

Л.А. ТИТОВА, М.И. БЕЙЛИНА, В.А. ШАБАЛИН, М.Ю. ТИТОВ, С.И. ИВАНОВ✉
Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт
бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»,
2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

ПЕРЕСМОТР СТАНДАРТА ГОСТ 32803 «БЕТОНЫ НАПРЯГАЮЩИЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ» В СВЕТЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ БЕТОНОВ

Аннотация

Введение. ГОСТ 32803 был разработан более 8 лет назад и учитывал уровень развития производства и подход к проблеме в данный период. В то же время за прошедший период расширилась область применения напрягающих бетонов, были разработаны новые технологии производства таких бетонов как на заводах железобетонных изделий, так и на строительной площадке. Применение современных технологий производства напрягающих бетонов и разработка новых видов таких бетонов, в частности, самоуплотняющихся и жаростойких, существенно расширяет область использования напрягающих бетонов в конструкциях, к которым предъявляют требования по качеству поверхности и долговечности, по прочности, водонепроницаемости, морозостойкости, отсутствию дефектов.

При этом такие бетоны можно эффективно использовать для подземного строительства и в специальных конструкциях, таких как емкостные и гидротехнические сооружения, с получением в применяемых для их строительства бетонах высоких марок по водонепроницаемости, морозостойкости и истираемости.

Цель. Пересмотр ГОСТ 32803 осуществлялся с целью уточнения и корректировки видов напрягающего бетона и расширяющих добавок для производства таких бетонов.

Материалы и методы. В новой редакции стандарта учтена возможность применения как отходов производств, так и новых материалов.

Результаты. Представлена актуализированная редакция стандарта, составленная с учетом новых и актуализированных редакций ранее разработанных нормативных документов.

Выводы. Использование расширяющих добавок в составе напрягающего бетона, в том числе и доба-

вок, позволяет решать актуальную задачу по защите окружающей среды, т. к. для изготовления таких добавок используются крупнотоннажные отходы различных промышленных производств.

Ключевые слова: напрягающий бетон, бетон с компенсированной усадкой, расширяющая добавка, самонапряжение, область применения, водонепроницаемость, морозостойкость, истираемость

Для цитирования: Титова Л.А., Бейлина М.И., Шабалин В.А., Титов М.Ю., Иванов С.И. Пересмотр стандарта ГОСТ 32803 «Бетоны напрягающие. Технические условия» в свете возможности дальнейшего развития области применения эффективных бетонов // *Бетон и железобетон*. 2023. № 2 (616). С. 31–39. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2023-2\(616\)-31-39](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2023-2(616)-31-39)

Вклад авторов

Титова Л.А. – общее руководство, анализ результатов НИОКР, подготовка статьи.

Бейлина М.И. – разработка программы исследований, обзор литературных данных, обработка результатов экспериментальной работы, выводы по работе. Шабалин В.А. – проведение эксперимента, обработка результатов экспериментальной работы.

Титов М.Ю. – пересмотр ГОСТ, его актуализация и редактирование.

Иванов С.И. – анализ результатов НИОКР, подготовка статьи.

Финансирование

Работа выполнялась за счет средств ФАУ «ФЦС».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 20.12.2022

Поступила после рецензирования 19.02.2023

Принята к публикации 09.03.2023

L.A. TITOVA, M.I. BEILINA, V.A. SHABALIN, M.Yu. TITOV, S.I. IVANOV✉

Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev,
JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 5, Moscow, 109428,
Russian Federation

REVISION OF THE STATE STANDARD 32803 "SELF-STRESSING CONCRETE. GENERAL SPECIFICATIONS" IN THE LIGHT OF THE POSSIBILITY OF FURTHER DEVELOPMENT OF THE APPLICATION FIELD OF EFFICIENT CONCRETE

Abstract

Introduction. State Standard 32803 was developed more than 8 years ago and took into account the level of development of production and the approach to the problem in this period. At the same time, over the past period, the scope of application of straining concretes has expanded, new technologies for the production of such concretes have been developed both at precast concrete plants and on the construction sites. The use of modern technologies for the production of straining concretes and the development of new types of such concretes, in particular self-compacting and heat-resistant, significantly expands the scope of use of straining concretes in structures that are subject to requirements for surface quality and durability, strength, water resistance, frost resistance, absence of defects.

At the same time, such concretes can be effectively used for underground construction and in special structures, such as capacitive and hydraulic structures, with obtaining high grades of water permeability resistance, frost resistance and abrasion resistance in the concretes used for their construction.

Aim. The revision of State Standard 32803 was carried out in order to clarify and adjust the types of straining concrete and expanding additives for the production of such concretes.

Materials and methods. The new edition of the standard takes into account the possibility of using both waste products and new materials.

Results. An updated version of the standard is presented, compiled taking into account new and updated editions of previously developed regulatory documents.

Conclusions. The use of expanding additives in the composition of prestressing concrete, including additives, makes it possible to solve the urgent problem of protecting the environment, since large-tonnage waste from various industrial productions is used for the manufacture of such additives.

Keywords: self-tensioning concrete, concrete with compensated shrinkage, expanding additive, self-stressing, scope, water resistance, frost resistance, abrasion resistance

For citation: Titova L.A., Beilina M.I., Shabalin V.A., Titov M.Yu., Ivanov S.I. Revision of the State Standard 32803 "Self-stressing concrete. General specifications" in the light of the possibility of further development of the field of application of effective concrete. *Beton i Zhelozobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2023, no. 2 (616), pp. 31–39. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2023-2\(616\)-31-39](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2023-2(616)-31-39)

Author contribution statements

Titova L.A. – general management, analysis of R&D results, preparation of the article.

Beilina M.I. – development of a research program, review of literature data, processing of experimental results, conclusions on the work.

Shabalin V.A. – conducting an experiment, processing the results of experimental work.

Titov M.Yu. – State Standard revision, updating and editing.

Ivanov S.I. – analysis of R&D results, preparation of the article.

Funding

The work was carried out at the expense of the FAO "FCS".

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Received 20.12.2022

Revised 19.02.2023

Accepted 09.03.2023

Основными задачами современного строительства являются разработка и внедрение новых эффективных материалов, обеспечивающих надежность и долговечность конструкций и сооружений. Среди таких эффективных материалов особое место занимает напрягающий бетон как материал с уникальными показателями по прочности, плотности, долговечности.

Актуальность работы вызвана необходимостью совершенствования системы градостроительной деятельности, для чего потребовалось ввести изменение в существующую нормативную базу по применению напрягающего бетона с учетом современных требований, а также результатов научных исследований, выполненных в последние годы.

Основанием для проведения работы по Изменению № 1 к ГОСТ 32803-2014 «Бетоны напрягающие. Технические условия» [1] является реализация национального проекта «Жилье и городская среда» до 2024 года для решения задачи актуализации действующих нормативно-технических документов с целью внедрения новых передовых технологий и ограничения использования устаревших технологий.

Согласно ГОСТ [1], напрягающий бетон – это бетон, содержащий в качестве вяжущего напрягающий цемент или комплексное вяжущее (портландцемент с расширяющей добавкой), который при твердении обеспечивает расширение и самонапряжение в условиях ограничения деформаций расширения. В зависимости от значения контролируемой величины самонапряжения (S_p) бетоны подразделяются на бетоны с компенсированной усадкой (до $S_p = 1,0$ МПа) и напрягающие (S_p более 1,0 МПа).

Для производства напрягающего бетона в качестве вяжущего используют напрягающий цемент, выпускаемый в соответствии с ГОСТ Р 56727-2015 [2], или портландцемент, соответствующий ГОСТ 31108-2020 [3], в сочетании с расширяющей добавкой по ГОСТ Р 56592-2015 [4] и ТУ 5743-006-46854090-98 [5].

В результате многолетних исследований, в т. ч. выполненных в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, была разработана теория развития расширения и самонапряжения напрягающих бетонов [6, 7] и конструкций на их основе [8–11].

Механизм твердения напрягающего бетона заключается в направленном кристаллообразовании в твердеющем цементном камне с обеспечением регулируемого расширения, происходящего в еще пластичной структуре материала. В то же время в условиях ограничения деформаций расширения развивается самонапряжение, компенсирующее растягивающие напряжения, которые могут приводить к образованию доэксплуатационных трещин в бетоне. Расширяющие добавки могут вводиться в смесительную установку при производстве бетона или непосредственно в автобетоносмеситель при загрузке бетонной смеси.

Промышленное производство напрягающего бетона было организовано со второй половины прошлого века в Белоруссии, Украине, Казахстане, а также в различных регионах России: в Москве и Московской области, Западной Сибири. В настоящее время эта логистика изменилась в связи с распадом СССР. В России (в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева) разработан целый ряд расширяющих добавок, которые позволяют более технологично и экономически предпочтительнее получать напрягающие бетоны на основе расширяющих добавок. Такие добавки в качестве сырьевых материалов используют природные материалы и промышленные отходы, тем самым решая еще и экологические проблемы – утилизацию крупнотоннажных отходов [12–16].

В силу вышесказанного, при пересмотре действующего межгосударственного стандарта особое внимание было уделено современному состоянию исследований и практики применения напрягающего бетона на основе расширяющих добавок. При этом одной из главных целей работы ставилось приведение рассматриваемого стандарта в соответствие с требованиями группы основных смежных стандартов на бетоны и бетонные смеси [17–29].

Рассмотрим основные из внесенных изменений и дополнений.

В разделе 3 «Термины и определения» принята новая формулировка пункта 3.1: «Бетоны с компенсированной усадкой и напрягающие – бетоны, содержащие в качестве вяжущего напрягающий цемент или портландцемент с расширяющей добавкой, обеспечивающие расширение бетона в процессе его твердения».

Данная формулировка расширена по сравнению с прежней, так как регулирование свойств расширяющих добавок позволяет получить не только напрягающие бетоны, но и бетоны с компенсированной усадкой. Последние имеют большую перспективу применения во многих конструкциях, в которых должны быть обеспечены технологическая трещиностойкость и высокое качество готовых поверхностей бетона.

В разделе 4 «Классификация» важным дополнением стало внесение в стандарт мелкозернистого напрягающего бетона. Как известно, мелкозернистые бетоны составляют достаточно значительный объем производства и имеют широкое применение в практике строительства, особенно в тех регионах, где отсутствуют необходимые природные запасы материалов для производства крупного заполнителя.

Кроме того, внесено дополнение в условные обозначения бетонных смесей, имея в виду приведение обозначений смесей напрягающих бетонов к обозначениям, принятым в основном стандарте по бетонным смесям, ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия» [17]. Данное дополнение позволяет рассматривать напрягающий бетон в составе общего подхода к требованиям, предъявляемым ко всем бетонным смесям.

В разделе 5 «Технические требования» в части установления прочностных характеристик напрягающих бетонов положения прежней редакции ГОСТ [1] остались без изменений. Вместе с тем по ряду других требований были внесены определенные коррективы.

Так, был расширен параметрический ряд напрягающего бетона по средней плотности для тяжелого бетона до D2600, имея в виду, что аналогичное требование содержится в основном ГОСТ 26633-2012 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» [28].

В части нормирования требований по самонапряжению произведено дифференцирование марок напрягающего бетона отдельно для бетонов с компенсированной усадкой и для бетонов с нормируемой величиной самонапряжения. Так, для бетона с компенсированной усадкой приняты марки Sp0,6; Sp0,8; Sp1,0; а для бетона с нормируемой величиной самонапряжения – Sp1,2; Sp1,4; Sp1,6; Sp1,8; Sp2,0. В сравнении с прежней редакцией данного стандарта снижена верхняя граница марок бетона с самонапряжением с 4 до 2 МПа, имея в виду, что марки по самонапряжению выше Sp2 не всегда представляются реально достижимыми и целесообразными в массовом строительстве.

Вместе с тем введение такого ограничения для марки по самонапряжению приводит к противоречию в сравнении с требованиями норм проектирования бетонных и железобетонных конструкций СП 63.13330.2018 [30], в котором верхняя граница марки по самонапряжению составляет Sp4. Учитывая изложенное, в дальнейшем будет необходимо рассмотреть вопрос о приведении требований СП 63.13330.2018 [30] в этой части к требованию актуализированной редакции данного стандарта.

В части нормирования требований, в зависимости от условий эксплуатации конструкций в части марки напрягающего бетона по морозостойкости, в рассматриваемый стандарт внесены более детальные требования, имея в виду то обстоятельство, что в ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» [20] предусмотрено два базовых метода для определения марок по морозостойкости тяжелого и мелкозернистого бетонов. В этой связи уточненные параметрические ряды по морозостойкости представляются следующими:

- по первому базовому методу: F₁50; F₁75; F₁100; F₁150; F₁200; F₁300; F₁400; F₁500;
- по второму базовому методу: F₂100; F₂150; F₂200; F₂300.

Тем же ГОСТ 10060-2012 [20], учитывая обстоятельство, что конструкции из легких бетонов не применяют для дорожных и аэродромных покрытий, а также в конструкциях, которые эксплуатируются при действии минерализованной воды, нормирование марок по морозостойкости производят исключительно по первому базовому методу. При этом для легких

бетонов установлен следующий параметрический ряд марок по морозостойкости: F₁50; F₁75; F₁100; F₁200; F₁300; F₁400.

В соответствии с СП 63.13330.2018 [30], в зависимости от водонепроницаемости, устанавливаются следующие марки от W2 до W20 для тяжелого и мелкозернистого напрягающих бетонов и от W2 до W12 для легкого бетона. Марки по водонепроницаемости в актуализированном ГОСТ 32803 представлены следующими параметрическими рядами:

- для тяжелого и мелкозернистого напрягающих бетонов: W8; W10; W12; W14; W16; W18; W20;
- для легкого напрягающего бетона: W8; W10; W12; W14; W16.

Сопоставление требований СП 63.13330.2018 [30] и данного стандарта показывает, что нижняя граница марок по водонепроницаемости по стандарту выше, чем для тяжелого и мелкозернистого бетонов, так и для легкого бетона в сравнении с СП 63.13330.2018 [30]. Кроме того, верхняя граница марок по водонепроницаемости для легких напрягающих бетонов выше в требованиях стандарта. Указанные несоответствия двух нормативных документов в дальнейшем могут потребовать проведения корректировки требований СП 63.13330.2018 [30] для обеспечения соответствия требованиям ГОСТ 32803.

Кроме того, в актуализированном стандарте появилось требование по истираемости, которое было внесено с целью гармонизации с классификацией бетонов, установленной в ГОСТ 25192-2012 «Бетоны. Классификация и общие технические требования» [26]. По истираемости при испытании на круге истирания устанавливаются марки G1, G2, G3, которые соответствуют низкой, средней и высокой истираемости по классификации ГОСТ 25192-2012 [26].

Учитывая, что показатели качества бетона в раннем возрасте могут не соответствовать приведенным требованиям, новым пунктом 5.1.7 фиксируется требование, что все установленные показатели качества бетона должны быть обеспечены в проектом возрасте.

В части требований к бетонным смесям в подраздел 5.3 «Требования к бетонным смесям» был внесен пункт 5.3.3 о том, что «при назначении к бетону нескольких проектных требований состав бетонной смеси должен обеспечивать получение бетона с нормируемыми показателями в соответствии с требованиями настоящего стандарта». Данным пунктом для бетонных смесей, в случае предъявляемых к ним наряду с другими требованиями, достижение показателей качества, в том числе и для напрягающего бетона, требуется обеспечивать требования, как и для последнего.

Раздел 6 «Правила приемки» был значительно расширен.

Необходимым дополнением стало внесение положения о том, что приемку напрягающего бетона про-

изводят не только в соответствии с требованиями ГОСТ 7473-2010 [17], ГОСТ 13015-2012 [31], но и ГОСТ 18105-2018 [24]. При этом имелось в виду, что прочность бетона является одним из его важнейших показателей качества.

Кроме того, новым пунктом 6.2 указывается, что контроль и оценку показателей качества напрягающих бетонных смесей и бетона следует проводить партиями по ГОСТ 7473-2010 [17] по методикам ГОСТ 10181-2000 [23], ГОСТ 18105-2018 [24], ГОСТ 31914-2012 [32] и настоящего стандарта.

Дополнительно внесено положение о том, что оценку качества бетона по морозостойкости, водонепроницаемости, плотности производят при подборе каждого состава бетона по ГОСТ 27006-86 [29], а в дальнейшем не реже одного раза в 6 месяцев, а также при изменении состава бетона или используемых материалов. При этом оценку и приемку бетонов с компенсированной усадкой и напрягающих предложено производить:

- по прочности – по ГОСТ 10180-2012 [22], ГОСТ 18105-2018 [24], ГОСТ 31914-2012 [32] и настоящему стандарту;
- по самонапряжению – по настоящему стандарту;
- по водонепроницаемости – по ГОСТ 12730.5-2018 [33];
- по морозостойкости – по ГОСТ 10060-2012 [20];
- по истираемости – по ГОСТ 13087-2018 [34].

Разделы стандарта 7 «Методы контроля» и 8 «Гарантии производителя (поставщика)» не получили принципиальных изменений и дополнений, в них были сделаны только отдельные редакционные правки.

Вместе с тем проект актуализированного стандарта был дополнен новым **разделом 9 «Указания по применению»**, в котором содержится важное требование об учете как при проектировании, так и при возведении конструкций при положительной и отрицательной температурах повышенной экзотермии напрягающих бетонов, происходящей в процессе набора прочности.

Кроме того, в актуализированный стандарт было включено новое справочное **Приложение А «Расширяющие добавки для бетонов с компенсированной усадкой и напрягающих»**.

Необходимость создания такого приложения связана с тем, что в настоящее время основной способ получения напрягающих бетонов основан на введении расширяющей добавки в бетонную смесь на портландцементе. В то же время расширяющие добавки могут быть на алюминатной, оксидной или алюминатно-оксидной основе и производиться по обжиговой или безобжиговой технологии. Ранее проведенными работами отечественных и зарубежных ученых доказано, что процессы гидратации цементов на расширяющих добавках и бетонов на их основе во многом зависят от вида, активности и количества расширяющей добавки, что связано со скоростью образования продуктов гидратации, вызывающих расширение и рост прочности бетона [6, 7, 13, 15].

Поэтому в Приложении А указывается, что по качественному составу расширяющие добавки могут быть:

- на сульфоалюминатной основе;
- на оксидной основе;
- на алюминатно-оксидной основе.

Кроме того, дается информация по необходимому количеству вводимых в состав бетона добавок в зависимости от их качественного состава. Так, для получения бетона с компенсированной усадкой и напрягающего бетона предлагается введение в его состав расширяющей добавки в количестве, представленном в табл. 1.

По результатам экспертизы в ТК 465 «Строительство» проект актуализированного ГОСТ 32803 был признан удовлетворяющим потребностям национальной экономики. Все обоснованные замечания и полезные предложения заинтересованных лиц и организаций, участвовавших в публичном обсуждении, а также экспертов ТК 465 «Строительство» были приняты разработчиками и учтены при подготовке окончательной редакции проекта изменения стандарта.

Следует отметить, что в последние годы был проведен ряд научно-исследовательских работ по определению нормируемых параметров напрягающих бетонов с различными видами армирования. Результаты данных работ были учтены при пересмотре ГОСТ 32803 [1].

Таблица 1
Table 1

Требуемое количество расширяющей добавки для получения напрягающего бетона
The required amount of expansion additive to produce straining concrete

№ п/п	Вид расширяющей добавки	Количество расширяющей добавки в % от массы цемента	
		для бетона с нормируемой величиной самонапряжения	для бетона с компенсированной усадкой
1	сульфоалюминатного типа	8–15	5–8
2	оксидного типа	2–4	1–2
3	алюминатно-оксидного типа	3–8	3–5

Таблица 2

Table 2

Сравнительные характеристики бетонов различного состава
Comparative characteristics of concretes of various compositions

Вид бетона	Расход вяжущего, кг		Полученные показатели качества					
	ПЦ М500Д0	РД	Sp , МПа	$R_{сж.}$, МПа	$B_{тв}$, МПа	G	W	F_1
Товарный бетон	400	–	–	40,7	6,2	0,74	8	300
Напрягающий бетон	НЦ 400	–	2,0	46,1	7,7	0,39	20	500
Напрягающий бетон	ПЦ 345	55	1,85	46,3	7,5	0,40	20	500
Бетон с компенсированной усадкой	ПЦ 370	30	0,75	45,4	7,0	0,41	18	500

В качестве вяжущего в этих работах был использован как напрягающий цемент по ГОСТ Р 56727-2015 [2], так и портландцемент в сочетании с расширяющей добавкой по ТУ 5743-006-46854090-98 [5]. На основе таких вяжущих были получены напрягающие бетоны с новыми свойствами: самоуплотняющиеся и жаростойкие классов по прочности на сжатие до В50 и выше.

Кроме того, были проведены исследования влияния расширяющих добавок и напрягающих цементов на качественные показатели бетонов при применении равноподвижных составов бетона. В данных исследованиях количество расширяющей добавки варьировалось от 7,5 до 15 %. Исследования показали (табл. 2), что применение напрягающих бетонов и бетонов с компенсированной усадкой позволяет при равных расходах вяжущего получать более высокие качественные показатели бетона по прочности на сжатие и растяжение, по истираемости, морозостойкости и водонепроницаемости по сравнению с обычными бетонами.

Представленные в табл. 2 данные свидетельствуют, что введение в состав бетона расширяющей добавки в количестве 7–8 % позволяет получить бетон с компенсированной усадкой, тем самым сокращая расход вяжущего и придавая бетону повышенную водонепроницаемость и морозостойкость. Введение 14 % расширяющей добавки обеспечивает получение напрягающего бетона с энергией самонапряжения (Sp) – 2,0 МПа и с высокими характеристиками по прочности, водонепроницаемости и морозостойкости.

Выводы

1. Пересмотр действующего стандарта ГОСТ 32803 [1] позволит значительно расширить область применения напрягающего бетона и бетона с компенсированной усадкой.

2. Применение напрягающего бетона в различных областях строительства, с учетом требований пересмотренного стандарта ГОСТ 32803 [1], позволит:

- улучшить эксплуатационные характеристики бетонов;

- сократить расход цемента и противоморозных добавок;

- сократить сроки строительства;
- увеличить период межремонтных работ;
- оптимизировать принимаемые проектные решения в части устройства гидроизоляции;
- получить бесшовные конструкции большой протяженности;
- иметь возможность круглогодичного бетонирования.

3. Использование расширяющих добавок в составе напрягающего бетона, в том числе и добавок, представленных в Приложении А актуализированного ГОСТ 32803, позволяет решать актуальную задачу по защите окружающей среды, т. к. для изготовления таких добавок используются крупнотоннажные отходы различных промышленных производств.

Список литературы

1. ГОСТ 32803-2014. Бетоны напрягающие. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2015.
2. ГОСТ Р 56727-2015. Цементы напрягающие. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2019.
3. ГОСТ 31108-2020. Цементы общестроительные. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2020.
4. ГОСТ Р 56592-2015. Добавки минеральные для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ; 2015.
5. ТУ 5743-006-46854090-98. Добавки расширяющие. 1998.
6. Михайлов В.В., Литвер С.Л. Расширяющийся и напрягающий цементы и самонапряженные железобетонные конструкции. Москва: Стройиздат; 1974. 312 с.
7. Михайлов В.В., Баженов Ю.М. Подбор состава для самонапряженных конструкций с учетом технологического фактора // Бетон и железобетон. 1987. № 8 (389). С. 13–14.

8. Самонапряженные и непрерывно армированные конструкции: Сб. науч. тр. / Н.-и., проект.-конструкт. и технол. ин-т бетона и железобетона; Под ред. В.В. Михайлова, А.И. Звездова. Москва: НИИЖБ; 1989. 109 с.

9. Звездов А.И., Титов М.Ю. Бетон с компенсированной усадкой для возведения трещиностойких конструкций большой протяженности // *Бетон и железобетон*. 2001. № 4 (511). С. 17–20. EDN: UBNDBU

10. Титова Л.А. Эффективные водонепроницаемые бетоны нового поколения для морских и речных РТС // *Морские порты*. 2016. № 1. С. 30–33.

11. Титов М.Ю., Бахолдин Б.В., Ястребов П.И. Исследование особенностей железобетонных свай с использованием керамзитового гравия // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 1. С. 24–28. EDN: XRKBZX

12. Титова Л.А., Бейлина М.И., Гончарова Ю.В. Опыт применения расширяющих добавок на стройках г. Москвы. Сб. научн. тр. VII Международного научно-методического семинара. Брест: БГТУ; 2001. С. 365–368.

13. Титова Л.А., Бейлина М.И. Расширяющие добавки для бетонов нового поколения // *Бетон и железобетон*. 2001. № 4 (511). С. 24–27. EDN: ZVTNQF

14. Титова Л.А., Титов М.Ю., Крылов С.Б., Харитонов В.А. Бесшовные конструкции большой протяженности из напрягающего бетона с разработкой математической модели // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 1. С. 45–49. EDN: XRKCCZ

15. Титова Л.А., Бейлина М.И. Регулирование свойств бетона путем введения расширяющих добавок // *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2017. № 1 (12). С. 120–125. EDN: YINNCJ

16. Титов М.Ю., Титова Л.А., Бейлина М.И. Применение промышленных отходов для получения расширяющих компонентов // *Бетон и железобетон*. 2022. № 6 (614). С. 33–37. DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-614-6-33-37>. EDN: YQJACH

17. ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2018.

18. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Москва: Госстрой России; 1995.

19. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия. Москва: Минстрой России; 1995.

20. ГОСТ 10060-2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости. Москва: Стандартинформ; 2014.

21. ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. Москва: Министерство промышленности строительных материалов СССР; 1987.

22. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Москва: Стандартинформ; 2013.

23. ГОСТ 10181-2000. Смеси бетонные. Методы испытаний. Москва: Госстрой России; 2001.

24. ГОСТ 18105-2018. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. Москва: Стандартинформ; 2020.

25. ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические требования. Москва: Стандартинформ; 2010.

26. ГОСТ 25192-2012. Бетоны. Классификация и общие технические требования. Москва: Стандартинформ; 2013.

27. ГОСТ 25820-2000. Бетоны легкие. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2008.

28. ГОСТ 26633-2012. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2014.

29. ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава. Москва: Стандартинформ; 2006.

30. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Москва: Росстандарт; 2019.

31. ГОСТ 13015-2012. Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. Москва: Стандартинформ; 2014.

32. ГОСТ 31914-2012. Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества. Москва: Стандартинформ; 2014.

33. ГОСТ 12730.5-2018. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости. Москва: Стандартинформ; 2019.

34. ГОСТ 13087-2018. Бетоны. Методы определения истираемости. Москва: Стандартинформ; 2019.

References

1. State Standard 32803-2014. Self-stressing concrete. General specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2015. (In Russian).
2. State Standard R 56727-2015. Self-stressing cements. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
3. State Standard 31108-2020. Common cements. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2020. (In Russian).
4. State Standard R 56592-2015. Mineral admixtures for concretes and mortars. General specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2015. (In Russian).
5. TU 5743-006-46854090-98. Expanding additives. 1998. (In Russian).
6. Mikhailov V.V., Litver S.L. Expanding and stressing cements and self-stressed concrete structures. Moscow: Stroyizdat Publ.; 1974. 312 p. (In Russian).
7. Mikhailov V.V., Bazhenov Yu.M. Selection of the

composition for self-stressed structures, taking into account the technological factor. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 1987, no. 8 (389), pp. 13–14. (In Russian).

8. Self-stressed and continuously reinforced structures. *Sat. scientific tr. / Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete*; ed. V.V. Mikhailov and A.I. Zvezdov. Moscow: NIIZHB; 1989. 109 p. (In Russian).

9. Zvezdov A.I., Titov M.Yu. Shrinkage-compensated concrete for the construction of crack-resistant structures of great length. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2001, no. 4 (511), pp. 17–20. (In Russian). EDN: UBNDDBU

10. Titova L.A. Efficient watertight new generation concretes for sea and river RTS. *Seaports*. 2016, no. 1, pp. 30–33. (In Russian).

11. Titov M.Yu., Bakhholdin B.V., Yastrebov P.I. Research in features of reinforced concrete piles with the use of clay gravel. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2017, no. 1, pp. 24–28. (In Russian). EDN: XRKBZX

12. Titova L.A., Beilina M.I., Goncharova Yu.V. Experience in the use of expanding additives at construction sites in Moscow. *Sat. scientific tr. VII International Scientific and Methodological Seminar. Brest: BSTU*; 2001. Pp. 365–368. (In Russian).

13. Titova L.A., Beilina M.I. Expanding admixtures for new generation concretes. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2001, no. 4 (511), pp. 24–27. (In Russian). EDN: ZVTNQF

14. Titova L.A., Titov M.Yu., Krylov S.B., Kharitonov V.A. Jointless structures of great length from self-stressing concrete with development of a mathematical model. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2017, no. 1, pp. 45–49. (In Russian). EDN: XRKCCZ

15. Titova L.A., Beilina M.I. Control of the properties of concrete by introducing expansion agents. *Vestnik NIC Stroitel'stvo* [Bulletin of Science and Research Center of Construction]. 2017, no. 1 (12), pp. 120–125. (In Russian). EDN: YINNCJ

16. Titov M.Yu., Titova L.A., Beilina M.I. Application of industrial waste for the production of expansion components. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2022, no. 6 (614), pp. 33–37. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-614-6-33-37>. EDN: YQJACH

17. State Standard 7473-2010. Fresh concrete. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2018. (In Russian).

18. State Standard 8267-93. Crushed stone and gravel of solid rocks for construction works. Specifications. Moscow: Gosstroy of Russia; 1995. (In Russian).

19. State Standard 8736-93. Sand for construction works. Specifications. Moscow: Ministry of Construction of Russia; 1995. (In Russian).

20. State Standard 10060-2012. Concretes. Methods for determination of frost-resistance. Moscow: Standartinform Publ.; 2014. (In Russian).

21. State Standard 10178-85. Portland cement and portland blastfurnace slag cement. Specifications. Moscow: USSR Ministry of Building Materials Industry; 1987. (In Russian).

22. State Standard 10180-2012. Concretes. Methods for strength determination using reference specimens. Moscow: Standartinform Publ.; 2013. (In Russian).

23. State Standard 10181-2000. Concrete mixtures. Methods of testing. Moscow: Gosstroy of Russia; 2001. (In Russian).

24. State Standard 18105-2018. Concretes. Rules for control and assessment of strength. Moscow: Standartinform Publ.; 2020. (In Russian).

25. State Standard 24211-2008. Admixtures for concretes and mortars. General specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2010. (In Russian).

26. State Standard 25192-2012. Concretes. Classification and general technical requirements. Moscow: Standartinform Publ.; 2013. (In Russian).

27. State Standard 25820-2000. Lightweight aggregates concretes. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2008. (In Russian).

28. State Standard 26633-2012. Heavy-weight and sand concretes. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2014. (In Russian).

29. State Standard 27006-86. Concretes. Rules for mix proportioning. Moscow: Standartinform Publ.; 2006. (In Russian).

30. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. Moscow: Rosstandart; 2019. (In Russian).

31. State Standard 13015-2012. Concrete and reinforced concrete products for construction. General technical requirements. Rules for acceptance, marking, transportation and storage. Moscow: Standartinform Publ.; 2014. (In Russian).

32. State Standard 31914-2012. High-strength heavy-weight and fine-grained concretes for situ-casting structures. Rules for control and quality assessment. Moscow: Standartinform Publ.; 2014. (In Russian).

33. State Standard 12730.5-2018. Concretes. Methods for determination of water tightness. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).

34. State Standard 13087-2018. Concretes. Methods of abrasion test. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).

**Информация об авторах /
Information about the authors**

Лариса Анатольевна Титова, канд. техн. наук, заместитель заведующего лабораторией напрягающих бетонов и самонапряженных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
Larisa A. Titova, Cand. Sci. (Engineering), Deputy Head of the Laboratory of Prestressing Concrete and Self-Stressed Structures, NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

Майя Исааковна Бейлина, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории напрягающих бетонов и самонапряженных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
Maya I. Beilina, Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher, Laboratory of Prestressing Concrete and Self-Stressed Structures, NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

Владимир Александрович Шабалин, ведущий инженер лаборатории напрягающих бетонов и самонапряженных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
Vladimir A. Shabalin, Researcher, Laboratory of Prestressing Concrete and Self-Stressed Structures, NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

Михаил Юрьевич Титов, канд. техн. наук, заведующий лабораторией напрягающих бетонов и самонапряженных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
Mikhail Yu. Titov, Cand. Sci. (Engineering), Self-Stressed Head of the Laboratory of Prestressing Concrete and Self-Stressed Structures, NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

Сергей Ильич Иванов✉, канд. техн. наук, главный специалист центра № 23 НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: 5378018@mail.ru
Sergey I. Ivanov✉, Cand. Sci. (Engineering), Chief Specialist of Center No. 23, NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: 5378018@mail.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



Вышло в свет учебное пособие «Долговечность бетона».

Автор пособия – заведующий лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», доктор технических наук, профессор, академик Российской инженерной академии, Почетный строитель России и г. Москвы, дважды лауреат премии Правительства РФ Валентина Федоровна Степанова.

В пособии приведена теория коррозии бетона и металла, рассматривается правильный подход к выбору строительных материалов, приготовлению бетона и железобетона, обеспечивающих требуемую долговечность конструкций. Даны основные признаки коррозии бетона в жидких агрессивных средах, механизм коррозии арматуры. Показаны способы повышения коррозионной стойкости бетона и обеспечения сохранности арматуры на стадии проектирования состава бетона в процессе приготовления и эксплуатации конструкций. Приведены математические модели коррозии бетона, позволяющие совершенствовать технологию получения бетонов повышенной долговечности.

Пособие ориентировано на студентов, обучающихся по направлению «Строительство», а также будет полезно всем специалистам, занимающимся изучением бетона и железобетона.