВИЧ^{2, 3}, д-р техн. наук, иностранный академик РААСН (sleonovich@mail.ru)

¹ Филиал «ЦНИИП Минстроя России» ДальНИИС (690033, г. Владивосток, ул. Бородинская, 14)

² Белорусский национальный технический университет (220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 65)

³ Qingdao University of Technology (266033, China, 11 Fushun Rd, Qingdao)

Совершенствование методов проектирования и технологии бетонных работ (на примере о. Сахалин)

Приведены методы проектирования морозостойких и высокоморозостойких бетонов и технологий бетонных работ, применяемых при строительстве портовых сооружений на о. Сахалин. Даны обоснования для совершенствования методов проектирования и технологии бетонных работ с учетом реальной работы бетона в сооружении. Анализ строительства портовых сооружений на о. Сахалин с использованием традиционной и современной технологии бетонных работ позволил выявить преимущества и недостатки традиционной и современной технологий бетонных работ. Показано, что на основе принципов традиционной технологии бетонных работ можно получать бетоны высокой стойкости для конструкций портовых сооружений в условиях морозного воздействия. Принципы современной технологии, основанные на использовании в бетонах добавок-модификаторов для улучшения технологических свойств бетонной смеси и повышения качественных показателей бетона, позволяют повысить морозостойкость на два порядка. Установлено, что наблюдаемые разрушения бетона после первого зимнего сезона связаны с технологическими просчетами, которые не учитывают реальную работу бетона в сооружении. Сравнительный анализ различных технологий бетона, условий работы и показателей его качества в конструкциях позволил установить определяющие качественные показатели внешних воздействий и бетона, которые целесообразно принять за основу совершенствования технологии бетона и формулировки концепции модели долговечности бетона в условиях морозного воздействия.

Ключевые слова: морозостойкость, бетонные работы, проектирование технологии, долговечность, расчетная модель.

Для цитирования: Малюк В.В., Малюк В.Д., Леонович С.Н. Совершенствование методов проектирования и технологии бетонных работ (на примере о. Сахалин) // *Бетон и железобетон*. 2022. № 2 (610). С. 30–34.
DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-30-34>

V.V. MALYUK¹, Engineer (mvv.77@mail.ru), V.D. MALYUK¹, Candidate of Sciences (Engineering);

S.N. LEONOVICH^{2, 3}, Doctor of Sciences (Engineering) (sleonovich@mail.ru), Foreign Academician of RAACS (sleonovich@mail.ru)

¹ Branch of the Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation, Far Eastern Research, Design and Technological Institute for Construction (14, Borodinskaya Street, Vladivostok, 690033, Russian Federation)

² Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosty Avenue, Minsk, 220013, Belarus)

³ Qingdao University of Technology (11, Fushun Rd, Qingdao, 266033, China)

Improvement of Design Methods and Technology of Concrete Works (on the Example of Sakhalin Island)

The methods of designing frost-resistant and high-frost-resistant concretes and technologies of concrete works used in the construction of port facilities on Sakhalin Island are given. Justifications for improving the design methods and technology of concrete works, taking into account the actual work of concrete construction, are presented. The analysis of the construction of port facilities on Sakhalin Island using traditional and modern technology of concrete works, revealed the advantages and disadvantages of traditional and modern technologies of concrete works. It is shown that on the basis of the principles of traditional technology of concrete works, it is possible to obtain high-resistance concretes for the structures of port facilities in conditions of frost exposure. The principles of modern technology, based on the use of additive-modifiers in concrete to improve the technological properties of the concrete mixture and improve the qualitative indicators of concrete, make it possible to increase frost resistance by two orders of magnitude. It is established that the observed destruction of concrete after the first winter season is associated with technological miscalculations that do not take into account the actual work of concrete in the structure. A comparative analysis of various concrete technologies, working conditions and its quality indicators in structures make it possible to establish the defining qualitative indicators of external influences and concrete, which it is advisable to take as a basis for improving concrete technology and formulating the concept of a concrete durability model in conditions of frost exposure.

Keywords: frost resistance, concrete works, technology design, durability, design model.

For citation: Malyuk V.V., Malyuk V.D., Leonovich S.N. Improvement of design methods and technology of concrete works (on the example of Sakhalin Island). *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2022. No. 2 (610), pp. 30–34. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-30-34>

Состояние проблемы. Морозостойкость бетона, как правило, выражается многофакторной зависимостью [1–13]:

$$F_g = f(V/C; C; T; A, C, D, Z, P), \quad (1)$$

где V/C – водоцементное отношение; C – вид цемента; T – период твердения; A – условия твердения, C – состав бетона; D – структурообразующие добавки; Z – заполнители; P – параметр, характеризующий уровень технологии.

Эта зависимость принята за основу при разработке общей модели морозостойкости. На практике целесообразно выделить определяющие критические параметры бетона для конкретных условий службы, которые обеспечивают требуемую долговечность бетона D_b на этапе эксплуатации сооружения.

Долговечность бетона D_b при традиционной технологии определяется тремя критическими параметрами:

$$D_b = f(V/C; C; \alpha), \quad (2)$$

где α – степень гидратации цемента.

При отработанной технологии бетона повреждение бетонных конструкций носит локальный характер. Основными причинами разрушения являются некачественное уплотнение и расслоение бетонной смеси при использовании высокоподвижных смесей или бетонных смесей с высоким V/C . Следовательно, устойчивость проявления вида разрушения бетона в сооружении может характеризовать не только общий уровень технологии, т. е. параметр P в общей зависимости (1), но и установить определяющий параметр, влияющий на долговечность. Анализ технологий, применяемых на строительных площадках, показывает, что низкая обеспеченность предельно допустимых значений V/C наблюдается при изготовлении бетонной смеси в условиях строительной площадки, когда применяется местный песок и его обогащение осуществляется путем промывки. В этом случае сложно контролировать и корректировать содержание воды в бетонной смеси. Это соответственно влияет на стабильность параметра V/C , который косвенно контролируется по подвижности. Однако наиболее сложно в условиях строительной площадки обеспечить нормальные условия вызревания бетона, т. е. требуемую степень гидратации цемента в бетоне α к моменту морозного воздействия. Поэтому определяющим критическим параметром в этих условиях является параметр α .

Результаты исследования показали, что бетоны, изготовленные по обычной технологии, т. е. без применения добавок ПАВ, способны обеспечить без ремонта эксплуатационную надежность конструкциям в течение ста лет.

Направления применения современных технологий бетонных работ. Современная технология бетонных работ, основанная на применении добавок ПАВ, существенно расширяет технологические возможности и позволяет:

- увеличить срок живучести бетонной смеси для перевозки на большие расстояния;
- применять высокоподвижные бетонные смеси;
- снизить чувствительность к качеству заполнителей и цементу.

Современная технология связана с применением воздухововлекающих добавок, и долговечность бетона D_b определяется четырьмя критическими параметрами:

$$D_b = f(V/C; C; BV, \alpha). \quad (3)$$

Результаты исследований показывают, что, несмотря на высокую эффективность воздухововлекающих добавок для повышения морозостойкости, при этой технологии также определяющим критическим параметром является степень гидратации цемента (α). Следовательно, независимо от технологии бетона, определяющим критическим параметром долговечности бетона в условиях морозного воздействия является степень гидратации цемента. Однако не исключается и факт применения бетонной смеси с V/C , превышающим предельно допустимые значения. Установлено, что при неконтролируемом процессе транспортирования бетонной смеси на большие расстояния возможно добавление воды выше предельно допустимой при перевозке. Рекомендуемые требования по воздухововлечению бетонной смеси для обеспечения морозостойкости технически сложно соблюсти при длительной транспортировке готовой бетонной смеси. Исследования авторов дают основания считать, что в зависимости от условий внешних воздействий существует уровень зрелости структуры бетона, который обеспечивает стойкость бетона в первый зимний период. Этот параметр, очевидно, следует рассматривать в качестве определяющего критического параметра для периода иницирования, поскольку этот период характеризует долговечность. В качестве критической (эталонной) зрелости (P_{KP}) авторами приняты структурные характеристики бетона, сформированные при нормальных условиях твердения, определенные в стандартных испытаниях бетона. Исходя из этого косвенными параметрами критической зрелости структуры бетона являются основные параметры режима твердения в соответствии с действующими нормативными документами: продолжительность твердения 28 сут (T_{28}), температура среды $+15^\circ\text{C}$ (t_{15}) и влажность среды не менее 95% (P_{95}), т. е. эти параметры $P_{KP}=1$. Реальная технология бетона на строительной площадке не всегда способна обеспечить нормативные параметры режи-

ма твердения. Эта проблема особенно остро стоит при строительстве в климатических районах Севера и Дальнего Востока РФ. Поэтому случаи преждевременного разрушения бетона в основном следует связывать с тем, что уровень фактической зрелости структуры (P_{ϕ}) не соответствует уровню критической зрелости, т. е. ($P_{\phi} < P_{кр}$). Уровень зрелости структуры бетона определяет его способность к водонасыщению, а значит, и развитие процессов в период иницирования и деградации. В процессе твердения бетона из трех выделенных параметров режима: (T_{28}), (t_{15}) и (P_{95}) – любой может иметь определенное несоответствие. Поэтому для практики важно установить значимость параметров (T_{28}), (t_{15}) и (P_{95}) и технологическую возможность снизить чувствительность морозостойкости бетона к параметру $P_{кр}$.

Известно, что проблема обеспечения долговечности бетона конструкций транспортных и морских гидротехнических сооружений на Дальнем Востоке с начала 70-х гг. прошлого века решается путем повышения морозостойкости. Это направление сохраняется как в России, так и за рубежом в настоящее время. Анализ показывает, что современный этап, основанный на применении высокофункциональных бетонов «High Performance Concrete», также сохраняет это направление в разработке долговечности бетона при морозных воздействиях.

Влияние технологии изготовления ЖБК на повреждаемость. Результаты проведенных исследований долговечности бетона портовых сооружений на о. Сахалин позволили установить потенциальные возможности обычного (бездобавочного) бетона и необходимость совершенствования технологии бетона с добавками ПАВ на основе оптимизации воздухоувлечения и применения комплексных добавок для снижения чувствительности бетона к длительному морозному воздействию.

Авторами установлено, что вид повреждений и устойчивость его проявления главным образом зависят от уровня организации технологии изготовления конструкций. Требуемый уровень должен надежно обеспечиваться на всех технологических переделах, однако для бетона зоны переменного уровня особое внимание должно уделяться обеспеченности предельно допустимых значений в условиях твердения бетона в конструкции, В/Ц и Ц.

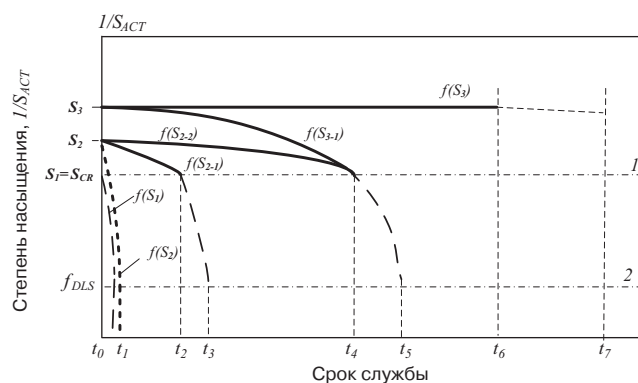
Критическими параметрами технологии бетона для портового строительства следует принимать водоцементное отношение (В/Ц), содержание цемента (Ц), искусственное содержание воздуха в бетоне (ВВ), уровень зрелости структуры бетона в конструкции ($P_{кр}$), т. е.:

$$D_6 = f(V/C; C; BB, P_{кр}). \quad (4)$$

Практическое значение имеет определение значимости каждого из выделенных критических параметров для долговечности, а их значимость будет зависеть от механизма замораживания бетона в конструкции.

Результаты исследований показывают, что совершенствование технологии бетона для портового строительства в условиях Севера и Дальнего Востока должно идти в направлении оптимизации воздухоувлечения в бетоне и разработки способов снижения чувствительности бетона к длительному замораживанию в условиях, когда трудно обеспечить $P_{\phi} = P_{кр}$ во время строительства.

Концепция расчетной модели долговечности. Сформулирована концепция для разработки расчетной модели долговечности, основанием для которой являются результаты проведенных исследований по уточнению реальных механизмов замораживания бетона в конструкциях портовых сооружений. Концепция схематически представлена на рисунке и является развитием концепции, принятой для разработки программы исследований настоящей работы. За основу приняты возможные процессы деградации бетона, зависящие от механизмов его замораживания в зоне переменного уровня. Определяющим критическим показателем долговечности в конкретных условиях эксплуатации является степень насыщения пор бетона S_{ACT} . При этом косвенными показателями этого параметра являются В/Ц; Ц; ВВ, $P_{кр}$. Исходя из того, что в зоне переменного уровня наблюдается два механизма замораживания, на схеме рисунка представлены процессы деградации с учетом этих механизмов на двух характерных участках зоны переменного уровня:



Концепция долговечности бетона в зоне переменного уровня воды морских портовых сооружений при морозных воздействиях: 1 – предельный уровень долговечности; 2 – предельный уровень эксплуатационных характеристик. Зависимости $f(S_1)$; $f(S_2)$; $f(S_3)$ для условий эксплуатации $S_{ACT} = f(t_F, T_F)$; зависимости $f(S_1)$; $f(S_{2-1})$; $f(S_{2-2})$; $f(S_{3-1})$; для условий эксплуатации $S_{ACT} = f(t_F, T_F; N_{FT}, T_F, T_T)$

The concept of durability of concrete in the zone of variable water level of seaport facilities under frost impact: 1 – limiting level of durability; 2 – the limiting level of performance. Dependencies $f(S_1)$; $f(S_2)$; $f(S_3)$ for operating conditions $S_{ACT} = f(t_F, T_F)$; dependencies $f(S_1)$; $f(S_{2-1})$; $f(S_{2-2})$; $f(S_{3-1})$; for operating conditions $S_{ACT} = f(t_F, T_F; N_{FT}, T_F, T_T)$

– для участка А критическими параметрами внешних воздействий является температура замораживания (t_F), количество циклов ПЗО в зимний период (N_{FT}), продолжительности замораживания T_F и оттаивания T_T , т. е. $S_{ACT}^2 = f(t_F; t_T; N_{FT}; T_F; T_T)$;

– для участков В и С критическими параметрами внешних воздействий являются температура замораживания (t_F) и продолжительность замораживания (T_F), т. е. $S_{ACT}^1 = f(t_F, T_F)$. Исходя из основных теоретических положений о механизмах морозного разрушения, кинетика насыщения бетона зависит от механизмов замораживания (S_{ACT}^1 или S_{ACT}^2) и структурной зрелости бетона (Π_{KP});

– при $S_{ACT} = S_{CR}$ независимо от механизма замораживания будет происходить внезапный отказ – $f(S_1)$, разрушение будет происходить после первого замораживания, т. е. периода иницирования у бетонов не будет;

– при $S_{ACT} < S_{CR}$ долговечность зависит от уровня зрелости структуры бетона Π_{KP} и механизма замораживания бетона; величины этих параметров определяют период иницирования, который может иметь продолжительность t_0-t_2 или t_0-t_4 .

Для условий замораживания $S_{ACT}^1 = f(t_F, T_F)$, например, когда при начальном насыщении S_2 через временной промежуток t_0-t_2 происходит повышение водонасыщения до критического уровня ($S_2 = S_{CR}$),

разрушение произойдет после первого зимнего периода. На рисунке это соответствует кривой $f(S_2)$. В этом случае повышение S_2 до S_{CR} может происходить в результате перераспределения свободной воды к границе промерзания при длительном замораживании.

В условиях $S_{ACT}^2 = f(t_F; t_T; N_{FT}; T_F; T_T)$ бетон с уровнем насыщения $S_2 < S_{CR}$ при $\Pi_{KP} < 1$ способен сопротивляться циклам ПЗО, поскольку исследования показали, что циклическое действие приливов создает благоприятные условия для дальнейшей гидратации цементного камня. Однако при критической зрелости структуры бетона, т. е. при $\Pi_{KP} = 1$, считают теоретически возможным обводнение пор бетона до критической степени S_{CR} в условиях многократного циклического замораживания и оттаивания. На рисунке кривая $f(S_{3-1})$ иллюстрирует случай обводнения воздушных пор бетона при использовании воздухововлекающих добавок ПАВ.

Выводы. Представленная концепция долговечности позволяет определить направления исследований, которые позволят выявить критические показатели для разработки модели долговечности. Если исходить из того, что в зоне переменного уровня преобладают два механизма морозного разрушения бетона, то целесообразно определять критические показатели для моделей долговечности с учетом этих теоретических положений.

Список литературы

1. Malyuk V. Prognostication of concrete constructions durability based on experience in building and exploitation of maritime coast-protecting structures on Sakhalin Island (on the issue of determining the estimated lifetime of maritime structures). *MATEC Web of Conferences*. 2019. Vol. 265. 02014. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926502014>
2. Malyuk V. Degradation and sudden failure of concrete structures of marine hydraulic structures in severe hydrometeorological conditions. *Far East Con-2018. International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 463. 022071. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/2/022071>
3. Малу́к В.В. Прогнозирование долговечности конструкций морских гидротехнических сооружений из бетона по опыту строительства и эксплуатации в суровых климатических условиях. *Проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы VIII Национальной конференции с международным участием*. 2018. С. 223–231.
4. Малу́к В.В., Леонович С.Н., Будревич Н.А. Прогноз долговечности морских берегозащитных сооружений. *Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров: Сборник научных статей*

References

1. Malyuk V. Prognostication of concrete constructions durability based on experience in building and exploitation of maritime coast-protecting structures on Sakhalin Island (on the issue of determining the estimated lifetime of maritime structures). *MATEC Web of Conferences*. 2019. Vol. 265. 02014. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926502014>
2. Malyuk V. Degradation and sudden failure of concrete structures of marine hydraulic structures in severe hydrometeorological conditions. *Far East Con-2018. International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 463. 022071. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/2/022071>
3. Malyuk V.V. Forecasting the durability of structures of marine hydraulic structures made of concrete based on the experience of construction and operation in harsh climatic conditions. *Problems and prospects for the development of construction, heat and gas supply and energy supply: Proceedings of the VIII National Conference with international participation*. 2018, pp. 223–231. (In Russian).
4. Malyuk V.V., Leonovich S.N., Budrevich N.A. Forecast of the durability of marine coastal protection structures. *Perspective directions of innovative development of construction and training of engineering personnel: a collection of scientific articles of the XXI International*

- XXI Международного научно-методического семинара*. Брест, 25–26 октября 2018. Ч. 1. С. 334–337.
5. Малюк В.В., Леонович С.Н., Будревич Н.А. Морские гидротехнические сооружения: деградационный и внезапный отказ конструкционного бетона. *Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров: Сборник научных статей XXI Международного научно-методического семинара*. Брест. 25–26 октября 2018. Ч. 1. С. 328–333.
 6. Малюк В.В., Леонович С.Н., Будревич Н.А. Конструкционный бетон морских гидротехнических сооружений: деградационный и внезапный отказ. *Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации: Электрон. сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета*. Новополоцк. 5–6 апреля 2018 г. С. 70.
 7. Малюк В.В. Морозостойкость бетона при различных методах испытаний. *Проблемы современного строительства: материалы Международной научно-технической конференции*. Минск. 28 мая 2019 г. С. 246–256.
 8. Malyuk V.V. Longevity of concrete maritime structures in harsh service environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 1079. Chapter 1. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1079/2/022017>
 9. Малюк В.В., Митина В.И. Стабильность технологических показателей бетонной смеси с воздухововлекающими добавками при длительной транспортировке. *Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «СибАДИ»*. Омск. 3–4 декабря 2020 г.
 10. Малюк В.В. Концепция долговечности бетона для прогноза срока службы конструкций в условиях морозного воздействия. *Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета*. 2020. № 4 (45). С. 105–115.
 11. Малюк В.В., Малюк В.Д., Леонович С.Н. Методика обследования железобетонных конструкций портовых сооружений (о. Сахалин) // *Бетон и железобетон*. 2021. № 5–6 (607–608). С. 67–72.
 12. Malyuk V.V., Malyuk V.D., Lobodyuk A.V. Operating conditions and damage to the concrete of port facilities on the southern coast of Sakhalin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. «International Science and Technology Conference «Earth Science»». *ISTC EarthScience 2022 – Chapter 4*. 2022. 052035.
 13. Malyuk V.V., Malyuk V.D. Freezing mechanisms of the concrete in an area of variable water level of port facilities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. «International Science and Technology Conference «Earth Science»». *ISTC EarthScience 2022 – Chapter 4*. 2022. 052020.
 5. Malyuk V.V., Leonovich S.N., Budrevich N.A. Off-shore hydraulic structures: degradation and sudden failure of structural concrete. *Perspective directions of innovative development of construction and training of engineering personnel: a collection of scientific articles of the XXI International Scientific and Methodological Seminar*. Brest. October 25–26, 2018. Part 1, pp. 328–333. (In Russian).
 6. Malyuk V.V., Leonovich S.N., Budrevich N.A. Structural concrete of marine hydraulic structures: degradation and sudden failure. *Architectural and building complex: problems, prospects, innovations: electron. collection of articles of the international scientific conference dedicated to the 50th anniversary of Polotsk State University*. Novopolotsk. April 5–6, 2018, p. 70. (In Russian).
 7. Malyuk V.V. Frost resistance of concrete under various test methods. *Problems of Modern Construction: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference*. Minsk. May 28, 2019. pp. 246–256. (In Russian).
 8. Malyuk V.V. Longevity of concrete maritime structures in harsh service environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 1079. Chapter 1. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1079/2/022017>
 9. Malyuk V.V., Mitina V.I. Stability of technological parameters of concrete mixture with air-entraining additives during long-term transportation. *Architectural and construction and road transport complexes: problems, prospects, innovations. Collection of materials of the V International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of FGBOU VO «SibADI»*. Omsk. December 3–4, 2020. (In Russian).
 10. Malyuk V.V. The concept of concrete durability for predicting the service life of structures under frost exposure. *Vestnik Inzhenernoy shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta*. 2020. No. 4 (45), pp. 105–115. (In Russian).
 11. Malyuk V.V., Malyuk V.D., Leonovich S.N. Methods of inspection of reinforced concrete structures of port installations (Sakhalin island). *Beton I Zhelezobeton [Concrete and Reinforced Concrete]*. 2021. No. 5–6 (607–608), pp. 67–72. (In Russian).
 12. Malyuk V.V., Malyuk V.D., Lobodyuk A.V. Operating conditions and damage to the concrete of port facilities on the southern coast of Sakhalin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. «International Science and Technology Conference «Earth Science»». *ISTC EarthScience 2022 – Chapter 4*. 2022. 052035.
 13. Malyuk V.V., Malyuk V.D. Freezing mechanisms of the concrete in an area of variable water level of port facilities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. «International Science and Technology Conference «Earth Science»», *ISTC EarthScience 2022 – Chapter 4*. 2022. 052020.

С.А. ЗЕНИН, канд. техн. наук (lab01@mail.ru), А.Н. БОЛГОВ, канд. техн. наук (200651@mail.ru),
А.З. СОКУРОВ, канд. техн. наук (6618188@gmail.com), О.В. КУДИНОВ, инженер (lab01@mail.ru)

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона –
НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, 6, к. 5)

Прочность на продавливание плоских плит перекрытий в зонах опирания на торцы стен

В НИИЖБ им. А.А. Гвоздева выполнена научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа (НИОКР), основной задачей которой являлась оценка прочности на продавливание плоских плит перекрытий из монолитного железобетона в зонах опирания на торцы стен. В рамках исследования проведены опытные, а также расчетно-теоретические исследования по вопросу определения прочности фрагментов плоских плит перекрытий на продавливание в зонах торцов стен. На основании полученных результатов исследований и их анализа установлено, что имеет место влияние изгибающих моментов в плоскости стен на прочность плиты на продавливании. Это требует соответствующего учета в методиках расчетов.

Ключевые слова: железобетон, продавливание, плита, торцы стен, прочность, расчет.

Для цитирования: Зенин С.А., Болгов А.Н., Сокуров А.З., Кудинов О.В. Прочность на продавливание плоских плит перекрытий в зонах опирания на торцы стен // *Бетон и железобетон*. 2022. № 2 (610). С. 35–40.
DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-35-40>

S.A. ZENIN, Candidate of Sciences (Engineering) (lab01@mail.ru), A.N. BOLGOV, Candidate of Sciences (Engineering) (200651@mail.ru),
A.Z. SOKUROV, Candidate of Sciences (Engineering) (6618188@gmail.com), O.V. KUDINOV, Engineer (lab01@mail.ru)
Research, Design and Technological institute of Concrete and Reinforced Concrete – NIIZHB named after A.A. Gvozdev
JSC “Research Center “Stroitel’stvo” (6, build. 5, 2-nd Institut’skaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

Punching Strength of Flat Floor Slabs in the Areas of Support on the Ends of the Walls

Research and development work (R&D), the main task of which was to assess the punching strength of flat floor slabs of monolithic reinforced concrete in the areas of support on the ends of the walls, was carried out at NIIZHB named after A. A. Gvozdev. As part of the study, experimental, as well as computational and theoretical studies were carried out on the issue of determining the strength of fragments of flat slabs for punching in the zones of the ends of the walls. On the basis of the research results obtained and their analysis, it was found that there is an influence of bending moments in the plane of the walls on the punching strength of the plate, which requires appropriate consideration in the calculation methods.

Keywords: reinforced concrete, punching, plate, wall ends, strength, calculation.

For citation: Zenin S.A., Bolgov A.N., Sokurov A.Z., Kudinov O.V. Punching strength of flat floor slabs in the areas of support on the ends of the walls. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2022. No. 2 (610), pp. 35–40. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-35-40>

Как известно, одними из основных факторов, влияющих на прочность плоских железобетонных плит при продавливании, являются содержание поперечной арматуры, а также прочность бетона при растяжении или ее функция от прочности бетона при сжатии. Данные факторы также являются основными при оценке прочности наклонных сечений. Отличительными особенностями данных расчетов является механизм разрушения, принятый в расчетных моделях. Как показывает анализ отечественных и зарубежных нормативных документов [1–10], при расчете на продавливание данный механизм практически идентичен во всех нормах – разрушение по пирамиде продавливания. При этом имеются отдельные отличия в моделях, например угол наклона пирамиды.

При действии поперечных сил в российских и американских нормах принята модель наклонных сечений, в которых дополнительным фактором является пролет среза. Европейская расчетная модель [5] в отличие от остальных построена на ферменной аналогии. При этом европейские и американские методики не содержат детальных указаний по расчету на продавливание плоских плит в зонах торцов стен. В отечественной нормативной базе данная методика расчета присутствует в СП 430.1325800.2018 [2]. Однако надо отметить, что методика основана на теоретических предпосылках, принятых по образу и подобию методики расчета на продавливание в зоне сосредоточенных опор. Для оценки корректности принятых теоретических предпосылок нормативной методики

в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева были проведены экспериментальные исследования.

Целью проведения испытаний являлось получение экспериментальных данных для оценки напряженно-деформированного состояния плоских плит перекрытий из монолитного железобетона при продавливании у торцов стен.

По результатам экспериментальных исследований планировалось оценить влияние наличия и отсутствия поперечной арматуры, влияние наличия и отсутствия изгибающих моментов на прочность плоских плит перекрытий из монолитного железобетона при продавливании у торцов стен, а также получить значения разрушающих нагрузок опытных образцов.

Разработка конструкций образцов была выполнена с учетом необходимости рассмотрения различных схем и форм разрушения в зависимости от различных факторов – отсутствия или наличия поперечного армирования, а также отсутствия или наличия изгибающих моментов. За основу приняты экспериментальные образцы в виде фрагментов сопряжения плита–стена из монолитного железобетона как наиболее характерные узлы монолитных конструктивных систем зданий.

Плиты имеют габаритные размеры 2500×2000×200 мм. Фрагменты стен представлены в виде пилонов с размерами в плане 1000×200 мм и высотой 800 мм, которые расположены у торцов плит и ориентированы вдоль их длинной грани (рис. 1). Опытные образцы запроектированы из монолитного тяжелого бетона класса прочности при сжатии В25. Продольное армирование плит выполняется вязаны-

ми сетками из отдельных арматурных стержней класса А500; армирование у нижней грани плиты состоит из стержней диаметром 10 с шагом 200 мм, у верхней грани плиты диаметром 20 с шагом 100 мм. Защитный слой бетона в обоих случаях составляет 25 мм. Поперечное армирование запроектировано в виде сварных каркасов длиной 300 мм, выполненных из отдельных арматурных стержней диаметром 8 с шагом 75 мм класса А240 и установленных крестообразно в зоне продавливания по три каркаса на сторону и на торец с шагом 50 мм. Армирование стен выполняется отдельными арматурными стержнями диаметром 10 класса А500, шаг стержней составляет 220 мм.

Влияние изгибающих моментов на прочность образцов учтено при помощи рассмотрения трех различных положений нагрузки.

Всего предусмотрено шесть образцов – по три образца без поперечной арматуры с различным приложением нагрузки и по три образца с поперечной арматурой с аналогичными схемами приложения нагрузки.

Испытания проводились на специальной установке, подготовленной для данных испытаний и закрепленной на силовом полу.

Образец при испытаниях устанавливали на силовую пол и раскрепляли к силовой раме. Сосредоточенные нагрузки на плиту передавали с помощью гидравлических домкратов с полым штоком грузоподъемностью 500 кН и силовых тяг, пропущенных через технологические отверстия в плите и закрепленных в силовой пол.

Образцы с маркировкой ПО – без поперечной арматуры, образцы с маркировкой ПКр – с поперечной

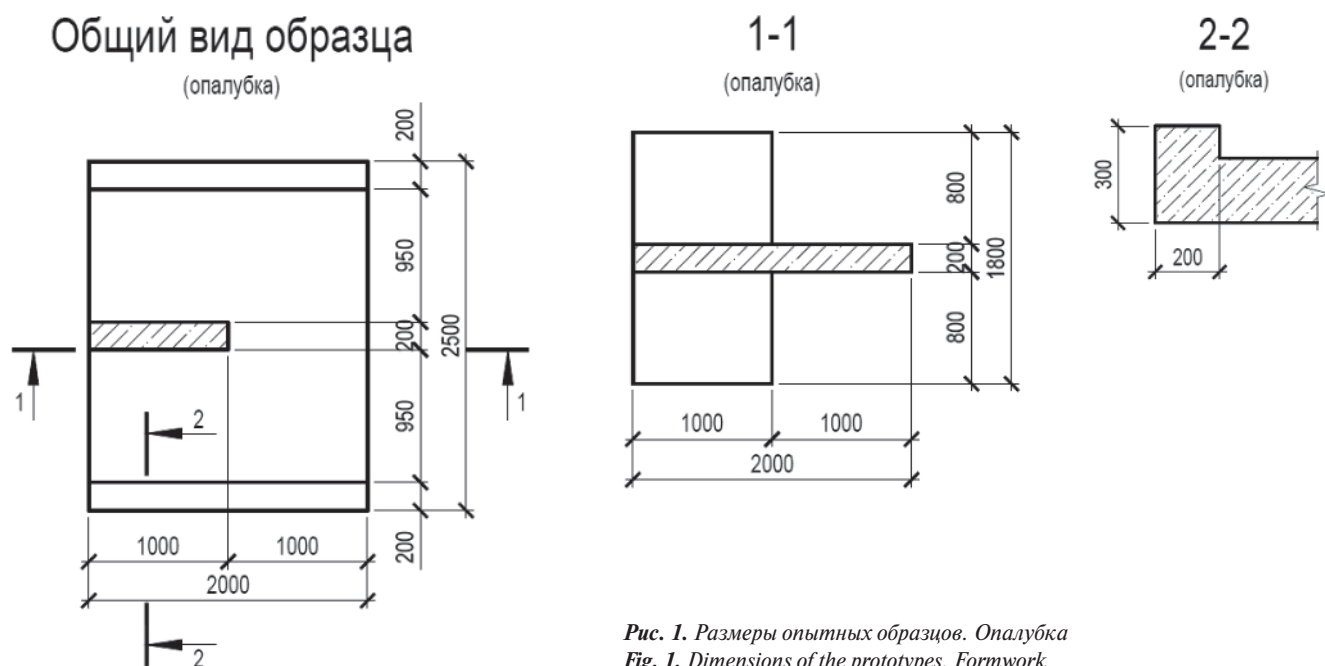


Рис. 1. Размеры опытных образцов. Опалубка
Fig. 1. Dimensions of the prototypes. Formwork

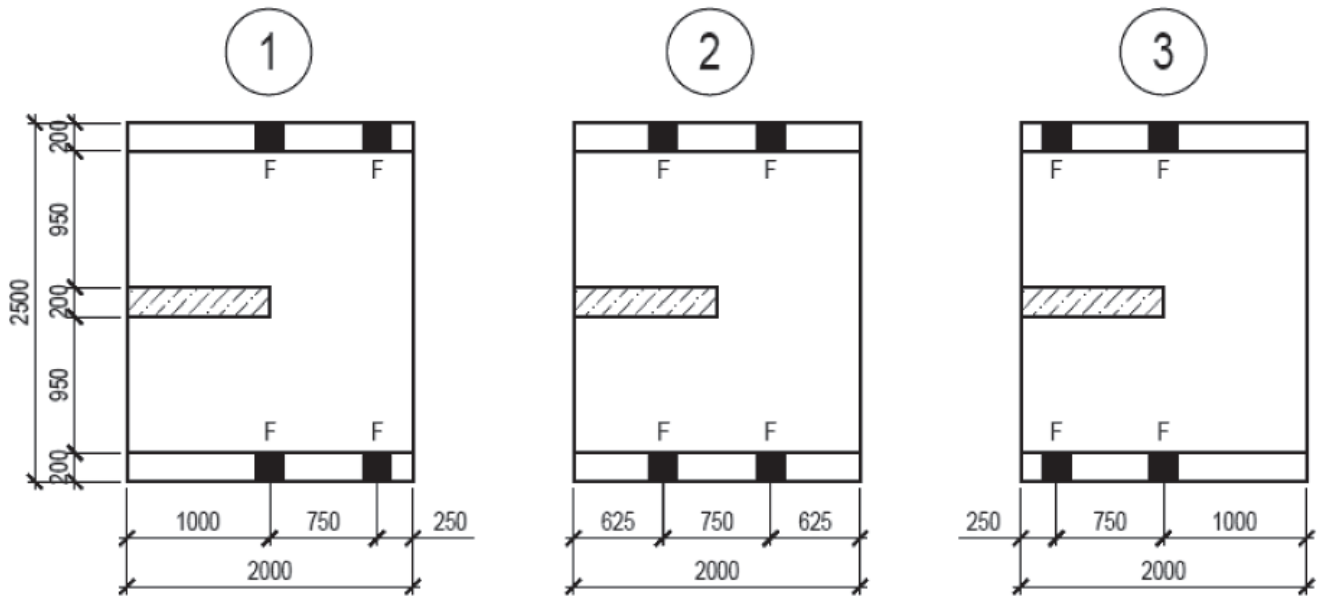


Рис. 2. Схемы приложения нагрузки
Fig. 2. Load application schemes

арматурой. Цифра в маркировке образца соответствует схеме нагружения (рис. 2).

Нагрузка на опытные образцы прикладывается в соответствии со схемами нагружения, приведенными на рис. 2.

Деформации бетона и продольной арматуры определяли с помощью наклеенных на них тензодатчиков.

По результатам проведенных испытаний установлено следующее. Трещинообразование опытных образцов имело сходный характер, у свободных краев плиты по верхней грани плиты образовывались преимущественно продольные трещины вдоль рабочей арматуры. Причем смещение нагрузок от пилона к свободному краю плиты (схемы 1 и 2, рис. 2) приво-

дит к образованию по верхней грани плиты замкнутого контура трещин. Нагружение по схеме 3, когда нагрузки приложены вдоль пилона, ведет к образованию системы продольных трещин, характерных для разрушения по наклонному сечению. Схемы трещин на поверхности плит у опытных образцов приведены на рис. 3–8.

Первые трещины появлялись на верхней поверхности и располагались вдоль пилона при $F/F_{разр}=0,2-0,35$ и практически не зависели от наличия поперечной арматуры. При $F/F_{разр}=0,4$ в образцах, которые испытывались по схеме нагружения 1 и 2 (ПО-1 и ПО-2), образовывались косые трещины от граней стен, которые развивались к внешним сто-

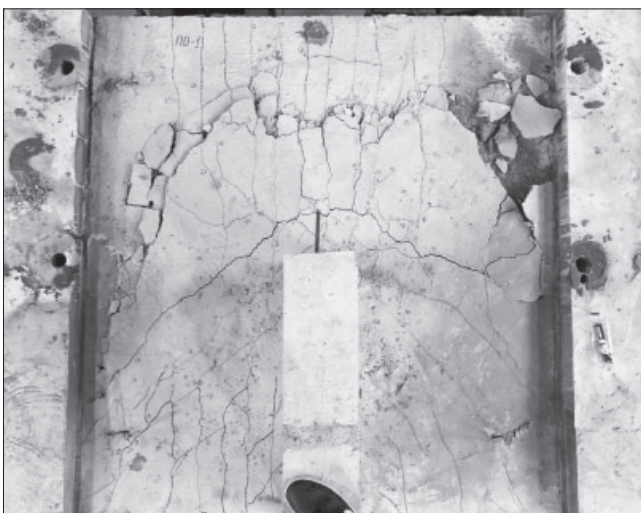


Рис. 3. Схема трещин на верхней поверхности плит. Образец ПО-1
Fig. 3. Diagram of cracks on the upper surface of the plates. PO-1 prototype



Рис. 4. Схема трещин на верхней поверхности плит. Образец ПО-2
Fig. 4. Diagram of cracks on the upper surface of the plates. PO-2 prototype



Рис. 5. Схема трещин на верхней поверхности плит. Образец ПО-3

Fig. 5. Diagram of cracks on the upper surface of the plates. PO-3 prototype



Рис. 6. Схема трещин на верхней поверхности плит. Образец ПКр-1

Fig. 6. Diagram of cracks on the upper surface of the plates. PKr-1 prototype



Рис. 7. Схема трещин на верхней поверхности плит. Образец ПКр-2

Fig. 7. Diagram of cracks on the upper surface of the plates. PKr-2 prototype



Рис. 8. Схема трещин на верхней поверхности плит. Образец ПКр-3

Fig. 8. Diagram of cracks on the upper surface of the plates. PKr-3 prototype



Рис. 9. Характер разрушения образца: а – опытный образец ПО-3; б – опытный образец ПКр-3

Fig. 9. The nature of the destruction of the sample: a – prototype PO-3; b – prototype PKr-3

ронам плиты. При $F/F_{разр}=0,4-0,5$ образовывались наклонные трещины у стен с выходом и развитием к внешней грани со стороны стен. На предельных стадиях перед разрушением наибольшее раскрытие трещин в образцах наблюдалось вокруг граней стен (до 0,5–0,9 мм).

Четыре опытных образца, которые испытывались по схемам 1 и 2 (ПО-1, ПО-2, ПКр-1, ПКр-2), разрушились от продавливания торцом стены; два опытных образца, которые испытывались по схеме 3 (ПО-3, ПКр-3), – по наклонному сечению от действия поперечной силы. Разрушение образцов от продавливания произошло в форме незамкнутого усеченного конуса с основанием, равным поперечному сечению торца стены. Разрушение опытных образцов ПО-3 и ПКр-3 произошло по наклонному сечению (рис. 9).

Образование поверхности разрушения всех образцов происходило внезапно, при этом имеющиеся трещины в образцах не совпадали с будущей поверхностью разрушения.

Разрушение по нормальному сечению

Разрушения плит в опытных образцах по нормальному сечению не достигнуто. Учитывая, что образцы были запроектированы именно с такой способностью, можно сделать вывод о возможности применения существующей методики расчета нормальных сечений изгибаемых элементов в зонах опирания плит на торцы стен, предусмотренной в действующих нормативных документах СП 63.13330.2018 [1].

Разрушение по продавливанию

По результатам проведенных испытаний на продавливание разрушились образцы, нагруженные по схемам 1 и 2 (образцы ПО-1, ПО-2, ПКр-1 и ПКр-2). Сравнительный анализ результатов испытаний образцов, разрушившихся при продавливании плиты, показал следующее.

Установлено, что увеличение эксцентриситета приложения нагрузки на плиту относительно торца стены снижает прочность плиты при продавливании. Причем данное обстоятельство наблюдается как в образцах без поперечной арматуры, так и с поперечной арматурой (табл. 1).

По результатам проведенных исследований установлено, что увеличение эксцентриситета нагрузок относительно торца стены (схемы нагружения 1 и 2) снижает значения разрушающих нагрузок до 10–18%. Таким образом, очевидно, что на прочность плит на продавливание у торцов стен оказывает влияние изгибающий момент в плоскости стены. Причем для образцов с поперечной арматурой разница между разрушающими нагрузками меньше, чем для образцов без нее (10 и 18% соответственно).

Наличие поперечной арматуры при малых эксцентриситетах (схема 2) приводит к незначительному увеличению разрушающей нагрузки – на 7%. При увеличении эксцентриситета (схема 1) вклад поперечной арматуры усиливается: значение разрушающей нагрузки по сравнению с образцом без поперечной арматуры увеличивается на 15%.

Таблица 1
Table 1

Основные данные и сравнение результатов испытаний опытных образцов, разрушенных при продавливании плиты
Basic data and comparison of test results of prototypes destroyed during slab punching

Шифр образца	R_m , МПа	R_{btm} , МПа	$\sigma_{T,sw}$, МПа	A_{sw} , мм ²	h , мм	a , мм	h_0 , мм	L_{sw} , мм	q_{sw} , кН/м	$F_{T,b}$, кН	$F_{T,sw}$, кН	F_T , кН	$F_{оп}$, кН	$F_T/F_{оп}$
По-1	37,2	2,72			200	55	145			408		408	372	1,1
По-2	37,2	2,71			200	55	145			406		406	440	0,92
Пкр-1	34,9	2,74	584	101	200	55	145	100	282	411	68	479	428	1,12
Пкр-2	73,3	2,67	584	101	200	55	145	100	282	400	68	468	471	0,99

Примечания к табл. 1 и 2:

- R_m – средняя кубиковая прочность бетона
- R_{btm} – средняя прочность бетона на осевое растяжение, принятая в расчетах
- $\sigma_{T,sw}$ – предел текучести поперечной арматуры, принятый в расчетах
- A_{sw} – площадь поперечной арматуры
- h – толщина плиты
- h_0 – рабочая высота плиты
- u – периметр расчетного контура
- a – толщина защитного слоя бетона у растянутой грани
- L_{sw} – длина зоны установки поперечной арматуры
- q_{sw} – погонное усилие, воспринимаемое поперечной арматурой
- $F_{T,b}$ – теоретическая продавливающая сила, воспринимаемая бетоном
- $F_{T,sw}$ – теоретическая продавливающая сила, воспринимаемая арматурой
- F_T – суммарная теоретическая продавливающая сила
- $F_{оп}$ – опытная разрушающая нагрузка
- C – пролет среза

Таблица 2

Table 2

Основные данные и сравнение результатов испытаний опытных образцов, разрушенных по наклонному сечению плиты
Basic data and comparison of test results of prototypes destroyed along the inclined section of the slab

Шифр образца	R_m , Мпа	$R_{b,m}$, Мпа	h , мм	a , мм	h_0 , мм	C , мм	$F_{T,b}$, кН	$F_{оп}$, кН	$F_{T,b}/F_{оп}$
По-3	34,9	2,69	200	55	145	360	468	597	0,78
Пкр-3	73,3	2,47	200	55	145	360	429	558	0,77

Примечания (см. табл. 1).

Сравнение фактической несущей способности образцов при продавливании с теоретическим значением, определяемым согласно СП 430.1325800.2018 [3], показало, что при малых эксцентриситетах приложения нагрузки (схема 2) наблюдается весьма хорошая сходимости опытных и теоретических данных: разница практически отсутствует, максимальные отклонения не превышают 8%, причем опытные значения выше теоретических.

При этом с увеличением эксцентриситета приложения нагрузки (схема 1) теоретические значения несколько выше опытных значений – на 10–12%. Данное обстоятельство можно объяснить влиянием изгибающих моментов в плоскости стены на несущую способность плиты при продавливании, что не учитывается методикой действующих норм.

Разрушение по наклонному сечению

Проведенные испытания показали, что по наклонному сечению разрушились образцы, загруженные по схеме 3 (образцы ПО-3 и ПКр-3). При загрузке по данной схеме эксцентриситет приложения сил относительно опоры торца стены отсутствует, нагрузки приложены вдоль стены, что и объясняет полученную схему разрушения как изгибаемого элемента по наклонному сечению. Некоторое различие в полученных значениях разрушающих нагрузок при разрушении по наклонному сечению между образцами ПО-3 и ПКр-3 можно объяснить пониженной кубиковой прочностью образца ПКр-3. Данные образцы после достижения разрушающей нагрузки были доведены до полного разрушения, при котором в образце ПО-3 (без поперечной арматуры) трещины образовали контур продавливания у торца стены.

Сравнение фактической несущей способности плит по наклонному сечению с теоретическим значением (табл. 2) показало, что методика СП 63.13330.2018 [1] дает более осторожные значения.

Вывод

Как показали результаты проведенных экспериментальных исследований, при наличии больших эксцентриситетов приложения нагрузки к плите от-

носительно торца стеновой панели возможна схема разрушения плиты при продавливании. При этом методика действующих норм дает несколько завышенные значения несущей способности на плиту (на 10–12%). Представляется, что это обусловлено влиянием изгибающих моментов, действующих в плоскости стены, и методика действующих норм требует корректировки.

Список литературы / References

- СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01–2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». М., 2018.
- SP 63.13330.2018 SNiP 52-01–2003 Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions. Moscow. 2018.
- СП 430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования». М., 2018.
- SP 430.1325800.2018 Monolithic structural systems. Design rules. Moscow. 2018.
- ACI CODE-318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI. 2005. 430 p.
- ACI 421.1 R-20 Guide to Shear Reinforcement for Slabs.
- EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. CEN, EN 1992-1-1, Brussels, Belgium, 2004, 225 p.
- Model Code 2010.
- Reineck K., Kuchma D., Kang-Su Kim, Marx S. Punching of structural concrete slabs. *fib Bulletin*. 2001. April. No. 12. DOI: 10.35789/FIB.BULL.0012
- Triantafyllou T., Matthys S. Shear and punching shear in RC and FRC elements. *fib Bulletin*. 2010. October. No. 57. DOI: 10.35789/FIB.BULL.0057
- Punching shear of structural concrete slabs: Honoring Neil M. Hawkins. *fib Bulletin*. 2017. No. 81. 10.35789/fib.bull.0081.ch11
- Aurelio Muttoni. Punching Shear Strength of Reinforced Concrete Slabs without Transverse Reinforcement. *Acı Structural Journal*. 2008. July.

В.В. РЕМНЁВ, д-р техн. наук (rema97776952@yandex.ru)

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство», Центр № 11 (109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, 6, к. 5)

Возможность применения монолитных пенобетонов в системах аварийного торможения воздушных судов

Проанализированы основные строительно-технические свойства и конкретные преимущества монолитного пенобетона, позволяющие применять его в системах аварийного торможения воздушных судов, устанавливаемых на взлетно-посадочных полосах аэродромов. Разработаны монолитные пенобетоны марок по плотности D200–D500 с объемом пор от 65–85%. Показано, что такие важные физико-технические свойства бетонов, как средняя плотность, теплопроводность, прочность и морозостойкость, зависят от показателей качества макропористой структуры пенобетонов и структуры межпоровых перегородок (мембран). Установлено снижение прочности пенобетона по мере увеличения дисперсии пористости. Показано, что увеличение водотвердого отношения приводит к значительному улучшению распределения пор.

Ключевые слова: система аварийного торможения самолетов, взлетно-посадочная полоса, монолитный пенобетон, структура поробетона, пористость.

Для цитирования: Ремнёв В.В. Возможность применения монолитных пенобетонов в системах аварийного торможения воздушных судов // *Бетон и железобетон*. 2022. № 2 (610). С. 41–44.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-41-44>

V.V. REMNEV, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Head of the Center for Special Concrete and Structures (rema97776952@yandex.ru)
Research, Design and Technological institute of Concrete and Reinforced Concrete – NIIZHB named after A.A. Gvozdev
JSC “Research Center “Stroitel’stvo”, Center No. 11 (6, build. 5, 2-nd Institutskaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

Possibility of Application of Monolithic Foam Concretes in Aircraft Emergency Braking Systems

The main construction and technical properties and specific advantages of monolithic foam concrete, making it possible to use it in emergency braking systems installed on the runways of airfields are analyzed. Monolithic foam concrete of D200-D500 density grades with a pore volume of 65-85% have been developed. It is shown that such important physical and technical properties of concrete as average density, thermal conductivity, strength and frost resistance depend on the quality indicators of the macroporous structure of foam concrete and the structure of interpore partitions (membranes). A decrease in the strength of foam concrete was found as the porosity dispersion increased. It is shown that an increase in the water-solid ratio leads to a significant improvement in the pore distribution.

Keywords: aircraft emergency braking system, runway, monolithic foam concrete, porous concrete structure, porosity.

For citation: Remnev V.V. Possibility of application of monolithic foam concretes in aircraft emergency braking systems. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2022. No. 2 (610), pp. 41–44. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-41-44>

В настоящее время интенсивно ведется разработка различных систем аварийного торможения воздушных судов (ВС), принцип работы которых основан на передаче энергии от самолета к тормозному устройству, установленному на торце взлетно-посадочной полосы (ВПП). Примером такой системы может служить система аварийного торможения самолетов Engineered Material Arresting System (EMAS). Данная система аварийного торможения устанавливается по торцам ВПП. Принцип ее работы основан на передаче энергии движения самолета к материалу системы (Инженерная система задержания воздушных судов (EMAS)/Federal Aviation Administration, 09.12.2021. Aircraft detention engineering system (EMAS)/Federal Aviation Administration, 09.12.2021). Как только колеса самолета ломают материал, происходит плавное и

контролируемое торможение. Установка EMAS помогает эффективно затормозить ВС, не подвергая самолет сильным повреждениям. При установке EMAS стандартом считаются следующие размеры: 300 м – длина; 150 м – ширина; 0,45 м – высота.

Покрытие должно иметь поверхность, которая позволит замедлить движение самолета в случае наезда ВС, но быть относительно прочным, чтобы не препятствовать движению спасательных и пожарных машин или любому другому аспекту деятельности по реагированию на чрезвычайные ситуации. Зоны безопасности конца взлетно-посадочной полосы – это формальное средство ограничения последствий, когда самолеты пересекают конец ВПП во время посадки или отклоненного взлета или идут мимо посадочной полосы. Незначительные выкаты

ВС за пределы взлетно-посадочной полосы являются относительно частым явлением. Большинство источников данных указывает на значительные происшествия в среднем раз в неделю по всему миру. Так, например, 19 января 2010 г. самолет Bombardier CRJ200 на внутреннем пассажирском рейсе, вылетевшем из г. Чарльстон в г. Шарлотт (США), совершил скоростной отклоненный взлет в условиях нормальной дневной видимости и врезался в конце сухой взлетно-посадочной полосы в установку EMAS. Самолет остановился в пределах EMAS (см. рисунок) в соответствии с проектными параметрами, применимыми к данному типу самолета, и получил лишь небольшие повреждения (Skybrary Aviation Safety-CRJ2, Charleston WVP USA, 2010). Никто из 34 пассажиров не пострадал.

EMAS, или в вольном переводе «система инженерных материалов для остановки воздушных судов», – это специальная подложка из специальных бетонных плит, находящаяся в конце взлетно-посадочной полосы, задачей которой является снижение риска выката воздушного судна за ее пределы. Ее использование может уменьшить вероятность получения травм членами экипажа и пассажирами при минимальном повреждении конструкции самолета. В русскоязычных документах обычно применяется термин «концевая зона безопасности ВПП». Чаще всего используемая технология EMAS заключается в применении достаточно массивных и в то же время легких бетонных конструкций, обладающих заведомо повышенной хрупкостью, благодаря которым под тяжестью самолета его колеса вязнут в этой подложке. В зависимости от типа и скорости самолета, EMAS также может полностью затормозить катящуюся машину (Engineered Materials Arresting System (EMAS)/skybrary.aero).

В НИИЖБ им. А.А. Гвоздева (АО «НИЦ «Строительство») разработаны монолитные пенобетоны марок по плотности D200–D500 с объемом пор 65–85%. Установлено, что такие важные физико-технические



Торможение ВС на системе EMAS
Aircraft braking on the EMAS system

свойства бетонов, как средняя плотность, теплопроводность, прочность и морозостойкость, зависят от показателей качества макропористой структуры пенобетонов и структуры межпоровых перегородок (мембран) [1].

Макропористая структура пенобетонов характеризуется:

- сферическими порами разного диаметра;
- соотношением между количеством макро- и микропор от 5 до 7;
- однородным распределением пор в объеме бетона.

На качество макропористой структуры большое влияние оказывают составы пенобетонных смесей и способ поризации.

Для формирования структуры применяются:

- трехстадийный способ, по которому предварительно изготавливается из сырьевых компонентов растворная смесь, с помощью пеногенератора приготавливается пена и, наконец, производится смешивание растворной части и готовой пены;
- одностадийный способ, при котором процессы смешивания компонентов происходят одновременно с их механохимической активизацией и поризацией смеси;
- аэрирование растворной смеси под давлением.

На практике применяются разновидности этих способов и их совокупность в различных комбинациях.

В результате получают пенобетоны, пористая структура которых характеризуется мелкими замкнутыми сферическими порами, а сами бетоны имеют улучшенные показатели строительно-технических свойств [2–8].

В технологии изготовления поризованных бетонов особо низкой плотности имеют широкое применение комплексные химические добавки, основными преимуществами которых являются:

- а) полифункциональность действия, т. е. способность влиять сразу на несколько характеристик смеси или бетона (часто не связанных друг с другом);
- б) возможность с их помощью существенно усилить или углубить какой-либо эффект, предельно достигаемый при введении однокомпонентной добавки;
- в) возможность уменьшения или практически полного устранения нежелательного побочного действия каждой составляющей комплексной добавки;
- г) возможность получения большей универсальности их действия, под которой понимается практическая независимость получаемого эффекта от химико-минералогического состава цемента и состава бетона [1, 4].

Таким образом, стабильное качество сырьевых компонентов, механохимическая активация сырьевых смесей, оптимальные составы и параметры

Таблица 1
Table 1

Общая пористость и макропористость монолитных бетонов
General porosity and macroporosity of monolithic concrete

Средняя плотность, кг/м ³	В/Т	Общая пористость (П)	Макропористость (Пг)
263	0,45	0,84	0,73
268	0,5	0,845	0,71
265	0,55	0,85	0,64
248	0,6	0,857	0,7
250	0,65	0,86	0,68

Таблица 2
Table 2

Влияние В/Т на прочность и средний диаметр пор пенобетона
Influence of water-solid ratio on strength and average pore diameter of foam concrete

Средняя плотность бетона, кг/м ³	В/Т	Средняя длина хорд, мм	Средний диаметр пор, мм	Прочность при сжатии, МПа	Дисперсия пористости
250	0,65	0,768	0,88	0,72	0,05
248	0,6	0,720	0,82	0,7	0,048
265	0,55	0,706	0,806	0,67	0,045
268	0,5	0,654	0,75	0,65	0,044
263	0,45	0,543	0,62	0,62	0,035

приготовления смесей, отсутствие деструктивных процессов при твердении обеспечивают высокую однородность и стабильность качественных показателей неавтоклавно пенобетона.

Установлено, что получение более высоких прочностей пенобетона с переходом на смеси, характеризующиеся более высоким водотвердым отношением (В/Т) и соответственно высокой пластичностью, объясняется образованием пор правильной сферической формы и улучшением базового состава межпустотного материала, а также повышением однородности распределения пор, которая оценивалась дисперсией пористости.

Список литературы

1. Звездов А.И., Ярмаковский В.Н. Легкие бетоны нового поколения в современном строительстве // *Строительный эксперт*. 2005. № 16 (203). С. 4–5.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Экономические предпосылки применения высокопрочных легких бетонов // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2012. № 5. С. 198–205.
3. Ярмаковский В.Н., Бремнер Т.У. Легкий бетон: настоящее и будущее // *Строительный эксперт*. 2005. № 20. С. 5–7.

С увеличением В/Т наблюдается резкое изменение характера пор – от агрегатов пор вытянутой нечеткой формы к цепочкам круглых пор, отделяющихся друг от друга перетяжками, и, наконец, к одиночным порам правильной сферической формы с четкими очертаниями.

За счет перехода от агрегатов к отдельным порам происходит уменьшение их размера в 1,5–2 раза.

Наилучшая форма пор с точки зрения прочности и теплопроводности сферическая, что обеспечивается применением пенобетонных смесей с повышенными В/Т и пластичной консистенции.

Проведены исследования по влиянию водотвердого отношения (и соответственно пластичности смеси) на качество пористой структуры (Рекомендации по изготовлению и применению изделий из неавтоклавно ячеистого бетона. М.: НИИЖБ, 1986. 34 с.).

На основании экспериментальных данных по средней плотности 250 кг/м³ и исходного В/Т (0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,65) определены общая пористость (П) и объемная макропористость (Пг) (табл. 1).

Следует отметить, что увеличение водотвердого отношения приводит к значительному понижению дисперсии, свидетельствующему о повышении однородности распределения пор.

Расчетным путем определено влияние В/Т на средние значения длин хорд и средние диаметры пор образцов монолитного бетона средней плотностью 250 кг/м³ (табл. 2).

При исследовании влияния однородности распределения пор (дисперсия пористости) в пенобетоне на прочность бетона, проведенном на образцах со средней плотностью 250 кг/м³, установлено снижение прочности такого бетона по мере увеличения дисперсии пористости.

Таким образом, многочисленные исследования, проводимые в НИИЖБ, позволяют рекомендовать монолитные пенобетоны для применения в системах аварийного торможения EMAS, после предварительных натурных исследований на взлетно-посадочной полосе.

References

1. Zvezdov A.I., Yarmakovskiy V.N. Lightweight concretes of a new generation in modern construction. *Stroitel'nyi ekspert*. 2005. No. 16 (203), pp. 4–5. (In Russian).
2. Inozemtsev A.S., Korolev E.V. Economic prerequisites for the use of high-strength lightweight concretes. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya*. 2012. No. 5, pp. 198–205. (In Russian).
3. Yarmakovskiy V.N., Bremner T.U. Lightweight concrete: present and future. *Stroitel'nyi ekspert*. 2005. No. 20, pp. 5–7. (In Russian).

4. Звездов А.И., Фаликман В.Р. Высокопрочные легкие бетоны в строительстве и архитектуре // *Жилищное строительство*. 2008. № 7. С. 2–7.
5. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Структурообразование и свойства конструкционных высокопрочных легких бетонов с применением наномодификатора BisNanoActivus // *Строительные материалы*. 2014. № 1–2. С. 33–37.
6. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. К нормированию физико-механических характеристик высокопрочных легких бетонов и методам расчета конструкций из них // *Жилищное строительство*. 2016. № 7. С. 25–28.
7. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. Конструкционные легкие бетоны для нефтедобывающих платформ в северных приливных морях и морях Дальнего Востока // *Вестник инженерной школы ДВФУ*. 2015. № 2. С. 105–114.
8. Ярмаковский В.Н. Физико-химические и структурно-технологические основы получения высокопрочных и высокодолговечных конструкционных легких бетонов // *Строительные материалы*. 2016. № 6. С. 6–11.
4. Zvezdov A.I., Falikman V.R. High-strength lightweight concrete in construction and architecture. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2008. No. 7, pp. 2–7. (In Russian).
5. Inozemtsev A.S., Korolev E.V. Structure formation and properties of structural high-strength lightweight concretes with the use of nanomodifier BisNanoActivus. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 1–2, pp. 33–37. (In Russian).
6. Karpenko N.I., Yarmakovskiy V.N. To the normalization of physical and mechanical characteristics of high-strength lightweight concrete and methods of calculating structures from them. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 7, pp. 25–28. (In Russian).
7. Karpenko N.I., Yarmakovskiy V.N. Structural lightweight concretes for oil production platforms in the northern tidal seas and the seas of the Far. *Vestnik inzhenernoi shkoly DVFU*. 2015. No. 2, pp. 105–114. (In Russian).
8. Yarmakovskiy V.N. Physico-chemical and structurally technological bases for obtaining high-strength and long-lasting structural lightweight concretes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 6, pp. 6–11. (In Russian).

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ
СТТ EXPO

25–26
МАЯ 2022

МОСКВА
МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»,
ПАВИЛЬОН 3,
ОТЕЛЬ «АКВАРИУМ»

www.fc-union.com,
info@fc-union.com,
+7 (495) 66-55-014,
+7 925 57-57-810

12+

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ»

Организатор конференции

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

10 ЛЕТ

2022

Генеральный спонсор
конференции

СИНЕРГО

Спонсоры конференции

MALININ GROUP

ГеоСпецТехнология

ГСТ

Официальная поддержка

НИЦ строительство
научно-исследовательский центр

Генеральные информационные партнеры

Требования к подготовке научно-технической статьи

Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до пяти журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Жилищное строительство» для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:


1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНиПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.
2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.
3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.
4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние **2-3 года** в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.
2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние пять лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

Технические требования к предоставляемым материалам

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) предоставляется отдельными файлами и должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Все шрифты в кривых. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 85 мм по ширине, цветовая модель **Grayscale** .

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом не менее 100 слов на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы», ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»[®] был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf

