

ВЛИЯНИЕ ВИДА ОТВЕРДИТЕЛЯ НА СРОКИ СХВАТЫВАНИЯ ЖИДКОСТЕКОВЫХ СМЕСЕЙ

КОНОПЛЯНИК А. Ю.¹, к. т. н., доц.

ИЛЬЕВ И.М.^{2*}, к. т. н., доц.

ЧЕРНАВСКИХ В. В.³, магистрант

¹Кафедра железобетонных конструкций, Государственное высшее учебное заведение “Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”, ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562)47-44-17, e-mail: gbk@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4664-8809

^{2*}Кафедра прикладной математики, Государственное высшее учебное заведение “Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”, ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562)47-16-10, e-mail:il'ev@ ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4488-1279

³Кафедра железобетонных конструкций, Государственное высшее учебное заведение “Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”, ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562)47-44-17, e-mail: gbk@mail.pgasa.dp.ua

Аннотация. *Постановка задачи.* В настоящее время в связи с модернизацией жилого строительства на первый план выдвигаются вопросы подбора легких эффективных материалов, которые могут быть одновременно применены в несущих и теплоизолирующих конструкциях. Преимущество эффективных материалов в полной мере можно реализовать при строительстве индивидуальных жилых домов, где наряду с различными строительными конструкциями широкое применение находят и тепловые устройства, такие как печи, камины, сауны, дымовые трубы и т. д. *Анализ современного состояния* разработки и исследования легких бетонов показал, что наиболее приемлемым будет применение в качестве вяжущего жидкого стекла. Положительный опыт применения в металлургии составов жаростойких бетонов на жидком стекле [1] показал, что они обладают рядом отличительных положительных свойств, имеющих несомненные преимущества по сравнению с традиционными бетонами на цементных и известковых вяжущих, а именно: обладают ускоренными сроками схватывания. *Анализ публикаций.* Важной характеристикой жидкостекловых смесей является процесс твердения, основанный на реакции между жидким стеклом и отвердителем, необходимо применение эффективного отвердителя, обеспечивающего условия твердения этих смесей. Ранее в качестве отвердителя чаще всего использовали кремнефтористый натрий [2], при этом было установлено его оптимальное количество, которое составляет 10–12% от веса жидкого стекла. В работе [3] установлена возможность замены кремнефтористого натрия на саморассыпающиеся шлаки металлургических предприятий, которые в своем составе содержат β и γ – $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Самым доступным из этих шлаков является феррохромовый шлак – отход производства феррохрома. Имеется положительный опыт применения в составах жаростойких бетонов глиноземистого цемента, который является отвердителем жидкого стекла [4]. Опытными данными было установлено, что наиболее приемлемым отвердителем жидкого стекла является феррохромовый шлак [5]. В настоящее время применение в качестве отвердителя кремнефтористого натрия, феррохромового шлака и глиноземистого цемента сдерживается из-за их высокой стоимости и разрыва экономических связей с Россией, страной производителем этих материалов. **Цель работы** состояла в определении реакционной возможности по отношению к жидкому стеклу портландцемента, фазовый состав которого также представлен кальциевыми силикатами. При этом была поставлена задача сравнить сроки начала и конца схватывания смесей с известными отвердителями жидкого стекла со смесями с отвердителем из портландцемента различных марок. **Выводы.** Проведенные испытания жидкостекловых смесей с различными отвердителями показали, что наиболее экономически целесообразно применение портландцемента М 400 в качестве отвердителя жидкого стекла. При этом в условиях строительства в летний период времени закономерно ожидать снижения срока схватывания смесей с увеличением температуры воздуха.

Ключевые слова: жидкое стекло, отвердитель, вяжущее, бетонная смесь, сроки схватывания.

ВПЛИВ ВИДУ ЗАТВЕРДЖУВАЧА НА СТРОКИ ТУЖАВЛЕННЯ РІДКОСКЛЯНИХ СУМІШЕЙ

КОНОПЛЯНИК А.Ю.¹, к.т.н., доц.

ИЛЬЕВ И. М.^{2*}, к.т.н., доц.

ЧЕРНАВСЬКИХ В.В.³, магистрант

¹Залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-44-17, e-mail: gbk@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4664-8809

^{2*}Прикладної математики, Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-10, e-mail: il'ev@ ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4488-1279

³Залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-44-17, e-mail: gbk@mail.pgasa.dp.ua

Анотація. Постановка задачі. Наразі у зв'язку з модернізацією житлового будівництва першочергового значення набувають питання підбору легких ефективних матеріалів, які можуть бути одночасно застосовані у несівних і теплоізолюючих конструкціях. Переваги ефективних матеріалів у повній мірі можна реалізувати при будівництві індивідуальних житлових будинків, де поряд з різними будівельними конструкціями широке застосування знаходять і теплові пристрої, такі як печі, каміни, сауни, димові труби і т. д. Аналіз сучасного стану розробки та дослідження легких бетонів показав, що прийнятним буде застосування в якості в'язучого рідкого скла. Позитивний досвід застосування в металургії складів жаростійких бетонів на рідкому склі [1] показав, що вони мають ряд безсумнівних переваг у порівнянні з традиційними бетонами на цементних і вапняних в'язучих, а саме: характеризуються прискореними термінами тужавлення. **Аналіз публікацій.** Важливою характеристикою рідкоскляних сумішей є процес тужавлення, заснований на реакції між рідким склом і затверджувачем, необхідно застосування ефективного затверджувача, що забезпечує дотримання умов твердіння цих сумішей. Раніше в якості затверджувача найчастіше використовували кремнефтористий натрій [2], при цьому була встановлена його оптимальна кількість, що складає 10 -12 % від ваги рідкого скла. У роботі [3] встановлено можливість заміни кремнефтористого натрію на саморозсіпні шлаки металургійних підприємств, які у своєму складі містять β і γ - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Найдоступнішим з цих шлаків є феррохромовий шлак – відхід виробництва ферохрому. Має місце позитивний досвід застосування у складах жаростійких бетонів глиноземистого цементу, який є затверджувачем рідкого скла [4]. Експериментально встановлено, що найбільш прийнятним затверджувачем рідкого скла є феррохромовий шлак [5]. Застосування в якості затверджувача кремнефтористого натрію, феррохромового шлаку і глиноземистого цементу стримується через їх високу вартість та розрив економічних зв'язків з Росією, країною виробником цих матеріалів. **Мета роботи** полягала у визначенні реакційної можливості по відношенню до рідкого скла портландцементу, фазовий склад якого також представлений кальцієвими силікатами. При цьому було необхідно порівняти терміни початку і кінця тужавлення сумішей з відомими затверджувачами рідкого скла із сумішами з портландцементом різних марок. **Висновки.** Проведені випробування рідкоскляних сумішей з різними затверджувачами показали, що найбільш економічно доцільне застосування портландцементу М 400 в якості затверджувача рідкого скла. При цьому в умовах будівництва у літній період закономірно очікувати зниження терміну тужавлення сумішей зі збільшенням температури повітря.

INFLUENCE OF TYPE OF HARDENER ON TERM OF GRIPE OF LIQUID GLASS MIXES

KONOPLIANIK A. Yu.¹, *Cand. of Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

ILIEV I. M.^{2*}, *Cand. of Sc., Ass. Prof.*

CHERNAVSKIKH V.V.³, *Postgrad. Stud.*

¹ Department of Reinforced-Concrete and Masonry Structures, State Higher Education Establishment “Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovs'k 49600, Ukraine, +38 (0562) 47-44-17, e-mail: gbk@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4664-8809

^{2*} Department of Applied Mathematics, State Higher Education Establishment “Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-16-10, e-mail: prmat@mail.pgasa.dp.ua, ORCID: 0000-0003-4488-1279

³ Department of Reinforced - Concrete and Masonry Structures, State Higher Education Establishment “Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovs'k 49600, Ukraine, +38 (0562) 47-44-17, e-mail: gbk@mail.pgasa.dp.ua

Summary. Formulation of the problem. Currently due to modernization of the residential building the priority is given to the problems of selection of light effective materials that can be simultaneously applied to the bearing and heat-insulating structures. The advantage of effective materials can be fully implemented in the construction of individual houses, where along with various building designs, thermal devices such as stoves, fireplaces, saunas, chimneys, etc. are used. **Analysis of the current state** of development and research of lightweight concrete has shown that the most appropriate as a binder would be the usage of liquid glass. Positive experience of usage in metallurgy the compositions of heat refractory concrete on liquid glass [1] has shown that they have a number of distinctive positive properties that have clear advantages compared to conventional concrete on cement and lime binders., namely: to have accelerated setting time. **Analysis of publications.** Since the essential characteristic for liquid glass mixtures is the hardening process, which is based on the reaction between the liquid glass and a hardener, it is necessary to use an effective hardener,

which provides hardening conditions for these mixtures. Previously as a hardening agent sodium silicofluoride was often used [2], at that the optimal amount of sodium silicofluoride was established, which is 10 – 12 % from liquid glass weight. In the study [3] the possibility of replacement of silicofluoride with self scattering slag of metallurgical enterprises was shown; the later contain β and $\gamma - 2CaO \cdot SiO_2$. The most accessible of these slags is ferrochromium slag, which is a waste of ferrochrome production. There is a positive experience of usage in the compositions of heat refractory concretes aluminous cement, which is a hardener for liquid glass [4]. Experimental data established that the most appropriate hardener for liquid glass is ferrochromium slag [5]. In this case, based on liquid glass with hardener of ferrochrome slag, a number of concrete with high physical-mechanical, thermal and insulating properties was obtained. Currently usage as a hardener of sodium silicofluoride, ferrochrome slag and alumina cement is constrained due to their high cost and the severance of economic ties with Russia, the producing country of these materials. **The aim of the work** was to determine the reaction of possibilities with respect to the liquid glass of Portland cement, phase composition of which is also presented with calcium silicates. At the same time there was a task to compare the dates of the beginning and the end of the hardening of the mixtures with known hardeners of liquid glass with mixtures with hardeners from Portland cement of different brands. **Conclusions.** The performed testing of liquid glass mixtures with different hardeners showed that the most economically viable is the usage of Portland cement M400 as a hardener for liquid glass. In the conditions of the building in the summer time it is feasible to expect reduction of setting time for mixtures with increased air temperature.

Keywords: *liquid glass, hardener, binder, concrete mixture, setting time.*

Постановка проблеми. В настоящее время в связи с модернизацией жилого строительства на первый план выдвигаются вопросы подбора легких эффективных материалов, которые могут быть одновременно применены в несущих и теплоизолирующих конструкциях. Преимущество эффективных материалов в полной мере можно реализовать при строительстве индивидуальных жилых домов, где наряду с различными строительными конструкциями широкое применение находят и тепловые устройства, такие как печи, камины, сауны, дымовые трубы и т. д.

Эти материалы и изделия из них должны выполнять одновременно несколько функций, а именно:

- использоваться в качестве несущих и ограждающих конструкций;
- использоваться для тепло- и звукоизоляции внутренних и наружных конструкций;
- обеспечить устройство футеровки тепловых устройств;
- обеспечить стойкость конструкций к действию пожара;
- обеспечить в эпоху экономического кризиса долговечность и эксплуатационную способность конструкций и тепловых устройств.

Анализ современного состояния разработки и исследования легких бетонов показал, что наиболее приемлемым будет применение в качестве вяжущего жидкого стек-

ла. Положительный опыт применения в металлургии составов жаростойких бетонов на жидком стекле [1] показал, что они обладают рядом отличительных положительных свойств, имеющих несомненные преимущества по сравнению с традиционными бетонами на цементных и известковых вяжущих, а именно:

- обладают ускоренными сроками схватывания. При этом распалубку таких бетонов можно производить уже в течение 20 – 60 мин после укладки смеси;
- твердение этих бетонов происходит в воздушно-сухих условиях, что актуально в летний период;
- высокие летние температуры не являются препятствием для изготовления и твердения бетона;
- жидкое стекло по своей природе является активным веществом, вступающим, особенно при нагревании, во взаимодействие с заполнителем с образованием новых веществ;
- использование жидкого стекла повышает температуру применения составов бетонов, что положительно влияет на их огнезащитные свойства.

Анализ публикаций. Поскольку существенной характеристикой для жидкостекляных смесей является процесс твердения, основанный на реакции между жидким стеклом и отвердителем, необходимо при-

менение эффективного отвердителя, обеспечивающего условия твердения этих смесей.

Ранее в качестве отвердителя чаще всего использовали кремнефтористый натрий [2], при этом было установлено его оптимальное количество которое составляет 10 – 12 % от веса жидкого стекла. В работе [3] установлена возможность замены кремнефтористого натрия на саморассыпающиеся шлаки металлургических предприятий, которые в своем составе содержат β и γ – 2CaO SiO_2 . Самым доступным из этих шлаков является феррохромовый шлак – отход производства феррохрома.

Имеется положительный опыт применения в составах жаростойких бетонов глиноземистого цемента, который является отвердителем жидкого стекла [4].

Опытными данными было установлено, что наиболее приемлемым отвердителем жидкого стекла является феррохромовый шлак [5]. При этом на основе жидкого стекла с отвердителем из феррохромового шлака был получен целый ряд бетонов, обладающих высокими физико-механическими, термическими и теплоизоляционными характеристиками.

В настоящее время применение в качестве отвердителя кремнефтористого натрия, феррохромового шлака и глиноземистого цемента сдерживается из-за их высокой стоимости и разрыва экономических связей с Россией – страной-производителем этих материалов.

Цель работы состояла в определении реакционной возможности по отношению к жидкому стеклу портландцемента, фазовый состав которого также представлен кальциевыми силикатами. При этом была поставлена задача сравнить сроки начала и конца схватывания смесей с известными отвердителями жидкого стекла со смесями с отвердителем из портландцемента различных марок.

Изложение материала. Для определения влияния различных отвердителей на сроки схватывания жидкостекольных смесей провели определение нормальной густоты и сроков схватывания цементного теста.

Для определения степени влияния отвердителей в состав смеси дополнительно вводили наполнитель – дистенсиллиманитовый концентрат, который не является реакционно способным (инертным) по отношению к жидкому стеклу.

В качестве компонентов жаростойких смесей использовали следующие материалы:

- стекло натриево жидкое по ГОСТ 13078 – 81 плотностью $1,25 \text{ г/см}^3$;
- дистенсиллиманитовый концентрат по ТУ 48 – 0502 – 128–95;
- феррохромовый шлак (ТУ 14-11-181-89);
- кремнефтористый натрий (ТУ113-08-587-86);
- портландцемент М400 по ДСТУ Б.В.2.7- 46- 96;
- глиноземистый цемент GORKAL 40 производства цементного завода г. Горка, Польша по EN 14647: 2005/AC: 2006. Calcium aluminate cement. Composition specifications and conformity criteria;
- портландцемент М100 – 300 получали из “лежалого” различный период времени портландцемента М400 с определением марки по нормативному документу [6].

Все составы жидкостекольных смесей изготавливали в следующем порядке. Вначале тщательно перемешивали в течение 2 мин. сыпучие компоненты, затем добавляли жидкое стекло и всю смесь перемешивали 2 – 3 мин до получения однородной массы. При изготовлении образцов температура воздуха составляла $18 - 20 \text{ }^\circ\text{C}$, а его влажность – 45 – 50 %.

Нормальную густоту и сроки схватывания жидкостекольных смесей определяли на приборе Вика путем погружения в раствор пестика и иглы в соответствии с нормативным документом [7]. Нормальной густоты цементного теста достигали при погружении пестика в кольцо, заполненное жидкостекольной смесью, когда пестик не доходит на 5 – 7 мм до пластинки, на которой установлено кольцо. Сроки схватывания определяли по погружению иглы в жидкостекольную смесь. Началом схватывания считали время, прошедшее от начала затворения смеси до того момента, когда игла не доходит до дна кольца на 2 – 4 мм. Концом схватывания –

время, когда игла опускается в смесь не более чем на 1 – 2 мм.

Методика проведения испытаний по определению сроков схватывания приведена на рисунке 1, а образцы из жидкостекольных смесей после проведения испытаний – на рисунке 2. Составы жидкостекольных смесей и результаты их испытаний приведены в таблице. Как следует из таблицы,

при применении в качестве отвердителя феррохромового шлака и кремнефтористого натрия жидкостекольные смеси характеризуются практически одинаковыми сроками начала и конца схватывания. Применение в качестве отвердителя портландцемента значительно увеличивает сроки схватывания жидкостекольных смесей.

Таблица

Составы жидкостекольных смесей и результаты испытаний

Наименование компонентов/ свойства смесей	№ составов/ содержание в масс % / показатели							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Дистенсиллиманитовый концентрат	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	-
Феррохромовый шлак	3,2	-	-	-	-	-	-	-
Кремнефтористый натрий	-	3,2	-	-	-	-	-	-
Портландцемент М400	-	-	3,2	-	-	-	-	-
то же М300	-	-	-	3,2	-	-	-	-
то же М200	-	-	-	-	3,2	-	-	-
то же М100	-	-	-	-	-	3,2	-	-
Глиноземистый цемент	-	-	-	-	-	-	3,2	71,9
Жидкое стекло	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	28,1
Нормальная густота	0,43*							
Начало схватывания, мин.	20	25	70	85	105	145	100	75
Конец схватывания, мин.	30-35	37	175	195	220	250	210	82

* Примечание: Указано соотношение жидкое стекло – сыпучие компоненты



Рис. 1. Определение сроков схватывания жидкостекольной смеси



Рис. 2. Общий вид образцов после испытаний по определению сроков схватывания жидкостекольной смеси: 1 – на дистенсиллиманитовом концентрате с отвердителем; 2 – на комплексном вяжущем из жидкого стекла и глиноземистого цемента

При этом начало схватывания у смесей с отвердителем из портландцемента М400 (состав 3) происходит через 70 мин., а конец – через 175 мин. Применение в качестве отвердителя глиноземистого цемента (состав 7) еще больше увеличивает сроки начала и конца схватывания и, к тому же, ведет к увеличению стоимости смесей.

Комплексное вяжущее, где применяемый глиноземистый цемент является одно-

временно как наполнителем, так и отвердителем жидкого стекла (состав 8) отличается небольшой разницей во времени между началом и концом схватывания смеси.

Выводы. Проведенные испытания жидкостекольных смесей с различными отвердителями показали, что наиболее экономи-

чески целесообразно применение портландцемента М400 в качестве отвердителя жидкого стекла. При этом в условиях строительства в летний период времени закономерно ожидать снижения срока схватывания смесей с увеличением температуры воздуха.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Конопляник А. Ю. Опыт и перспектива применения жаростойких бетонов и огнеупорных смесей в тепловых агрегатах и конструкциях / Конопляник А. Ю., Бородин А. А. // Теория и практика металлургии. – 1999. – № 1. – С. 53 – 54.
2. Некрасов К. Д. Жароупорный бетон / К. Д. Некрасов. – Москва : Промстройиздат, 1957. – 283 с.
3. Тарасова А. П. Влияние вида отвердителя на свойства жаростойких бетонов на жидком стекле / Тарасова А. П. // Опыт применения жаростойких бетонов в промышленности и строительстве : респ. конф., 31 мая-2 июня 1978 г., Днепропетровск / Днепропетров. инж.-строит. ин-т, НИИ бетона и железобетона (НИИЖБ) [и др.]. – Днепропетровск, 1978. – С.73 – 74.
4. Конопляник А. Ю. Опыт и перспективы применения жаростойкого бетона для изготовления футеровки прибыльных надставок сталеплавильного производства / А. Ю. Конопляник // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ, 2012. – № 6. – С.36 – 41.
5. Конопляник А. Ю. Свойства и технология жаростойких бетонов повышенной шлакоустойчивости : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 : защищена 27.02.1997 / А. Ю. Конопляник ; науч. рук. А. А. Бородин. – Днепропетровск, 1996. – 228 с.
6. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначання міцності на згин і стиск : ДСТУ Б В.2.7 – 187:2009. – Чинний від 2010-08-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010 – 22 с. – (Національний стандарт України).
7. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тузавлення та рівномірності зміни об'єму : ДСТУ Б В.2.7–185:2009. – Зі скасуванням чинності в Україні ГОСТ 310.3 – 76 ; чинний від 2009-12-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 10 с. – (Національний стандарт України).

REFERENCES

1. Konoplyanik A. Yu. *Opyit i perspektiva primeneniya zharostoykih betonov i ogneupornyh smesey v teplovyh agregatah i konstruksiyah* [Experience and prospects of refractory concrete and refractory mixtures in thermal units and structures]. *Teoriya i praktika metallurgii - Theory and practice of metallurgy*. 1999, no.1, pp. 53 – 54. (in Russian).
2. Nekrasov K. D. *Zharoupornyy beton*. [Heat-resistant concrete]Moscow, Promstroyizdat, 1957 .283 p. (in Russian).
3. Tarasova A.P. *Vliyanie vida otverditelya na svoystva zharostoykih betonov na zhidkom stekle*. [Influence of type of hardener on properties refractory concretes on the water glass]. *Opyt primeneniya zharostoykih betonov v promyshlennosti i stroitelstve*. Sb. nauch. trudov -The experience of heat-resistant concrete in industry and construction. Collection of scientific papers – Dnepropetrovsk, DISI, 1978, pp.73 – 74. (in Russian).
4. Konoplyanik A. Yu. *Opyt i perspektivy primeneniya zharostoykogo betona dlya izgotovleniya futerovki priblynyh nadstavok staleplavilnogo proizvodstva* [Experience and prospects of application for the production of heat-resistant concrete lining lucrative extensions of steelmaking]. *Visnik PDABA-Bulletin of PSACEA*. Dnepropetrovsk, PDABA, 2012, no.6. pp. 36 – 41. (in Russian).
5. Konoplyanik A. Yu. *Svoystva i tehnologiya zharostoykih betonov povyishennoy shlakoustoychivosti. Doct, Diss.* [Properties and technology of heat-resistant concrete of increased slag resistance. Doct, Diss.]. Dnepropetrovsk PGASA, 1997. 226 p.
6. *Budivelni materialy. Tsementy. Metody viznachennia mitsnosti na zgyin i stysk. DSTU B V.2.7 – 187:2009*. [Construction materials. Cements. Methods for determination of flexural strength and compression .State standard B V.2.7 – 187:2009.] Kyiv, Minregionbud Ukrainy, 2010. 22 p.(in Ukrainian).
7. *Budivelni materialy. Tsementy. Metody vyznachennia normalnoi gustoty, strokiv tuzhavlennya ta rivnomirnosti zminy ob'iemu. DSTU B V.2.7 – 185:2009*. [Construction Materials. Cements. Methods for determination of normal consistency, gripe term and change of size. State standard B V.2.7 – 185:2009.]. Kyiv, Minregionbud Ukraini, 2010. 10 p. (in Ukrainian).

Статья рекомендована к публикации: 05.02.2015 г. Рецензент: д. т. н., проф. Савицкий Н. В.
Поступила в редколлегию 10.02.2015 г. Принята к печати 18.01.2015 г.