

Губская Алла Геннадьевна, канд. техн. наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией физико-химических и теплофизических исследований, ГП «Институт НИИСМ» (г. Минск, Беларусь)

Гапотченко Анжелика Петровна, инженер, научно-исследовательская лаборатория физико-химических и теплофизических исследований, ГП «Институт НИИСМ» (г. Минск, Беларусь)

Воловик Татьяна Валерьевна, инженер, научно-исследовательская лаборатория физико-химических и теплофизических исследований, ГП «Институт НИИСМ» (г. Минск, Беларусь)

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ БЕТОНА И УСЛОВИЙ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПОЗИЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

© РУП «Институт БелНИИС», 2019
Institute BelNIIS RUE, 2019

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена актуальной проблеме влияния качества сырья и условий эксплуатации на долговечность бетонных изделий. Бетон – это искусственный каменный строительный материал, получаемый в результате формования и затвердевания рационально подобранной и уплотненной смеси, состоящей из вяжущего вещества, крупных и мелких заполнителей, воды. В ряде случаев может иметь в составе специальные добавки. Процесс производства бетона включает в себя основные стадии: анализ исходных материалов, подбор состава бетона, формование бетона с соблюдением условий его изготовления и эксплуатации. Целью статьи является анализ характерных ошибок, связанных с несоблюдением технологического процесса, которые могут иметь место в процессе производства и эксплуатации бетона. Одним из важных факторов, влияющих на качество бетона, является качество цемента, входящего в его состав. В статье затрагивается проблема необходимости внесения изменений в ряд

технических нормативных правовых актов, устанавливающих требования к качеству цемента, используемого в производстве бетона. Авторами предложены изменения, внесение которых исключит впоследствии данный фактор из числа «негативно влияющих на качество бетона». Акцентирование внимания на данной проблеме является актуальным как в промышленном масштабе, так и для частного использования. Авторами на основании данных, полученных в процессе работы лаборатории физико-химических и теплофизических исследований Государственного предприятия «Институт НИИСМ», представлен анализ данной проблемы. Выявлено, что основные проблемы, приводящие к разрушению бетонных изделий (качество сырьевых материалов, дозировка их в сырьевой смеси, условия формирования изделий), так и с эксплуатацией бетонных изделий.

Ключевые слова: качество сырьевых материалов, подбор состава, условия эксплуатации, долговечность бетонных изделий.

Для цитирования: Губская, А. Г. Учет влияния качества сырьевых компонентов бетона и условий его эксплуатации на долговечность бетонных изделий с позиций технического нормирования / А. Г. Губская, А. П. Гапотченко, Т. В. Воловик // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. / Ин-т БелНИИС; редкол.: О. Н. Лешкевич [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 11. – С. 108–124. <https://doi.org/10.35579/2076-6033-2019-11-08>

Alla Gubskaya, PhD in Engineering Science, Head of the Research Laboratory of Physicochemical and Thermophysical Research, State Enterprise «Institute of Building Materials» (Minsk, Belarus)

Angelica Gapotchenko, Engineer, Research Laboratory of Physicochemical and Thermophysical Research, State Enterprise «Institute of Building Materials» (Minsk, Belarus)

Tatiana Volovik, Engineer, Research Laboratory of Physicochemical and Thermophysical Research, State Enterprise «Institute of Building Materials» (Minsk, Belarus)

ACCOUNTING OF INFLUENCE OF QUALITY OF CONCRETE RAW COMPONENTS AND OF OPERATING CONDITIONS ON CONCRETE PRODUCTS DURABILITY FROM THE PERSPECTIVE OF TECHNICAL REGULATION

ABSTRACT

The article is devoted to the actual problem of influence of quality of raw materials and operating conditions on durability of concrete products. Concrete is an artificial stone building material obtained by forming and solidifying a rationally selected and compacted mixture consisting of a binder, large and small fillers, water. In some cases, it may be composed of special additives. The process of concrete production includes the main stages: analysis of raw materials, selection of concrete composition, molding of concrete in compliance with the conditions of its manufacture and operation. The purpose of the article is to analyze the characteristic errors that may be in the production and operation of concrete associated with non-compliance with the process. One of the important factors affecting the quality of concrete is the quality of the cement included in its composition. The article touches upon the problem of the need to make changes to a number of technical regulations that establish requirements for the quality of cement used in the production of concrete. The authors propose changes, the introduction of which will subsequently exclude this factor from the number of “negatively affecting the quality of concrete”. Focusing on this problem is relevant both on an industrial scale and for private use. The authors, on the basis of the data obtained in the course of the laboratory of physico-chemical and thermophysical studies of the State enterprise “Institute of niism”, presented an analysis of this problem. It is revealed that the main problems leading to the destruction of concrete are associated with non-compliance with the technology of manufacturing concrete products (the quality of raw materials, their dosage in the raw mixture, the conditions of formation of products), and the operation of concrete products.

Keywords: quality of raw materials, selection of composition, operating conditions, durability of concrete products.

For citation: Gubskaya A., Gapotchenko A., Volovik T. Accounting of influence of quality of concrete raw components and of operating conditions on concrete products durability from the perspective of technical regulation. *Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete: Collected Research Papers*. Minsk. Institute BelNIIS. Vol. 11. 2019. pp. 108–124. <https://doi.org/10.35579/2076-6033-2019-11-08> (in Russian)

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Бетон и железобетон были и остаются основными материалами современного строительства. Известно, что качество бетона зависит не только от минералогического состава и количества цемента, применяемых химических добавок, водоцементного отношения (В/Ц), качества наполнителей, но также и от условий формирования и эксплуатации бетонных изделий. Целью данной статьи является анализ характерных ошибок, которые достаточно часто происходят в процессе производства бетона, связанных с несоблюдением технологического процесса, а также условий его эксплуатации.

1. АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Как уже отмечалось выше, влияние на качество бетонных изделий (прочность, внешний вид, долговечность и др.) могут оказывать многие факторы. На основе анализа исследований, проведенных лабораторией физико-химических и теплофизических исследований Государственного предприятия «Институт НИИСМ», выделены основные причины, приводящие к появлению дефектов бетонных изделий, устранение которых позволит сохранить прочностные показатели бетонных изделий и их внешний вид (рисунок 1). Данные получены в ходе анализа результатов исследований, проведенных в лаборатории за период 2014–2019 гг.

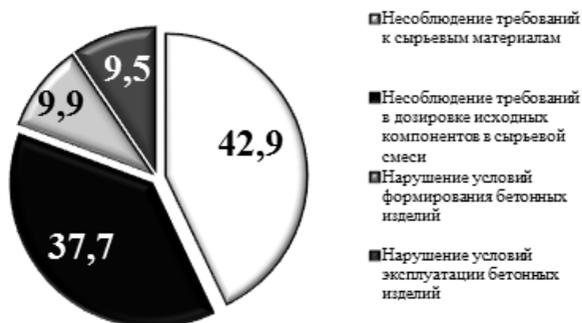


Рисунок 1. Основные причины дефектов бетонных изделий

Как видно из данных, приведенных на рисунке 1, основные причины появления дефектов на бетонных изделиях связаны с качеством сырьевых материалов (42,9 %) и их дозировкой в бетонной смеси (37,7 %). Поэтому именно рассмотрению влияния этих двух причин на качество бетонных изделий будет уделено основное внимание в этой статье.

2. ВЛИЯНИЕ СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ НА СВОЙСТВА БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Одним из важных факторов, влияющих на качество бетона, является качество исходных компонентов, их соответствие техническим нормативным правовым актам (ТНПА). Далее рассмотрим влияние каждого из компонентов бетонной смеси на его качество.

2.1. ЦЕМЕНТ

В качестве вяжущих материалов следует применять портландцемент и шлакопортландцемент по [1], сульфатостойкие портландцементы по [2], безусадочный портландцемент по [3] и другие цементы в соответствии с необходимыми ТНПА и областями их применения. Вид и марку цемента следует выбирать с учетом технологии производства работ, условий твердения бетона, вида изделий и конструкций, условий их эксплуатации, требуемого

класса бетона по прочности на сжатие, величины отпускной и (или) передаточной прочности бетона, реакционной способности бетона, требования нормативных документов и проектной документации на конкретные виды изделий и конструкций, основных положений [4, 5]. Для бетонов, эксплуатируемых в условиях воздействия агрессивных сред, содержащих сульфаты и соединения серы, в качестве вяжущих следует применять сульфатостойкие цементы по [2].

Анализ показывает, что наиболее распространенным дефектом, наблюдаемым на поверхности бетонных изделий, являются высолы и выцветы, которые выглядят как белесый налет. По характеру появления их можно разделить на:

- первичные, которые появляются еще в момент затвердевания бетонного раствора;
- вторичные, образующиеся со временем под воздействием факторов окружающей среды.

Свежий бетон пронизан капиллярными порами, заполненными водным раствором гидроксида кальция и иных продуктов гидратации цемента. Если во время твердения материал покрывает водяная пленка, гидроксид кальция может распространяться по всей поверхности, образуя нерастворимый в воде налет в виде гидроксида кальция, который со временем за счет карбонизации углекислым газом воздуха превращается в карбонат кальция. Так возникают первичные высолы – выцветание бетона. Вторичное выцветание образуется независимо от того, как твердел бетон. Оно становится результатом старения материала под действием атмосферных явлений. Визуально оно проявляется как осветление бетонной поверхности. Считается, что причиной данного процесса является продолжение гидратации цемента в уже затвердевшем бетоне. Обычно вторичное выцветание происходит до тех пор, пока материал продолжает набирать прочность. Выцветание плит из бетона может отмечаться в течение года после их изготовления. Потом налет постепенно вымывается, принимая изначальный цвет. Повторное образование вторичного налета отмечается редко, однако конденсация влаги может снова запустить соответствующие процессы. Как уже было сказано, главной причиной образования выцветов становится гидроксид

кальция, который при карбонизации переходит в карбонат кальция – CaCO_3 (рисунок 2).



Рисунок 2. Высолы на поверхности бетонной тротуарной плитки

Причиной образования высолов может быть состав цемента, а именно содержание в нем свободного оксида кальция ($\text{CaO}_{\text{св}}$), которое может приводить к дальнейшей усиленной гидратации. К сожалению, в действующих ТНПА не установлены нормированные значения содержания $\text{CaO}_{\text{св}}$, хотя методы определения его содержания установлены в [6]. Для уменьшения его количества применяются добавки, которые связывают это вещество. Таковыми, например, являются активные кремнеземистые добавки. Однако у них есть ряд недостатков. Подобные составляющие бетонной смеси снижают скорость его твердения и увеличивают стоимость.

Необходимо отметить, что в последнее время на поверхности бетонных изделий отмечаются высолы не только в виде карбоната кальция, но и в виде карбонатов и сульфатов щелочных металлов – комплексных карбонатных и сульфатных соединений типа: глауберита $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$; бючлиита $3\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; натрий-калиевого карбоната $\text{NaKCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$; пирсонита $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Наиболее вероятной причиной появления высолов в виде карбонатов щелочных металлов является увеличение содержания щелочей в клинкере. Содержание щелочей в

клинкере в пересчете на Na_2O составляет обычно 0,3–1,0 %, но в отдельных случаях достигает 1,5 %. Количество щелочей зависит от их содержания в исходных сырьевых материалах, а также от условий возгонки в процессе обжига. Подача в печь уловленной электрофильтрами пыли приводит к повышению содержания щелочей в клинкере. Обычно в пыли преобладает оксид калия (K_2O), содержание оксида натрия (Na_2O), как правило, меньше. Необходимо отметить, что в действующих ТНПА, как и в случае с $\text{CaO}_{\text{св}}$, не установлены нормирующие значения содержания щелочей. В [1] нормируется содержание щелочей только для цементов на основе нефелинового шлама. Как правило, высолы на основе карбонатов щелочных металлов достаточно трудно удаляются с поверхности бетонных изделий. Это связано с тем, что перечисленные выше минералы формируются в виде агломератов игольчатых кристаллов, прорастающих в тело цементного камня по порам. Карбонат кальция формируется в виде мелких кубических кристаллов.

Еще одной причиной негативного влияния повышенного содержания $\text{CaO}_{\text{св}}$ является высокое расширение бетона при твердении, приводящее к образованию трещин (рисунок 3). Подтверждением этого являются не только результаты измерения объемного расширения цементного теста при твердении, но и наличие в рентгеновском спектре затвердевшего бетона дифракционных отражений с межплоскостными расстояниями, характерными для $\text{CaO}_{\text{св}}$: $d/n = 0,2778; 0,2405; 0,1451... \text{ нм}$.



Рисунок 3. Трещины при твердении бетона

Как уже отмечалось выше, бетон – это искусственный каменный строительный материал, получаемый в результате формования и затвердевания рационально подобранной и уплотненной смеси, состоящей из вяжущего вещества, крупных и мелких заполнителей, воды. Оптимальное соотношение компонентов в бетоне будет зависеть от требуемой марки прочности и качественных характеристик основных ингредиентов. Иногда производители бетонных изделий пытаются уменьшить содержание основного компонента, обеспечивающего набор прочности – цемента. Как показывает опыт, это возможно при использовании добавок, но до определенного предела. Иногда приходится испытывать бетон, который бетоном не является, поскольку цемент в нем либо отсутствует, либо его содержание составляет несколько процентов. Определить количество цемента, используемого для приготовления бетона, можно методами химического анализа.

2.2. ЗАПОЛНИТЕЛИ

Требования к качеству заполнителей достаточно жестко регламентируются действующими ТНПА: песок должен соответствовать требованиям [7], щебень – [8]. Основными нарушениями, выявляемыми при исследовании бетонных изделий с дефектами (с прочностью ниже регламентируемой), являются следующие:

- использование для изготовления бетона песка очень мелкого ($M_{кр} = 1,0-1,5$), а иногда и тонкого ($M_{кр} = 0,7-1,0$). В соответствии с [9] допускается применение очень мелкого песка при условии использования укрупняющих добавок – песок из отсевов дробления, кубовидный щебень фр. 2,5–5 мм. Однако производители не всегда выполняют это требование;
- привести к снижению прочности бетонных изделий может также неравномерность структуры бетона, связанная с плохим перемешиванием смеси. Как правило, это связано с использованием влажного песка (рисунок 4).



Рисунок 4. Использование в составе смеси влажного песка

- иногда производители либо экономят на вводе в бетонную смесь крупного заполнителя – щебня (рисунок 5), либо производят полную или частичную замену щебня песчано-гравийной смесью (ПГС) (рисунок 6);



Рисунок 5. Структура бетона с отсутствием крупного заполнителя



Рисунок 6. Использование в составе бетонной смеси ПГС

- как отмечалось выше, свойства щебня должны соответствовать требованиям [8]. Одним из важных является требование по содержанию в щебне вредных примесей, в частности слоистых силикатов (слюд и гидрослюд). При исследованиях бетонных изделий с дефектами установлено, что использование для их изготовления гранитного щебня с большим

содержанием этих минералов приводит к снижению прочности: разрушение структуры происходит по включениям слюдистых минералов из-за отсутствия сцепления новообразований гидратированного цемента.

- еще одним химическим механизмом разрушения бетона является взаимодействие щелочей цемента и заполнителей. В состав некоторых заполнителей входит реакционноспособный кремнезем, реагирующий со щелочами и солями натрия и калия с образованием геля, который в присутствии влаги или воды расширяется, разламывая окружающий бетон. В результате образуются силикаты гидратированного калия и натрия с большим объемом, что приводит к появлению трещин на поверхности бетона, подрыву его участков и вспучиванию.

Для получения качественных бетонных изделий важным является не только использование качественных, соответствующих требованиям ТНПА заполнителей, но и соблюдение их соотношения в бетонной смеси, обеспечивающей равномерное распределение приложенной нагрузки по объему [8].

2.3. ВОДА ЗАТВОРЕНИЯ

Состав бетона не может считаться полным, если в нем отсутствует вода. Она вступает в химическую реакцию с вяжущим материалом. В процессе данного взаимодействия происходит схватывание всех частиц. Вода испаряется, и это приводит к застыванию изделия. Пропорции бетона должны быть определены строго установленными стандартами. Соотношение воды и вяжущего материала следует соблюдать вплоть до долей процента. Это позволит обеспечить такие пропорции бетона, при которых параметры после застывания станут оптимальными [9, 10].

К воде предъявляется несколько требований, и их обеспечение не позволит характеристикам уменьшиться. Прежде всего, в составе не должно присутствовать минеральных солей. Они легко вступают во взаимодействия с материалами, используемыми в составе бетона. Дополнительно вода должна иметь нейтральный уровень pH. Она заливается при смешивании не вся сразу, а по частям, что позволяет добиться отсутствия нерастворенных элементов вяжущего

вещества. Следует обратить внимание на содержание в воде для затворения бетона ионов хлора и сульфатов, присутствие которых может привести к коррозии как арматуры, так и самого бетона [10].

2.4. ДОБАВКИ

Существует ее один компонент, который вводится в состав бетона не всегда. Речь идет о добавках, позволяющих добиться тех или иных характеристик смеси в процессе ее укладки, застывания, а также последующей эксплуатации. В любом случае добавки являются весьма эффективным способом увеличить качественные характеристики без существенного повышения стоимости. Дополнительно они позволяют добиться лучшей устойчивости к факторам внешней среды. Если рассматривать состав бетона, добавки составляют относительно небольшую процентную долю, находящуюся на уровне до шести процентов. Введение большего количества приведет к возможному снижению параметров, и это следует учесть, чтобы не возникло непредвиденных ситуаций.

При использовании добавок необходимым является определение содержания в нем ионов, которые могут отрицательно влиять на качество бетона. Ионы хлора могут вызывать коррозию арматуры, что приведет к снижению прочности, сверхнормативное содержание ионов аммония – к выделению аммиака в процессе эксплуатации бетонных конструкций [11].

Особое внимание следует обратить на армирующие добавки – фибру. Попытки заменить металлическую фибру более дешевой, например, из оцинкованного металла, неизбежно приводят к негативным последствиям. В процессе твердения цинк, присутствующий в фибре, начинает реагировать с гидроксидом кальция, образующимся при гидратации клинкерных минералов цемента. Эта химическая реакция происходит с выделением газообразного водорода и сопровождается разрушением уже схватившегося бетонного теста.

Состав бетона должен учитывать некоторые особенности. Например, весьма распространенным явлением в наши дни считается использование металлической арматуры для усиления конструкции. При этом в некоторых случаях возможно ее окисление – ржавление, – что негативно сказывается на прочности самого бетона. Антикоррозийные добавки могут создать вокруг

металла оксидный слой, который не снижает ее физико-механические параметры, но обеспечивает невозможность дальнейшего окисления (ржавления). Такой состав бетона не только выгоден, но и весьма эффективен [9, 11].

Таким образом, ненадлежащий контроль за качеством исходных материалов, их соответствие необходимым ТНПА, а также несоблюдение рецептуры и условий формования могут привести к вышеперечисленным проблемам с качеством бетонных изделий [9].

3. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА КАЧЕСТВО БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Как показывает опыт, накопленный лабораторией физико-химических и теплофизических исследований Государственного предприятия «Институт НИИСМ», сделать заключение о влиянии условий эксплуатации на свойства бетонных изделий можно исходя из сравнения содержания ионов в водных вытяжках, полученных из бетонного изделия после определенного периода эксплуатации и контрольного образца – изделия того же состава. Свидетельством начавшегося процесса разрушения структуры бетонных изделий может служить: снижение рН водной вытяжки с 12,0 до 10,0 и ниже, а также снижение содержания ионов кальция при замене их другими ионами. Одновременно происходит изменение структуры (рисунок 7).



а



б

Рисунок 7. Структура бетонной тротуарной плитки:

а – образец отобран на строительном объекте, б – контрольный образец

Результаты анализа водных вытяжек приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав водной вытяжки бетонных тротуарных плит

Ионы	Содержание ионов, %	
	№ 1 – отобран на объекте	№ 2 – контрольный
pH	9,2	12,0
Ca ⁺²	0,29	1,04
Mg ⁺²	0,01	0,01
SO ₄ ⁻²	0,09	0,07
Cl ⁻	0,044	0,036
Na ⁺	0,55	0,017
K ⁺	0,213	0,095

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, в пробе бетона тротуарной плитки, отобранной на строительном объекте (№ 1), наблюдается уменьшение pH водной вытяжки по сравнению с пробой № 2 – контрольной – при одновременном увеличении содержания водорастворимых хлористых соединений щелочных металлов, сопровождающихся вымыванием (разрушением) гидросиликатов кальция, определяющих физико-механические свойства бетона – уменьшается содержание ионов кальция. Процессы разрушения могут быть вызваны обработкой поверхности тротуарных плит антиобледенителями, содержащими хлориды натрия и калия.

Такое же воздействие на бетонные изделия могут оказать и агрессивные жидкости (таблица 2).

Таблица 2

Химический состав водной вытяжки бетонного резервуара для очистки сточных вод

Ионы	Содержание ионов в водной вытяжке бетонов, % по массе	
	№ 1 (наружная часть резервуара)	№ 2 (внутренняя часть резервуара)
pH	12,67	4,16
Ca ⁺²	1,29	0,76
Mg ⁺²	0,03	0,01
Fe ⁺³	0,004	0,08
Al ⁺³	0,02	3,54
SO ₄ ⁻²	0,07	0,03
Cl ⁻	0,088	9,86

Установлено, что под воздействием агрессивной среды из бетона вымываются минералы затвердевшего цемента (Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{-2}), которые замещаются ионами, содержащимися в агрессивной среде (Al^{+3} , Cl). Увеличение содержания ионов железа (Fe^{+3}) может быть вызвано коррозией арматуры. Все эти явления свидетельствуют о процессах разрушения бетона.

Таким образом, на основе анализа структуры и химического состава можно сделать заключение о качестве бетонных изделий, определить возможные причины их разрушения.

ВЫВОДЫ

На основе приведенных выше экспериментальных данных, полученных при исследовании структуры и состава бетонных изделий, можно сделать вывод, что только соблюдение всех технологических параметров производства, а также соответствующих условий эксплуатации позволит обеспечить их качество и долговечность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия : ГОСТ 10178-85. – Введ. 01.01.1987. ГОСТ 10178-85. – М. : Межгосударственный стандарт : ИПК Изд-во стандартов, 1985. – 12 с.
2. Цементы сульфатостойкие. Технические условия : ГОСТ 22266-2013. – Введ. 14.11.2013. – М. : Межгосударственный стандарт : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Изд-во стандартов, 2013. – 8 с.
3. Цементы глиноземистые и высокоглиноземистые. Технические условия : ГОСТ 969-2019. – Введ. 28.06.2019. – М.: Межгосударственный стандарт : ИПК Изд-во Стандартиформ, 2007. – 5 с.
4. Цементы. Классификация : ГОСТ 23464-79. – Введ. 07.01.1979. – М. : Межгосударственный стандарт. Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации : ИПК Изд-во Стандартиформ, 1992. – 6 с.

5. Цементы. Общие технические условия : ГОСТ 30515-2013. – Введ. 01.01.2015. – М. : Межгосударственный стандарт : ИПК Изд-во Стандартиформ, 2014. – 75 с.
6. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа : ГОСТ 5382-1991. – Введ. 01.07.1991. – М. : Межгосударственный стандарт : ИПК Изд-во Стандартиформ, 2007. – 56 с.
7. Песок для строительных работ. Технические условия : ГОСТ 8736-2014. – Введ. 04.01.2015. – М. : Межгосударственный стандарт : ИПК Изд-во Стандартиформ, 2019. – 7 с.
8. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия : ГОСТ 8267-93. – Введ. 01.01.1995. – М. : Межгосударственный стандарт : ИПК Изд-во Стандартиформ, 2018. – 12 с.
9. Бетоны конструкционные тяжелые. Технические условия : СТБ 1544-2005. – Введ. 01.07.2005. – М. : Государственный стандарт Республики Беларусь : ИПК Изд-во Госстандарт, 2015. – 19 с.
10. Вода для бетонов и растворов. Технические условия : СТБ 1114-98. – Введ. 01.01.1999. – М. : Государственный стандарт Республики Беларусь : ИПК Изд-во Госстандарт, 1998. – 12 с.
11. Добавки для бетонов. Общие технические условия : СТБ 1112 – 98. – Введ. 01.01.1999. – М. : Государственный стандарт Республики Беларусь : ИПК Изд-во Госстандарт, 1998. – 23 с.

Статья поступила: 25.11.2019

REFERENCES

1. *Portlandsement i shlakoportlandsement. Tekhnicheskiye usloviya* [Portland cement and slag Portland cement. Technical conditions]: GOST 10178-85. Introduced: 01.01.1987. M.: IPK Publisher of Standards, 1985. 12 p. (rus)
2. *Tsementy sulfatostoykiye. Tekhnicheskiye usloviya* [Cement sulfate resistant. Technical conditions]: GOST 22266-2013.

- Introduced: 14.11.2013. M.: Publisher of Standards, 2013. 8 p. (rus)
3. *Tsementy glinozemistyye i vysokoglinozemistyye. Tekhnicheskiye usloviya* [Cements alumina and highalumina. Technical conditions]: GOST 969-2019. Introduced: 28.06.2019. Moscow: Standartinform, 2007. 5p. (rus)
 4. *Tsementy. Klassifikatsiya* [Cements. Classification]: GOST 23464-79. Introduced: 07.01.1979. Moscow: Standartinform, 1992. 6 p. (rus)
 5. *Tsementy. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya* [Cements. General technical conditions]: GOST 30515-2013. Introduced: 01.01.2015. Moscow: Standartinform, 2014. 75 p. (rus)
 6. *Tsementy i materialy tsementnogo proizvodstva. Metody khimicheskogo analiza* [Cements and materials for cement production. Methods for chemical analysis]: GOST 5382-1991. Introduced: 01.07.1991. Moscow: Standartinform, 2007. 56 p. (rus)
 7. *Pesok dlya stroitelnykh rabot. Tekhnicheskiye usloviya* [Sand for construction works. Technical conditions]: GOST 8736-2014. Introduced: 04.01.2015. Moscow: Standartinform, 2019. 7 p. (rus)
 8. *Shcheben i graviy iz plotnykh gornykh porod dlya stroitelnykh rabot. Tekhnicheskiye usloviya* [Crushed stone and gravel from dense rocks for construction works. Technical conditions]: GOST 8267-93. Introduced: 01.01.1995. Moscow: Standartinform, 2018. 12 p. (rus)
 9. *Betony konstruktsionnyye tyazhelye. Tekhnicheskiye usloviya* [Heavy structural concrete. Technical conditions]: STB 1544-2005. Introduced: 01.07.2005. M.: IPK Gosstandart Publisher, 2015. 19 p. (rus)
 10. *Voda dlya betonov i rastvorov. Tekhnicheskiye usloviya* [Water for concrete and mortar. Technical conditions]: STB 1114-98. Introduced: 01.01.1999. M.: IPK Gosstandart Publisher, 1998. 12 p. (rus)
 11. *Dobavki dlya betonov. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya* [Additives for concrete. General technical conditions]: STB 1112-98. Introduced: 01.01.1999. M.: IPK Gosstandart Publisher, 1998. 23 p. (rus)

Received: 25.11.2019