

УДК 666.972.4  
[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-3\(30\)-30-40](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-3(30)-30-40)

## НОВЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ НА САМОУПЛОТНЯЮЩИЕСЯ БЕТОННЫЕ СМЕСИ

### NEW NATIONAL STANDARD FOR SELF-COMPACTING CONCRETE MIXES

С. С. КАПРИЕЛОВ, д-р. техн. наук  
 А. В. ШЕЙНФЕЛЬД, д-р. техн. наук  
 И. А. АРЗУМАНОВ  
 И. А. ЧИЛИН

Приведена информация о новом национальном стандарте ГОСТ Р «Смеси бетонные самоуплотняющиеся. Технические условия», разработанном НИИЖБ им. А.А. Гвоздева – институтом АО «НИЦ «Строительство».

Стандарт распространяется на готовые для применения самоуплотняющиеся бетонные смеси тяжелых, мелкозернистых, легких и порошковых бетонов, а также фибробетонов, для производства монолитных или сборных конструкций и изделий, форма и армирование которых, затрудняют укладку и уплотнение обычной бетонной смеси.

Стандарт устанавливает новые термины и определения, типы и обозначения, единые требования к новым технологическим характеристикам (по расплыву, расслаиваемости, вязкости и текучести), правилам приемки и методам испытаний, процессам производства и транспортирования, процедурам контроля и оценке соответствия показателей качества самоуплотняющихся бетонных смесей.

The information about the new national standard GOST R «Self-compacting concrete mixtures. Specifications», developed by the «Research Institute for Concrete and Reinforced Concrete» named after A.A. Gvozdev, of JSC «Research Center of Construction», is presented.

The standard applies to ready-to-use self-compacting concrete mixtures of heavy-weight, fine-grained, light-weight and reactive powder concretes, as well as fiber reinforced concretes, for the production of monolithic or precast concrete structures and products, the shape and reinforcement of which makes it difficult to place and compaction of an ordinary concrete mixture.

The standard establishes new terms and definitions, types and designations, uniform requirements for new technological characteristics (slump-flow, segregation, viscosity and flowability), acceptance rules and test methods, production and transportation processes, control and evaluation procedures conformity of quality indicators of self-compacting concrete mixes.

#### Ключевые слова:

Вязкость, расплыв нормального конуса, расслаиваемость, самоуплотняющаяся бетонная смесь, текучесть

#### Keywords:

Flowability, segregation, self-compacting concrete mix, slump-flow, viscosity

Самоуплотняющиеся бетонные смеси, способные без признаков расслоения заполнять опалубку (форму) с установленной арматурой и закладными деталями и уплотняться под действием собственного веса, давно нашли свое место в строительной практике. На протяжении более 15 лет в Российской Федерации такие смеси используются для возведения, как правило, густоармированных, конструкций, таких как массивные фундаментные плиты объемом до 21 тыс.м<sup>3</sup>, «ажурные» конструкции каркасов высотных зданий, стадионов, мостов и путепроводов, полов и др. Накоплен опыт возведения конструкций как из обычных, классов В25-В50, так и высокопрочных бетонов классов В60-В100 с использованием самоуплотняющихся смесей. Общий объем производства самоуплотняющихся бетонных смесей в России за эти годы превысил 1 млн м<sup>3</sup>, большая часть из которого использовалась на таких объектах как высотные комплексы ММДЦ «Москва-Сити», «Лахта Центр» и «Capital Towers», стадионы «Лужники», «Самара-Арена» и «Екатеринбург-Арена», конструкции Белоярской АЭС, «Парящий мост» в московском парке «Зарядье» и др. [1-6]. Примеры густоармированных конструкций, при бетонировании которых использовались самоуплотняющиеся бетонные смеси, представлены на рис. 1-3.

Самоуплотняющиеся бетонные смеси являются одной из разновидностей обычных бетонных смесей, на которые распространяется ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия», и относятся к группе подвижных смесей. Однако они обладают рядом

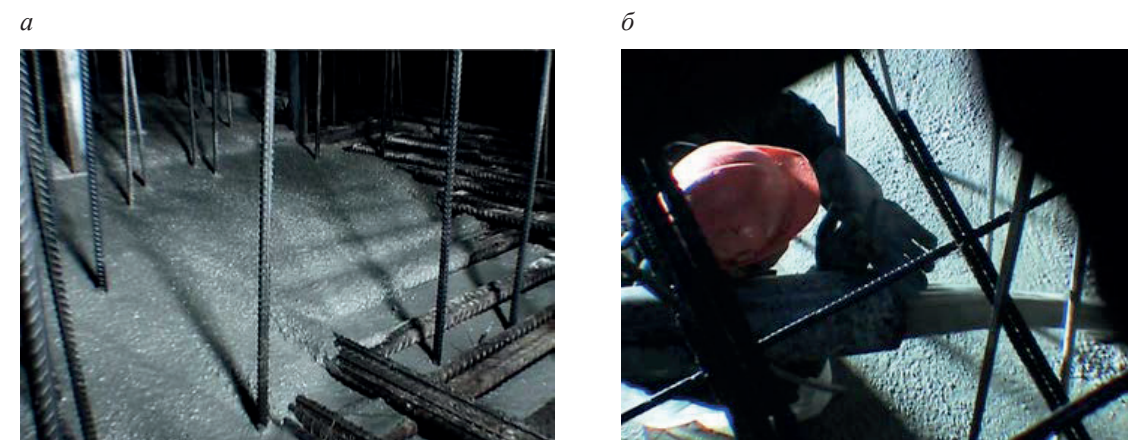


Рис. 1. Укладка самоуплотняющейся бетонной смеси в нижнюю густоармированную зону фундаментной плиты Башни «Восток» высотного комплекса «Федерация» на участке №13 ММДЦ «Москва-Сити» (средний расход арматуры 270 кг/м<sup>3</sup>, класс бетона В50, объем бетонной смеси 14,2 тыс. м<sup>3</sup>):  
 а – процесс укладки самоуплотняющейся бетонной смеси в конструкцию;  
 б – растекание самоуплотняющейся бетонной смеси в нижней густоармированной зоне конструкции



**Рис. 2.** Густоармированные конструкции стен ауригерных этажей Башни «Апартаменты» высотного комплекса «Нева» на участках №17-18 ММДЦ «Москва-Сити», возведенные из самоуплотняющейся бетонной смеси (расход арматуры 342-679 кг/м<sup>3</sup>, класс бетона В100, объем бетонной смеси 6,2 тыс. м<sup>3</sup>)

а



б



**Рис. 3.** Густоармированные конструкции стен центрального ядра высотного комплекса на участке №15 ММДЦ «Москва-Сити», возведенные из самоуплотняющейся бетонной смеси (средний расход арматуры 250 кг/м<sup>3</sup>, класс бетона В90, общий объем бетонной смеси 21,9 тыс. м<sup>3</sup>): а – армирование конструкции стен; б – вид готовой конструкции стен

особенностей, которые выделяют их из всего перечня бетонных смесей ГОСТ 7473 по техническим требованиям, методам испытаний, правилам приемки и процедурам контроля [7]. Действующий ГОСТ 7473 не в полной мере отражает современные достижения технологии бетонов, не считая того, что в сфере его действия – только жесткие, подвижные и растекающиеся бетонные смеси, уплотнение которых осуществляется под действием вибрации.

Обладая особыми реологическими характеристиками и повышенной удобоукладываемостью, самоуплотняющиеся смеси упрощают процесс бетонирования конструкций, способствуют улучшению качества конструкций и условий труда. Несмотря на уже имеющийся большой опыт применения самоуплотняющихся бетонных смесей для возведения

ответственных конструкций и возрастающую потребность в таких смесях, национальный стандарт РФ на них отсутствовал.

На основании изложенного в соответствии с Программой разработки национальных стандартов на 2020 г. в рамках мероприятий по совершенствованию технического регулирования в строительной сфере Государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» НИИЖБ им. А.А. Гвоздева – институт АО «НИЦ «Строительство» разработал новый национальный стандарт ГОСТ Р «Смеси бетонные самоуплотняющиеся. Технические условия».

При разработке стандарта исходили из следующих условий:

– новый стандарт должен быть органично вмонтирован в сложившуюся в РФ систему нормативной документации, т. е. терминология, обозначения, основные методы испытаний, требования к материалам и их характеристикам должны соответствовать принятым в действующих стандартах;

– новый стандарт должен содержать только необходимые и достаточные критерии оценки характеристик и идентификации самоуплотняющихся смесей.

В стандарте учтен ряд положений в отношении определений и требований, предъявляемых к самоуплотняющимся бетонным смесям, приведенных в стандарте Евросоюза EN 2006-1:2013 «Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity».

Далее в статье приводятся регламентируемые национальным стандартом новые типы и обозначения, требования к новым технологическим характеристикам, процессам производства и контролю качества, а также указания по применению самоуплотняющихся бетонных смесей.

### 1. Типы и обозначения самоуплотняющихся бетонных смесей

В соответствии с разработанным стандартом самоуплотняющиеся бетонные смеси следует подразделять по типу бетона и обозначать в соответствии с ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия», а также согласно стандартам на фибробетоны ГОСТ Р «Фибробетон с неметаллической фиброй. Общие технические требования и методы испытаний» и ГОСТ Р «Бетоны тяжелые и мелкозернистые дисперсно-армированные стальной фиброй. Технические условия». Например:

– самоуплотняющиеся бетонные смеси тяжелого (БСТ), мелкозернистого (БСМ) и легкого (БСЛ) бетона;

– самоуплотняющиеся фибробетонные смеси с неметаллической фиброй и бетоном-матрицей из тяжелого (ФБСТ), мелкозернистого (ФБСМ) и порошкового (ФБСП) бетона;

– самоуплотняющиеся сталефибробетонные смеси с бетоном-матрицей из тяжелого (СФБТ), мелкозернистого (СФБМ) и порошкового (СФБП) бетона.

По технологическим показателям качества самоуплотняющиеся бетонные смеси подразделяются на марки по удобоукладываемости (РК), вязкости (V), текучести (Т).

Таким образом, условное обозначение самоуплотняющейся бетонной смеси должно состоять из сокращенного буквенного обозначения типа бетонной смеси, класса бетона по прочности, марки бетонной смеси по удобоукладываемости и, при необходимости, других нормируемых показателей качества, например, марки по вязкости, марки по текучести, марки по морозостойкости, марки по водонепроницаемости, средней плотности бетона и др.

## 2. Требования к технологическим характеристикам самоуплотняющихся бетонных смесей

Самоуплотняющиеся бетонные смеси характеризуются технологическими показателями качества по ГОСТ 7473 и стандартов на фибробетоны (средняя плотность, температура, сохраняемость свойств во времени, коэффициент изменчивости содержания фибры в единице объема смеси и коэффициент, характеризующий расслаиваемость сталефибробетонной смеси) и новыми показателями, из которых основные – удобоукладываемость и расслаиваемость; вспомогательные – вязкость и текучесть.

Принципы определения технологических характеристик самоуплотняющихся бетонных смесей основаны на апробированных методиках, изложенных в разных публикациях [8-10].

Удобоукладываемость самоуплотняющихся бетонных смесей характеризуется величиной расплыва нормального конуса и, в зависимости от её значений, подразделяется на марки в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

### Марки самоуплотняющихся бетонных смесей по удобоукладываемости

Марка по удобоукладываемости	Расплыв нормального конуса (РК), см
РК1	55 – 65
РК2	66 – 75
РК3	76 – 85

Удобоукладываемость самоуплотняющихся бетонных смесей может быть задана маркой и дополнительно конкретным значением расплыва нормального конуса. При этом допустимое отклонение заданного значения расплыва нормального конуса у потребителя не должно превышать величин, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

### Допустимые отклонения заданных значений показателя удобоукладываемости самоуплотняющихся бетонных смесей

Значение расплыва нормального конуса, см	Допустимое отклонение значения расплыва нормального конуса, см
от 55 до 65	±5
от 66 до 75	±4
от 76 до 85	±3

Расслаиваемость самоуплотняющихся бетонных смесей характеризуется величиной раствороотделения смеси на сите с диаметром отверстий 5 мм, которую рассчитывают как отношение массы пробы бетонной смеси к массе растворной части, прошедшей сквозь сито без динамического воздействия. Величина раствороотделения зависит от марки смеси по удобоукладываемости и не должна превышать значений, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

### Требования к расслаиваемости самоуплотняющихся бетонных смесей

Марка по удобоукладываемости	Расслаиваемость самоуплотняющейся бетонной смеси, %, не более
РК1	15,0
РК2	17,5
РК3	20,0

Вязкость самоуплотняющихся бетонных смесей характеризуется временем, за которое расплыв нормального конуса достигнет значения 50 см, или временем истечения бетонной смеси из V-образной воронки. В зависимости от показателя вязкости самоуплотняющиеся бетонные смеси делятся на марки в соответствии с табл. 4.

Таблица 4

### Марки самоуплотняющихся бетонных смесей по вязкости

Марка по вязкости	Время, за которое расплыв нормального конуса достигнет значения 50 см, с	Время истечения бетонной смеси из V-образной воронки, с
V1	менее 2	-
V2	2 и более	-
V3	-	менее 9
V4	-	9 - 25

Текучесть самоуплотняющихся бетонных смесей характеризуется способностью смеси растекаться через препятствия из арматурных стержней в L-образном ящике или через блокировочное кольцо. В зависимости от показателя текучести самоуплотняющиеся бетонные смеси делятся на марки в соответствии с табл. 5.

Таблица 5

### Марки самоуплотняющихся бетонных смесей по текучести

Марка по текучести	Показатель текучести самоуплотняющейся бетонной смеси, <i>определенный</i>			
	<i>в L-образном ящике, относительные единицы</i>		<i>с использованием блокировочного кольца, мм</i>	
	с 2 арматурными стержнями	с 3 арматурными стержнями	с 12 арматурными стержнями	с 16 арматурными стержнями
T1	0,8 и более	-	-	-
T2	-	0,8 и более	-	-
T3	-	-	не более 10	-
T4	-	-	-	не более 10

## 3. Требования к процессам производства самоуплотняющихся бетонных смесей

Самоуплотняющиеся бетонные смеси следует приготавливать с использованием цемента, заполнителей, фибры, добавок и воды, требования к которым приведены в ГОСТ 26633, ГОСТ 25820, ГОСТ 31384, а также в стандартах и технических условиях на фибробетоны и материалы конкретных видов. Состав самоуплотняющихся бетонных смесей подбирают по ГОСТ 27006 с учетом требований, предъявляемых к классам эксплуатации бетонов по ГОСТ 31384.

Требования к выбору компонентов и их соотношению при производстве самоуплотняющихся бетонных смесей соответствуют общепринятым представлениям [11-14], приведены в [15] и заключаются в следующем.

В качестве компонентов самоуплотняющихся бетонных смесей могут быть использованы следующие материалы:

– портландцементы с нормальной густотой не более 26% и содержанием С3А не более 8%, соответствующие ГОСТ 10178 и ГОСТ 31108;

- пески с модулем крупности ( $M_k$ ) от 1,1 до 3,0, соответствующие ГОСТ 8736;
- крупный заполнитель фракций не более 20 мм, соответствующий ГОСТ 8267.

В качестве добавок следует использовать:

- суперпластификаторы, соответствующие ГОСТ 24211, с водоредуцирующей способностью не менее 20%;
- минеральные добавки, соответствующие ГОСТ Р 56592, включая активные (микрокремнезем, зола-унос, метаксаолин, тонкомолотые доменный гранулированный шлак и природные пуццоланы) и инертные – микронаполнители;
- комплексные органоминеральные модификаторы, соответствующие ГОСТ Р 56178, содержащие в своем составе активные минеральные и химические добавки, в том числе суперпластификаторы.

В качестве компонентов, повышающих связность-нераслаиваемость (сегрегационную устойчивость), могут применяться добавки стабилизирующего действия по ГОСТ 24211, а также фибра полимерная или стальная прямого профиля длиной не более 20 мм.

Расход цемента в составе бетона должен находиться в диапазоне от 300 до 500 кг/м<sup>3</sup> для тяжелого бетона и от 400 до 650 кг/м<sup>3</sup> для мелкозернистого бетона. Общее количество тонкодисперсных компонентов в составе тяжелого бетона, включающих цемент, минеральные (активные и инертные микронаполнители) или органоминеральные модификаторы, должно находиться в диапазоне от 550 до 600 кг/м<sup>3</sup>. Количество тонкодисперсных компонентов может быть меньше вышеприведенных значений при использовании добавок стабилизаторов. Общий объем теста из тонкодисперсных компонентов бетонной смеси (цемент + добавки + вода) должен составлять в составе бетонной смеси от 0,35 до 0,40 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Количество воды затворения определяется с учетом обеспечения требуемой удобоукладываемости смеси и прочности бетона с учетом вида и дозировки суперпластификатора, водопотребности цемента и тонкодисперсных компонентов, вида и гранулометрии мелкого и крупного заполнителей.

Расчет количества мелкого и крупного заполнителя в составе бетона выполняется исходя из обеспечения оптимального гранулометрического состава смеси заполнителей (равномерного распределения частиц в диапазоне размеров от 0,65 до 10...20 мм). Доля песка в объеме растворной части бетонной смеси (цемент + добавки + песок + вода) должна находиться в диапазоне 40-50%. Соотношение объемов мелкого и крупного заполнителей должно находиться в диапазоне от 45:55 до 50:50 % по объему. Соответственно доля песка в смеси заполнителей  $r$  рекомендуется в диапазоне от 0,45 до 0,50. Оптимизация расходов мелкого и крупного заполнителей в составе бетона в пределах вышеуказанных объемных соотношений возможна по условию максимальной насыпной плотности смеси используемых заполнителей. Для обеспечения оптимального гранулометрического состава смеси заполнителей рекомендуется совместное использование песков с разным модулем крупности (например, мелких с модулем крупности 1,1-1,8 и крупных с модулем крупности 2,5-3,0) и крупного заполнителя двух фракций: 5-10 и 10-20 мм. В качестве крупного заполнителя рекомендуется использование заполнителя фракции от 5(3) до 10 мм или с соотношением фракций 5(3)-10 и 10-20 мм на уровне 60:40 % по массе.

При производстве самоуплотняющихся бетонных смесей цемент, плотные заполнители, фибру, минеральные и органоминеральные добавки дозируют по массе. Пористые заполнители должны дозироваться по объему с коррекцией по массе. Жидкие компоненты (вода

и растворы химических добавок) дозируют по массе или объему. Погрешность дозирования исходных материалов весовыми дозаторами не должна превышать  $\pm 1\%$  для цемента, воды, фибры, химических, минеральных и органоминеральных добавок,  $\pm 2\%$  – для заполнителей.

#### 4. Контроль качества самоуплотняющихся бетонных смесей

Технологические показатели качества самоуплотняющихся бетонных смесей определяют по следующим стандартам:

- среднюю плотность, температуру и сохраняемость свойств во времени – по ГОСТ 10181;
- коэффициент изменчивости содержания фибры в единице объема смеси и коэффициент, характеризующий раслаиваемость сталефибробетонной смеси – по ГОСТ Р «Бетоны тяжелые и мелкозернистые дисперсно-армированные стальной фиброй. Технические условия»;
- удобоукладываемость, раслаиваемость, вязкость и текучесть – по новому национальному стандарту ГОСТ Р «Смеси бетонные самоуплотняющиеся. Методы испытаний».

Периодичность контроля качества самоуплотняющихся бетонных смесей и бетонов должна соответствовать следующим требованиям:

- контроль показателя удобоукладываемости самоуплотняющихся бетонных смесей осуществляют из каждой загрузки (автобетоносмесителя);
- контроль показателя раслаиваемости самоуплотняющихся бетонных смесей осуществляют из первой и далее из каждой 10-й загрузки (автобетоносмесителя), а также при видимых признаках расслоения смеси;
- контроль и определение показателей вязкости и текучести самоуплотняющихся бетонных смесей осуществляют только при подборе состава бетона;
- периодичность контроля остальных показателей качества бетонов и каждой партии самоуплотняющихся бетонных смесей устанавливают в зависимости от типа бетона по ГОСТ 7473 (приложение Г), ГОСТ 31914 и стандарты на фибробетоны, или она должна соответствовать требованиям, указанным в договоре на поставку бетонной смеси.

#### 5. Указания по применению самоуплотняющихся бетонных смесей

Самоуплотняющиеся бетонные смеси надлежит применять при следующих условиях и производственных обстоятельствах:

- в случаях, когда форма и армирование конструкций (изделий) или отдельных частей конструкций (изделий) затрудняют укладку и уплотнение обычной, менее подвижной бетонной смеси;
- при целесообразности повышения производительности процесса бетонирования конструкций (изделий) и снижения трудозатрат;
- при необходимости снижения уровня шума и вибрации при бетонировании конструкций (изделий).

Возведение монолитных и производство сборных железобетонных конструкций и изделий с использованием самоуплотняющихся смесей должно осуществляться по технологическому регламенту или технологической карте, утвержденным в установленном порядке производителем бетонных работ, где должны быть указаны:

- показатели качества самоуплотняющейся бетонной смеси с учетом конфигурации и характера армирования конструкции (изделия);

- условия и скорость укладки самоуплотняющейся бетонной смеси в опалубку (форму);
- температурно-влажностные параметры и сроки выдерживания монолитных конструкций в опалубке;
- режим тепловлажностной обработки сборных изделий;
- кинетика набора прочности бетона в зависимости от температуры его твердения;
- правила ухода за конструкцией (изделием) после распалубки.

Укладка самоуплотняющихся бетонных смесей в конструкции (изделия) или в выделенный фрагмент (захватку) конструкции должна осуществляться непрерывно.

Высота сбрасывания самоуплотняющихся бетонных смесей (расстояние от конца бетононасоса до основания конструкции) не должна превышать 1,5 м.

Самоуплотняющиеся бетонные смеси укладывают в опалубку (форму) без виброуплотнения. Допускается кратковременное (не более 5 с) вибрирование самоуплотняющейся бетонной смеси марки по удобоукладываемости РК1 при отсутствии расслоения смеси.

### Вывод

Новый национальный стандарт ГОСТ Р «Смеси бетонные самоуплотняющиеся. Технические условия» будет способствовать широкому использованию современных технологий производства самоуплотняющихся бетонных смесей, что позволит:

- повысить качество и надежность ответственных железобетонных конструкций и изделий, форма и армирование которых затрудняют укладку и уплотнение обычной, менее подвижной бетонной смеси;
- повысить производительность процесса бетонирования железобетонных конструкций и изделий и снизить трудозатраты;
- снизить уровень шума и вибрации при бетонировании железобетонных конструкций и изделий.

### Список литературы

1. Батудаева А.В., Кардумян Г.С., Каприелов С.С. Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся смесей // Бетон и железобетон. 2005, № 4. С. 14-18.
2. Каприелов С.С., Травуш В.И., Шейнфельд А.В. [и др.] Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва-Сити» // Строительные материалы. 2006, №10. С. 8-12.
3. Каприелов С.С., Чилин И.А. Сверхвысокопрочный самоуплотняющийся фибробетон для монолитных конструкций / III Всероссийская (II Международная) конференция по бетону и железобетону «Бетон и железобетон – взгляд в будущее», 12-16 мая 2014, Москва. Том 3, С. 158-165.
4. Бамбулевич А.Д., Ушаков О.Ю., Маркелов М.Ю. Особенности производства работ при бетонировании свода реакторного отделения 4-го блока Белоярской АЭС / III Всероссийская (II Международная) конференция по бетону и железобетону «Бетон и железобетон – взгляд в будущее», 12-16 мая 2014, Москва. Том 2, С. 210-214.
5. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Аль-Омаис Д., Зайцев А.С. Опыт производства и контроля качества высокопрочных бетонов на строительстве высотного комплекса «ОКО» в ММДЦ «Москва-Сити» // Промышленное и гражданское строительство. 2018. №1. С. 18-24.

6. Kaprielov S.S., Sheynfeld F.V., Chilin I.A., Bezgodov I.M. Properties of Ultra-High-Strength Self-Compacting Fiber-Reinforced Concrete / Symp. volume «Durability and Sustainability of Concrete Structures (DSCS-2018). Proc. 2nd Int. Workshop SP-326-60. Moscow, Russia, June 6-7, 2018. Pp. 60.1-60.7.

7. Specification & Guidelines for Self-Compacting Concrete. EFNARC. February 2002. 32p.

8. Arbelaez Jaramillo C.A., Rigueira Victor J.W., Marti Vargas J.R., Serna Ros P., Pinto Barbosa M. Reduced models test for the characterization of the reologic properties of self-compacting concrete (SCC) // Proc. of the 3rd Int. Symp. on Self-Compacting Concrete, 17-20 August 2003, Reykjavik, Iceland. Pp. 240-250.

9. Cussigh Francois, Sonebi Mohammed, De Schutter Geert. Project testing SCC-segregation test methods / Proc. of the 3rd Int. Symp. on Self-Compacting Concrete, 17-20 August 2003, Reykjavik, Iceland. Pp. 311-322.

10. Lowke Dirk, Wiegink Karl-Heinz, Schiessl Peter. A simple and significant segregation test for SCC / Proc. of the 3rd Int. Symp. on Self-Compacting Concrete, 17-20 August 2003, Reykjavik, Iceland. Pp. 356-366.

11. Khayat K.H. Workability, Testing, and Performance of Self-Consolidating Concrete // ACI Material Journal. V. 96. №3. May-June 1999. Pp. 346-353.

12. Saak A.W., Jenning H.M., and Shah S.P. New Methodology for Designing Self-Compacting concrete // ACI Material Journal. V. 98. №6. November-December 2001. Pp. 429-439.

13. Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete // J. of Advanced Concrete Technology. V. 1. №1, 5-15 April 2003. Pp. 5-15.

14. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Чилин И.А. О подборе составов высококачественных бетонов с органоминеральными модификаторами // Строительные материалы. 2017. №12. С. 58-63.

15. Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов. Методическое пособие. ФАУ ФЦС, Москва, 2016.

### Информация об авторах/Information about authors

Семен Суренович КАПРИЕЛОВ, д-р техн. наук, заведующий лабораторией химических добавок и модифицированных бетонов, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Simon KAPRIELOV, D. Sci (Engineering), head of laboratory of chemical additives and modified concrete, NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: kaprielov@masterbeton-mb.ru

тел.: +7 (499) 171-05-73

Андрей Владимирович ШЕЙНФЕЛЬД, д-р техн. наук, заместитель заведующего лабораторией химических добавок и модифицированных бетонов, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Andrey SHEYNFELD, D. Sci (Engineering), deputy head of laboratory of chemical additives and modified concrete, NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: sheynfeld@masterbeton-mb.ru

тел.: +7 (499) 174-7635

Игорь Арменакович АРЗУМАНОВ, инженер, главный специалист лаборатории химических добавок и модифицированных бетонов, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Igor ARZUMANOV, engineer, chief specialist of laboratory of chemical additives and modified concrete, NIIZHБ named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: arzumanov@masterbeton-mb.ru

тел.: +7 (499) 174-7629

Игорь Анатольевич ЧИЛИН, инженер лаборатории химических добавок и модифицированных бетонов НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Igor CHILIN, engineer of laboratory of chemical additives and modified concrete, NIIZHБ named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: hilin@masterbeton-mb.ru

тел.: +7 (499) 174-75-91

УДК 691.32

[http://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-3\(30\)-41-50](http://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-3(30)-41-50)

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХВЫСОКОПРОЧНОГО СТАЛЕФИБРОБЕТОНА В ЭЛЕМЕНТАХ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

## EXPERIENCE IN USING ULTRA HIGH PERFORMANCE FIBER REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

М. С. МАРЧЕНКО

И. А. ЧИЛИН

Н. М. СЕЛЮТИН

*Приведены реализованные в России примеры применения сверхвысокопрочного сталефибробетона для несущих конструкций. Из этого материала с пределами прочности на сжатие 150 МПа, растяжение при изгибе – 21 МПа, растяжение осевое – 8,5 МПа изготовлены упоры преднапряженных конструкций мостов и резервуаров вместо обычно используемых стальных упоров.*

*Проведены натурные испытания упоров, которые не выявили признаков деформаций и разрушения элементов при натяжении на них канатов как на уровне расчётных нагрузок, так и разрушающих – до разрыва канатов.*

*Сделан вывод о целесообразности замены стальных упоров на упоры из рассматриваемого материала, который при высоких прочностных характеристиках обладает сверхнизкой проницаемостью и высокой*

*The article presents examples of the use of ultra-high performance fiber reinforced concrete for load-bearing structures in Russia. Using this material with limits of compressive strength 150 MPa, flexural tensile strength 21 MPa, tensile strength 8.5 MPa, external post-tensioned structures of bridges and tanks are made instead of common solution with the steel anchors.*

*Full-scale tests of anchors were carried out, which did not reveal signs of deformations and destruction of elements during the tension of strands, at the level of design and ultimate loads - before strands rupture.*

*It was concluded that it is advisable to replace steel anchors with anchors from the material, which, with high strength characteristics, has ultra-low permeability and high frost resistance corresponding to the F21000 class. The estimated economic effect of such*