

УДК 666.972
[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-3\(30\)-108-116](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-3(30)-108-116)

РАЗРАБОТКА НАЦИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА НА МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ САМОУПЛОТНЯЮЩЕЙСЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

DEVELOPMENT OF A NATIONAL STANDARD FOR TESTING METHODS FOR SELF-COMPACTING CONCRETE MIXTURE

Л. А. Титова, канд. техн. наук
 М. И. Бейлина,
 В. Л. Хлопук,
 В. А. Шабалин

В мировой практике всё более широкое применение благодаря своим уникальным свойствам и преимуществам получает самоуплотняющийся бетон. Самоуплотняющиеся бетонные смеси имеют высокую пластичность, лучшую текучесть, высокую плотность при низком содержании воды за счет использования специальных эффективных минеральных и химических добавок, обеспечивающих бетонам высокие эксплуатационные показатели. Реологические свойства СУБС значительно отличаются от свойств обычного бетона. В связи с этим при проектировании состава бетона и контроля его качества в лабораторных и производственных условиях создан обширный ряд методов контроля качества самоуплотняющейся бетонной смеси. Целью стандарта было создание единого нормативного документа, регламентирующего оценку качества самоуплотняющейся бетонной смеси.

Бетон из самоуплотняющейся смеси может найти применение для подземного

In world practice, self-compacting concrete is increasingly used due to its unique properties and advantages. Self-compacting concrete mixtures have high ductility, better fluidity, high density with low water content due to the use of special effective mineral and chemical additives that provide high performance for concrete. The rheological properties of SCC differ significantly from those of conventional concrete. In this regard, when designing the composition of concrete and controlling its quality in laboratory and production conditions, several methods for controlling the quality of a self-compacting concrete mixture were created. The purpose of this standard was to create a single regulatory document regulating the assessment of the quality of a self-compacting concrete mixture.

Concrete from a self-compacting mixture can be used for underground and hydrotechnical construction for the erection of structures of large length, complex geometric shape and densely reinforced structures.

гидротехнического строительства, для возведения конструкций большой протяженности, сложной геометрической формы и для густоармированных конструкций.

Ключевые слова:

Водонепроницаемость, вязкость, плотность, прочность, расслаиваемость, самонапряжение, самоуплотняющаяся бетонная смесь, текучесть, удобоукладываемость

Keywords:

Density, easy laying, fluidity, self-compacting concrete mixture, self-tension, separability, strength, viscosity, waterproof

Самоуплотняющиеся бетоны получили широкое распространение в строительной индустрии в последнее десятилетие, хотя этот материал известен давно как один из основных строительных материалов с уникальными возможностями. Особенно активно развитие самоуплотняющиеся бетоны получили в Японии и в Западной Европе. В нашей стране этот вид бетона получает все большее распространение благодаря своим особым свойствам.

Согласно ГОСТ 25192 самоуплотняющийся бетон – это бетон, изготовленный из смеси, способной уплотняться под действием собственного веса, т. е. без виброуплотнения бетонная смесь самостоятельно течет, освобождается от воздуха и заполняет пространство между опалубкой и арматурными стержнями.

Самоуплотняющийся бетон имеет уникальное преимущество по сравнению с обычными традиционными бетонами:

- возможность изготавливать конструкции сложной геометрической формы, густоармированные, которые невозможно изготовить другими способами;
- возможность получить конструкции с высокими эксплуатационными характеристиками.

Сравнение самоуплотняющихся бетонов с другими видами бетонов показали ряд их преимуществ:

- возведение конструкций с высокими прочностными характеристиками вследствие повышенной удобоукладываемости, вязкости и текучести без применения дополнительного уплотнения;
- возможность изготавливать конструкции сложной формы и в труднодоступных местах с отличным качеством поверхности.

Эффективность применения самоуплотняющихся бетонных смесей при возведении конструкций достигается вследствие:

- уменьшения трудо- и энергозатрат ввиду исключения принудительного уплотнения бетонной смеси;
- снижения уровня шума из-за вибраций;
- получения конструкций с повышенными эксплуатационными характеристиками, высоким качеством поверхности вследствие нормируемых показателей удобоукладываемости, текучести, однородности состава бетонной смеси.

Указанные факторы актуальны как для заказчиков, так и для проектировщиков, архитекторов, строительных организаций.

Самоуплотняющиеся бетонные смеси отличаются от традиционных как по составу, так и по реологическим показателям. Отличие имеет место в соотношении фракций крупного и мелкого заполнителей, а также ввиду наличия в составе смеси эффективных микронаполнителей и суперпластификаторов, обеспечивающих бетону уникальные эксплуатационные показатели.

Для приготовления самоуплотняющихся бетонных смесей используют те же исходные материалы, что и для традиционных бетонных смесей.

Уникальные реологические характеристики самоуплотняющихся бетонных смесей обеспечиваются правильным подбором соотношения крупности заполнителей, применением микронаполнителей и гиперпластификаторов. Микронаполнители улучшают микроструктуру бетонных смесей, формируя ее плотную упаковку и обеспечивая гидратационное взаимодействие с портландцементом.

Исследования, проведенные в ряде стран за последние годы, выявили основные характеристики самоуплотняющихся бетонных смесей:

- при равном содержании цемента самоуплотняющиеся бетоны имеют более высокие механические показатели (повышенная прочность на сжатие и растяжение при изгибе);

- благодаря повышенной подвижности и текучести самоуплотняющихся бетонных смесей обеспечивается плотное сцепление с арматурой бетона и качественная укладка смеси в труднодоступные участки конструкций;

- модуль упругости самоуплотняющегося бетона ниже, чем у обычного бетона. Это связано с повышенным содержанием мелких пылевидных частиц в бетонной смеси и пониженным содержанием крупной фракции заполнителя по сравнению с обычным бетоном.

При расчете состава самоуплотняющейся бетонной смеси следует учитывать количество тонкодисперсных материалов. Соответствующие отличия требуют установления дополнительных параметров, так как для обеспечения высокого качества строительства необходимо постоянно контролировать качество исходного сырья и материалов, испытывать свойства самоуплотняющейся бетонной смеси и ее компонентов до укладки ее в конструкции. Также при подборе состава самоуплотняющейся бетонной смеси необходимо учитывать усадочные деформации бетона, которые могут быть повышенными ввиду содержания мелкой фракции щебня.

Все изложенные преимущества самоуплотняющегося бетона, разработанные за рубежом в конце XX в., находят всё более широкое применение в строительстве.

Первоначально этот бетон применялся на предприятиях, производящих готовые железобетонные изделия, но вскоре, уже начиная с 2000 г., – для монолитного строительства.

Отсутствие национального стандарта, устанавливающего единую методическую базу определения основных функциональных характеристик, является сдерживающим фактором внедрения таких бетонов в России. Поэтому разработка национального стандарта по рассматриваемой тематике и гармонизация с международным, является актуальной задачей для использования самоуплотняющихся бетонов в РФ.

Технология самоуплотняющихся бетонов в России не так сильно распространена, как в Японии, Европе и ряде других, технически развитых странах, в том числе по уже указанным причинам. Массовое строительство в России ориентировано на производство и использование бетонов невысоких марок, с прочностью 20-50 МПа, с повышенными расходами цемента.

На данный момент в России формируется нормативная база, в которой описаны методы диагностики самоуплотняющихся бетонов и приведена классификация, которая основывается на использовании нормативных документов, разработанных в Европе. В связи с этим развитие научно обоснованных принципов создания и диагностики самоуплотняющихся бетонов, изучение их рецептур и свойств, выявление факторов, влияющих на эти свойства, является актуальной проблемой.

В настоящее время для широкого применения самоуплотняющихся бетонов в разных странах выпущены соответствующие нормативные документы.

Разработаны стандарты EN 12350, ACI 237R-07, ASTM C1611, ISO 1920, E7NARC, которые обеспечили более широкое внедрение этого материала.

В России выпущен ряд нормативных документов – ГОСТ 25192, ГОСТ Р 57345, ГОСТ Р 57815, ГОСТ Р 57816, ГОСТ Р 518817, которые регламентируют нормативные показатели отдельных методов испытаний самоуплотняющихся бетонов, но в настоящее время действие этих документов приостановлено.

В настоящее время в России отсутствует единый нормативный документ позволяющий классифицировать и испытывать самоуплотняющиеся бетонные смеси, что приводит к необходимости использовать документы разных зарубежных стран.

Для гармонизации отечественных и зарубежных стандартов в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева в 2020 г. разработан национальный стандарт по методам испытаний: ГОСТ Р «Бетоны самоуплотняющиеся. Методы контроля», устанавливающий единую методическую базу определения основных реологических фактических характеристик.

Кроме основных физико-механических показателей бетонов, таких как прочность на растяжение при изгибе и на сжатие, водонепроницаемость, морозостойкость, деформативность, для самоуплотняющихся бетонов разработаны специальные методы, которые контролируют способность бетона растекаться, выравниваться и преодолевать сопротивление арматурных стержней.

При разработке ГОСТ Р на Методы испытания самоуплотняющейся бетонной смеси были рассмотрены методы оценки качества бетонной смеси в заводских лабораториях с учетом подвижности, текучести, вязкости, устойчивости к расслоению, а также способы контроля бетонной смеси заданного качества в построечных условиях.

При разработке ГОСТ Р «Бетоны самоуплотняющиеся. Методы контроля.» были проведены работы по оценке применимости следующих методов испытаний реологических свойств самоуплотняющихся бетонов для работы в лабораторных и построечных условиях:

1. *Испытание подвижности* (удобоукладываемости) бетонной смеси на расправ по осадке конуса (рис. 1), который используется также для оценки текучести при отсутствии препятствий. Относительная вязкость смеси характеризуется скоростью ее растекания, т. е. ее временем.

Испытания проводятся при контроле осадки конуса.



Рис. 1. Форма (конус), общий вид

Соответствующие испытания легко воспроизводимы как в лабораториях, так и на стройплощадках.

2. Испытание вязкости

Испытание V-образной воронкой применяется для бетонной смеси с заполнителем, имеющим размер не более 25 мм. Показателем является время вытекания бетонной смеси из V-образной воронки (рис. 2).



Рис. 2. Воронка (V-воронка), общий вид

Это испытание пригодно только для лабораторных условий.

3. Испытание текучести

Для оценки текучести самоуплотняющейся смеси используют L-образный короб (рис. 3) для ее заливки в узкие проемы, имитирующие густоармированные конструкции при установке 2 или 3 стержней.



Рис. 3. L-образный короб, общий вид

Это испытание может быть проведено как в лабораторных, так и построечных условиях при наличии соответствующего оборудования.

4. Устойчивость смеси к расслоению

Этот параметр определяется с помощью сита (рис. 4).



Рис. 4. Ситовое полотно (сито), общий вид

Это испытание может проводиться только в лабораторных условиях.

5. Определение текучести с помощью блокирующего кольца

Испытание реологической характеристики – текучести и удобоукладываемости смеси основывается на измерении осадки конуса с применением блокирующего кольца (рис. 5), т. е. при моделировании прохождения смеси в густоармированной конструкции.

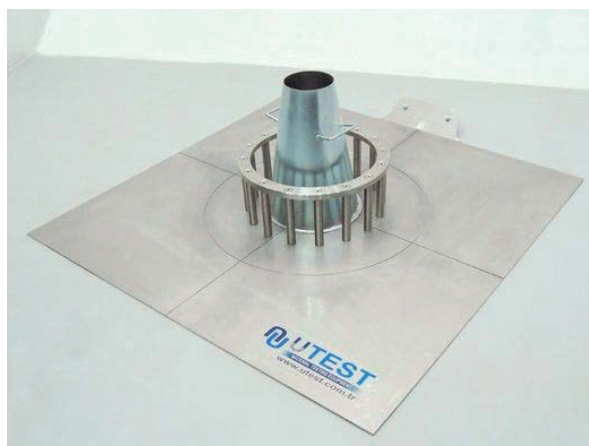


Рис. 5. Форма (конус), общий вид

Это испытание применимо как в лабораторных условиях, так и на стройплощадке.

6. Визуальный метод определения стабильности самоуплотняющегося бетона

Визуальный индекс стабильности определяется при испытании смеси на расплыв при определении признаков расслоения. Это испытание легко воспроизводимо в любых условиях при оценке свойств самоуплотняющихся смесей.

Как видно из проведенного анализа основных методов оценки реологических характеристик, не все из них могут быть применены в условиях стройплощадки при возведении монолитных железобетонных конструкций.

Таким образом, для контроля качества самоуплотняющегося бетона на стройплощадке оцениваются, в основном, следующие показатели:

- подвижность по расплыву конуса;
- текучесть по осадке конуса в блокирующем кольце;
- расслоение (визуальная оценка).

Первоначально самоуплотняющиеся бетоны нашли применение на заводах сборного железобетона (во Франции), но уже в начале XXI в. с использованием самоуплотняющихся бетонов в Японии был построен ряд уникальных сооружений, среди которых мост Акаси-Кайкё пролетом 199 м (два пролета). В России также был построен уникальный мост во Владивостоке (на остров Русский).

Для проектировщиков и строителей рассматриваемый материал привлекателен при возведении монолитных конструкций в высотных зданиях. Например, в Дубае был построен небоскреб «Бурдж-Халифа» с применением самоуплотняющегося бетона в фундаментной плите и стенах.

В России самоуплотняющийся бетон нашел применение, например, при возведении многофункциональных комплексов:

- при бетонировании густоармированной конструкции нижней плиты коробчатого фундамента многофункционального комплекса «Лахта-Центр» в Санкт-Петербурге, осуществлявшееся с использованием самоуплотняющейся бетонной смеси класса В60 с подвижностью 60...65 см с замедленной в раннем возрасте кинетикой твердения бетона;

- при возведении вертикальных конструкций ММДЦ «Москва-СИТИ» в Москве используется самоуплотняющийся бетон классов В60 и В90 с подвижностью 60...65 см. Для укладки бетона в такие конструкции разработан Технологический регламент, который рассматривает все технологические пределы возведения конструкций и требуемые параметры самоуплотняющегося бетона;

- в проекте Горпроекта (г. Москва) при бетонировании густоармированных участков прямиков «ЖК» на ул. Королева, д. 17, предусмотрено применение только самоуплотняющегося бетона.

Экономичность и перспективы применения самоуплотняющегося бетона можно оценить по следующим факторам:

- при содержании цемента самоуплотняющийся бетон имеет более высокую прочность при сжатии и изгибе вследствие плотной структуры;
- самоуплотняющийся бетон имеет более высокую прочность сцепления с арматурой, а также позволяет исключить перерывы в бетонировании ввиду отсутствия необходимости дополнительного уплотнения;
- возможность бетонирования конструкций сложной геометрической формы с сохранением качества поверхности;
- отсутствие дефектов и коррозии при бетонировании густоармированных конструкций;
- обеспечение высокого качества поверхности конструкций без дополнительной обработки;
- возможность использовать более простую и менее массивную конструкцию опалубки, а также увеличить ее оборачиваемость;
- экологическая эффективность использования самоуплотняющихся смесей при возведении как сборных, так и монолитных конструкций заключается в положительном влиянии на окружающую среду благодаря отсутствию вибрации и шума;
- возможность сокращения сроков строительства и числа работающих.

Таким образом, очевидные преимущества самоуплотняющегося бетона способствуют широкому внедрению его в строительство.

Список литературы

1. Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов. Методическое пособие. – М.: Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве». 2016. С. 78-79.
2. СТО 70386662-306-2013 Добавки на основе эфиров поликарбоксилатов для изготовления вибрационных и самоуплотняющихся бетонов (ООО «БАСФ Строительные системы»).
3. EN 12350-11-2010. Часть 11. Самоуплотняющаяся бетонная смесь. Определение устойчивости к расслоению с помощью сита.
4. EN 12350-12-2010. Часть 12. Самоуплотняющаяся бетонная смесь. Испытание с применением блокирующего кольца.
5. EN 12350-2010. Часть 10. Самоуплотняющаяся бетонная смесь. Испытание в L-образном коробе.
6. EN 12350-2010. Часть 8. Самоуплотняющаяся бетонная смесь. Испытание бетонной смеси на расплыв при осадке конуса.

7. Травуш В., Шахворостов А., Бойков А. [и др.] Бетонирование нижней плиты коробчатого фундамента башни комплекса «Лахта-Центр» // Высотное строительство. 2015. №1. С. 92-101

8. 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.

9. 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.

10. Хлопук В.Л., Бейлина М.И., Титов М.Ю. Определение реологических характеристик самоуплотняющихся бетонов в российских и зарубежных нормативных документах // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 2. С. 39-45.

Информация об авторах/Information about authors

Лариса Анатольевна ТИТОВА, канд. техн. наук, заместитель заведующего лабораторией самонапряженных конструкций и напрягающих бетонов НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство», Москва.

Larisa TITOVA, Ph. D. (Engineering), Deputy Head of the Laboratory of self-stressing designs and self-stressing concretes of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: niizhb-7@yandex.ru

тел.: +7 (499) 174-71-80

Майя Исааковна БЕЙЛИНА, старший научный сотрудник лаборатории самонапряженных конструкций и напрягающих бетонов НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство», Москва.

Maya BEYLINA, Senior Researcher of the Laboratory of self-stressing designs and self-stressing concretes of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: niizhb-7@yandex.ru

тел.: +7 (499) 174-71-81

Владимир Леонидович ХЛОПУК, начальник сметно-аналитического управления АО «Управление экспериментальной застройки микрорайонов», Москва.

Vladimir KHLOPUK, Head of the Estimate and Analytical Department of JSC 'Management of Experimental development of Microdistricts', Moscow

Владимир Александрович ШАБАЛИН, ведущий инженер лаборатории самонапряженных конструкций и напрягающих бетонов НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство», Москва/

Vladimir SHABALIN, Lead Engineer of the Laboratory of self-stressing designs and self-stressing concretes of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: niizhb-7@yandex.ru

тел.: +7 (499) 174-71-81

УДК 624

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-3\(30\)-117-123](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-3(30)-117-123)

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЕВРОКОДОВ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ В РФ

APPLICATION ISSUES OF EUROCODES IN BUILDING DESIGN IN THE RUSSIAN FEDERATION

В. И. ТРАВУШ, д-р техн. наук, проф.

Ю. С. ВОЛКОВ, канд. техн. наук

В статье рассмотрены вопросы применения Европейских норм на проектирование железобетонных конструкций Еврокода-2 в отечественной практике. Для Еврокода-2 число национально определяемых численных характеристик составляет более сотни. Это, главным образом, параметры усадки, ползучести бетона, толщина защитных слоев бетона относительно стальной арматуры в зависимости от вида, среды эксплуатации и др. Отличаются в отечественных нормах на проектирование конструкций и Еврокодах размеры и формы испытываемых образцов для определения прочностных (нормативных) характеристик строительных материалов путем испытаний, что исключает прямое применение многих расчетных формул европейских норм. Адекватное разрешение этих вопросов представляет емкую работу. Только для получения статистически достоверных связующих коэффициентов для прочностных характеристик материалов, используемых в строительных нормах (СНиП – СН) и Еврокодах, потребуется испытать не одну сотню опытных образцов.

With the development and simplification of The article describes the application of European norms in the domestic practice for the design of reinforced concrete structures using European norms Eurocode-2. For Eurocode-2, the number of nationally defined parameters is more than a hundred. These are different coefficients, shrinkage, creep of concrete, thickness of protective layers of concrete for steel fittings depending on the type, environment of operation, etc. Differ in the SNIP on the design of designs and individual Eurocodes, the size and shape of the samples tested to determine the strength (regulatory) characteristics of building materials, making it impossible to apply many of the calculation formulas directly. Addressing these issues is a rather capacious task. Many series of prototypes will be required only to determine statistically reliable transitional coefficients for the strength of the materials used in SNIP and Eurocodes.