

Заключение. В результате выполненных расчетов и анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Расположение затяжки по высоте стропил влияет на напряженное состояние элементов и, следовательно, на расход древесины. Располагать затяжку целесообразно на расстоянии от конька $a/h=0,5-0,8$. Наименьший расход древесины при $a/h=0,8$.
2. Сечение элементов стропил не зависит от угла наклона стропил при одинаковой нагрузке, поскольку напряжения от продольной силы в стропильной ноге незначительны по сравнению с напряжениями от изгибающего момента. Величина изгибающего момента при одинаковой нагрузке на горизонтальную поверхность стропил не зависит от угла наклона стропил.

3. При опирании стропил на балки чердачного перекрытия в расчетной схеме необходимо учитывать неподвижные горизонтальные опоры, что соответствует реальной работе стропильной системы и приводит к существенной экономии древесины.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Отрешко, А.И. Справочник проектировщика. Деревянные конструкции / А.И. Отрешко. – М.:Стройиздат, 1957. – 262 с.
2. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-5.05-146-2009(02250). – Введ. 01.01.2010. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь 2009. – 63 с. Технический кодекс установившейся практики.

Материал поступил в редакцию 03.02.16

ZAHARKEVICH I.F., SHEVCHUK V.L. The analysis of the bearing ability of trailing wooden rafters

The analysis of formulas for definition of efforts is provided in elements of trailing rafters, a tension of elements of rafter system depending on a tilt angle of rafters, inhaling arrangements on height, and also from the cross section of a rafter leg.

УДК 691.32 (043.3)

Павлова И.П., Каленюк Т.В., Беломесова К.Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСШИРЯЮЩИХСЯ СУЛЬФОФЕРРИТНЫХ И СУЛЬФОАЛЮМИНАТНЫХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СОБСТВЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

Введение. Развитие технологии цементных композитов привело к получению высококачественных бетонов [1, 3], но не избавило их от главного недостатка – усадки. Одним из наиболее перспективных вариантов решения данной проблемы является применение бетонов на основе расширяющихся вяжущих. Высокие характеристики свойств, присущие бетонам на расширяющихся вяжущих, позволили с успехом применять их в различных областях строительства. Особенно эффективно применение таких бетонов в конструкциях и сооружениях, к которым предъявляются повышенные требования по трещиностойкости, водонепроницаемости и долговечности [4].

В Республике Беларусь на протяжении ряда лет ведутся целенаправленные исследования расширяющихся и напрягающих цементов (НЦ), бетонов и самонапряженных конструкций. Опыт применения напрягающих бетонов в строительной отрасли РБ представлен в работах [3–5].

Следует отметить, что в настоящее время в Республике Беларусь существенно сокращены объемы производства напрягающего и расширяющегося цементов, производимых промышленным способом. В достаточно ограниченных количествах (не превышающих 1000 т/год) эпизодически производится расширяющийся цемент с низкой маркой по энергоактивности (по СТБ 942 "Портландцемент с компенсированной усадкой"). Примерно в таких же объемах производится напрягающий цемент и расширяющаяся добавка сульфоалюминатного типа в условиях полупромышленного производства. Одной из главных причин снижения объемов производства, несмотря на потребность в названном материале, следует считать отсутствие в Республике Беларусь доступного сырья. В настоящей работе представлены результаты исследований вяжущих на основе расширяющихся добавок, получаемых из отечественного сырья.

1. Экспериментальные исследования собственных деформаций цементного камня, изготовленного с применением расширяющихся добавок различного типа. Целью проведения насто-

ящих исследований являлось определение влияния расширяющихся добавок сульфоалюминатного и сульфоферритного типа на прочностные и деформационные характеристики материалов на основе цементных вяжущих с различными минералогическими составами.

Процентное соотношение компонентов и способ их введения при приготовлении лабораторных составов исследуемых модифицированных вяжущих (в сухом виде или в виде суспензии) представлен в таблице 1.

Результаты постановочных исследований и их анализ

Результаты испытаний образцов вяжущих, модифицированных сульфоферритными и сульфоалюминатными добавками, представлены на рис. 1.

Введение расширяющегося компонента в виде суспензии приводит к некоторому росту прочностных показателей исследуемых составов (как прочности на сжатие, так и прочности на растяжение при изгибе) по сравнению с аналогичным составом, отличающимся сухим перемешиванием добавок. Однако прирост прочности не значителен (в пределах 1%). Поэтому выбор способа введения добавки должен быть обоснован технологическими возможностями. При этом составы с расширяющимися добавками на основе метаксаолина и гипса дают спад прочности на сжатие по сравнению с эталонными составами на ПЦ (до 12% в возрасте 28 суток), что объяснимо некоторым разуплотнением структуры на стадии свободного расширения.

На рисунке 1 представлены данные по изменению прочностных показателей во времени для составов, модифицированных метаксаолином в смеси с гипсом, и составов с расширяющейся сульфоферритной добавкой. Способ введения добавок – суспензия. Введение сульфоферритной добавки приводит к росту прочности на сжатие, начиная с начальных сроков твердения. При этом образцы на составах «ПЦ-метаксаолин-гипс» показывают некоторый спад прочности (всё в сравнении с эталонными образцами на ПЦ). Видимо, этот

Павлова Инесса Павловна, к.т.н., доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Каленюк Татьяна Викторовна, старший преподаватель кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Беломесова Кристина Юрьевна, магистрант кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Таблица 1. Исследуемые составы

Обозначение серии образцов	Компоненты смеси	Технология перемешивания компонентов	В/Ц	Процентное соотношение компонентов
0А	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Песок (П) ГОСТ 8736	а) Вода б) ПЦ в) П	0,44	
1А (1:1)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Метакаолин (М) Гипс (Г) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУСПЕНЗИЯ) а) М+Г+Вода б) ПЦ в) П	0,33	ПЦ 71% Г 15% М 14%
1А (1:3)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Метакаолин (М) Гипс (Г) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУСПЕНЗИЯ) а) М+Г+Вода б) ПЦ в) П	0,48	
1Б (1:1)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Метакаолин (М) Гипс (Г) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУХИЕ) а) М+Г+ПЦ б) Вода в) П	0,33	
1Б (1:3)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Метакаолин (М) Гипс (Г) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУХИЕ) а) М+Г+ПЦ б) Вода в) П	0,48	
2А (1:1)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Сульфоферритная добавка (СД) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУСПЕНЗИЯ) а) СД+Вода б) ПЦ в) П	0,30	
2А (1:3)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Сульфоферритная добавка (СД) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУСПЕНЗИЯ) а) СД+Вода б) ПЦ в) П	0,44	
2Б (1:1)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Сульфоферритная добавка (СД) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУХИЕ) а) СД+ПЦ б) Вода в) П	0,30	ПЦ 90% СД 10%
3А (1:1)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Метакаолин (М) Гипс (Г) Сульфоферритная добавка (СД) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУСПЕНЗИЯ) а) М+Г+СД+Вода б) ПЦ в) П	0,31	ПЦ 71% Г 10% М 9% СД 10%
3А (1:3)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Метакаолин (М) Гипс (Г) Сульфоферритная добавка (СД) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУСПЕНЗИЯ) а) М+Г+СД+Вода б) ПЦ в) П	0,46	
3Б (1:1)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Метакаолин (М) Гипс (Г) Сульфоферритная добавка (СД) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУХИЕ) а) М+Г+СД+ПЦ б) Вода в) П	0,31	
3Б (1:3)	Цемент СЕМ I 42,5N СТБ 197-1 Метакаолин (М) Гипс (Г) Сульфоферритная добавка (СД) Песок (П) ГОСТ 8736	(СУХИЕ) а) М+Г+СД+ПЦ б) Вода в) П	0,46	

эффект в случае сульфоферритной композиции следует объяснять образованием железистого этtringита, способствующего большему уплотнению структуры и снижению пористости. Состав, приготовленный с применением метакаолина, вследствие реализации значительных величин свободного расширения (около 0,6%), приводит к разуплотнению структуры и, как следствие, снижению прочности.

Способ введения расширяющегося сульфоферритного компонента в сухом виде приводит к росту прочностных показателей, как в сравнении с составом на основе метакаолина и гипса, так и с эталонным составом. При этом, при введении добавки «метаколин-гипс» наблюдается спад прочности по сравнению с эталоном.

Как видно из рисунка 2, введение расширяющегося сульфоферритного компонента в виде суспензии либо при смешивании в сухом состоянии приводит к росту прочностных показателей по сравнению с эталонным составом. Способ введения в этом случае не оказывает влияния на изменение прочности.

Применение комплексной добавки на основе смеси сульфоферритного и сульфоалюминатного компонентов (см. рис. 3) приводит к спаду прочности на сжатие по сравнению с эталоном (снижение прочности составило около 43%) и показывает прочность ниже прочности образцов, изготовленных из составов с отдельным введением добавок. Данный эффект объясним высоким

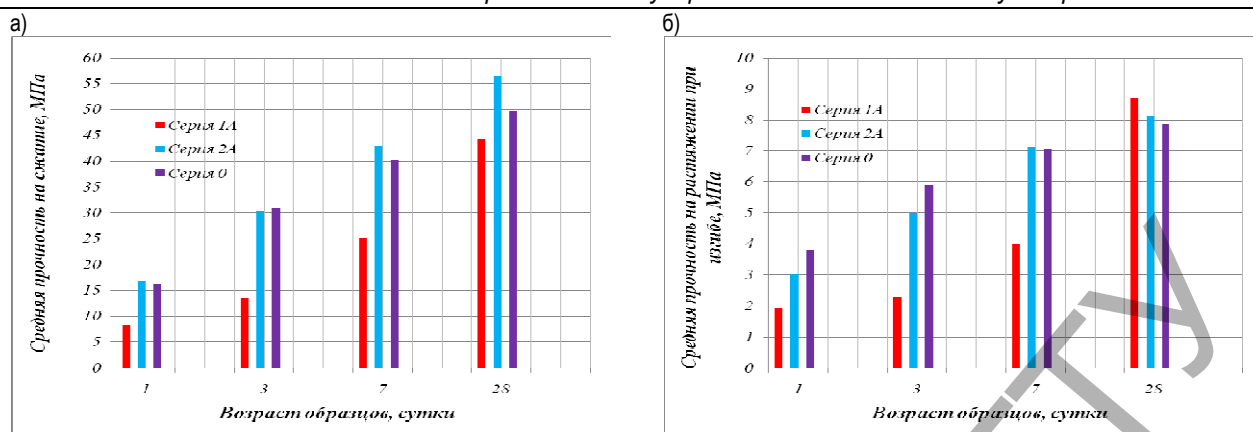


Рис. 1. Результаты испытаний прочности на сжатие (а) и растяжение при изгибе (б) образцов серии 1А/2А

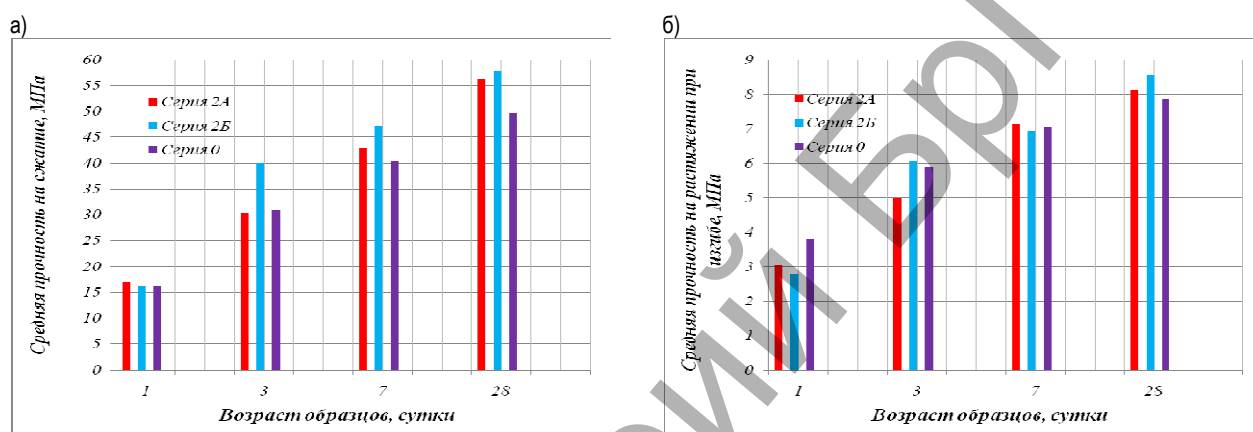


Рис. 2. Результаты испытаний прочности на сжатие (а) и растяжение при изгибе (б) образцов серии 2А/2Б

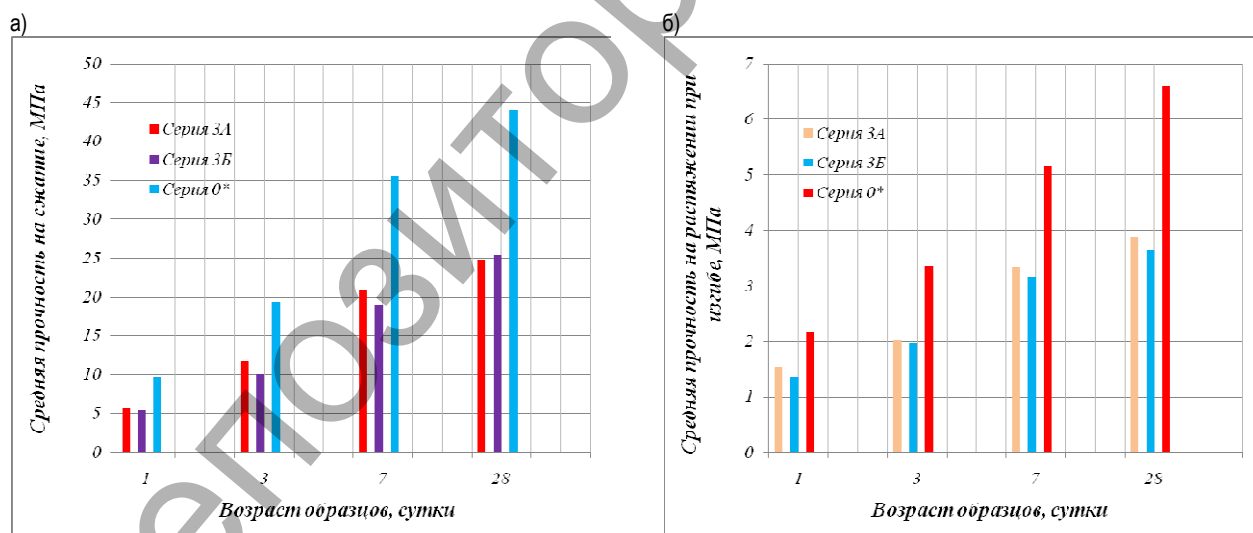


Рис. 3. Результаты испытаний прочности на сжатие (а) и растяжение при изгибе (б) образцов серии 3А/3Б

содержанием в смеси вяжущего активной компоненты, которая, расширяясь, значительно разуплотняет структуру. Снижение содержания цементного клинкера в смеси вяжущего приводит к снижению количества новообразованного геля CSH, таким образом, структура не успевает «самозалечиваться»

Изменения показателей свободного линейного расширения для исследуемых составов представлены на рис. 4. Методика определения свободных и связанных деформаций была принята в соответствии с [6].

Как видно из рис. 4, способ введения не влияет на итоговую величину расширения модифицированного цементного камня. Но модификатор «метакаолин+гипс» дает рост линейного расширения порядка 0,6%, а аналогичных составов с применением расширяю-

щейся сульфферритной добавки – 0,1%. Полученные различия в деформациях свободного расширения следует, очевидно, обосновать тем обстоятельством, что сульфферритная добавка проявляет максимальную деформацию расширения в первые сутки твердения, когда образцы еще не были распалублены и возможности снять отсчеты не было, либо тем, что формирование железистого этtringита не приводит к явным проявлениям изменения объема системы. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Графики изменения во времени величины самонапряжения образцов, изготовленных из составов, модифицированных расширяющимися добавками сульфферритного и сульфалоуминатного типа, представлены на рис. 5.

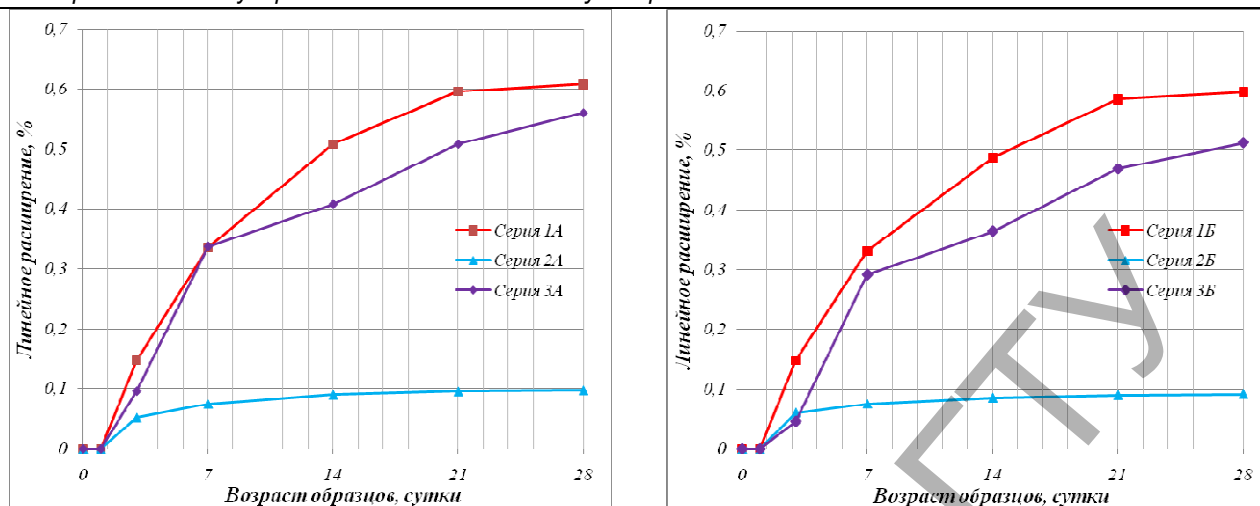


Рис. 4. Линейное расширение цементного камня, модифицированного метаксаолином и сульфферритной добавкой

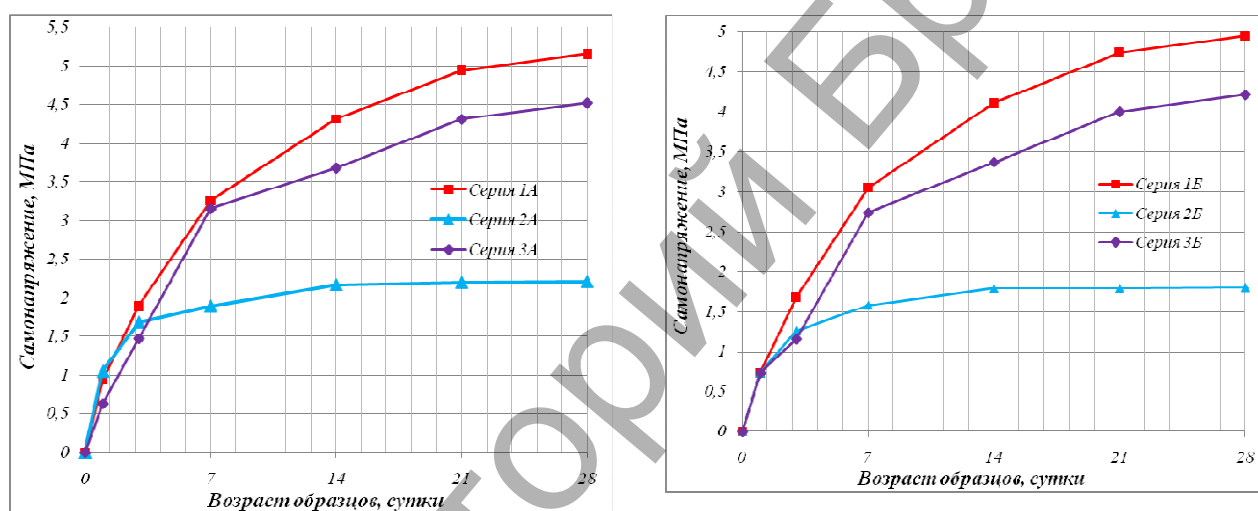


Рис. 5. Самонапряжение цементного камня, модифицированного метаксаолином и сульфферритной добавкой

Как следует из графиков, представленных на рис. 5, образцы, твердевшие в условиях стандартного ограничения ($\rho_1=1\%$) [6], показывают схожую кинетику развития связанных деформаций, как и образцы, твердевшие в свободных условиях. Как видно из рис. 5, способ введения расширяющейся компоненты не оказывает существенного влияния на итоговую величину самонапряжения модифицированного цементного камня. Вместе с тем, при применении модификатора «метаксаолин+гипс» получены самонапряжения до 5 МПа, в то время как расширяющаяся сульфферритная добавка дает максимальную величину самонапряжения 2,2 МПа. Введение смешанной добавки дает промежуточное значение величины самонапряжения по сравнению с отдельным введением добавок. Вероятным объяснением является несбалансированный химический состав и снижение доли портландцемента в смеси. Разница в дозировке компонентов также оказывает безусловное влияние на итоговое самонапряжение. Так, расширяющаяся добавка типа «метаксаолин+гипс» вводится в количестве 29% от массы вяжущего, а сульфферритный модификатор – 10%. При этом, даже при дозировке 10% сульфферритная добавка дает возможность получать составы с энергией самонапряжения 2 МПа.

Заключение. По результатам постановочных испытаний можно сделать следующие выводы:

- способ введения расширяющихся добавок (суспензия либо в сухом виде) не оказывает существенного влияния на изменение

исследуемых прочностных характеристик и показателей свободного и связанного расширения;

- применение сульфферритной добавки приводит к росту прочностных показателей цементных систем, что обусловлено уплотнением структуры и снижением пористости вследствие образования железистого этtringита. Введение метаксаолина и гипса приводит к спадам прочности из-за высокой энергии расширения, приводящей к частичному разуплотнению структуры;
- применение сульфферритной расширяющейся добавки является предпочтительным в случае получения бетонов с компенсированной усадкой либо бетонов повышенной водонепроницаемости;
- применение сульфферритной добавки позволяет получать вяжущие и бетоны на их основе с высокой энергией расширения, что обуславливает область ее применения для получения напрягающих бетонов. Кроме того, учитывая большие деформации расширения и самонапряжения в условиях стандартного ограничения, дальнейшего изучения требует вопрос применения такой добавки в элементах с высоким процентом армирования, дисперсным армированием или в условиях двух- и трехосного расширения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Блещик, Н.П. Особенности и технические проблемы новых видов конструктивных бетонов // Строительная наука и техника. Научно-технический журнал. – Мн., 2005 – № 1. – С. 55–64.
2. Павлова, И.П. Параметрические исследования процесса расширения напрягающего бетона с использованием структурной модели

- расширяющегося композита / И.П. Павлова, В.В. Тур // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. – 2004. – № 1.
3. Тур, В.В. Направления развития цементного бетона в третьем тысячелетии // Архитектура и строительство. – № 5, № 6. – Мн., 2003.
 4. Тур, В.В. Самонапряженный железобетон: исследования, опыт и перспективы применения // Строительная наука и техника. Научно-технический журнал. – Мн., 2005 – № 1. – С. 65–72.
 5. ГПНИ 56 (№ госрегистрации 20142166) Разработка составов и технологических параметров получения расширяющих сульфферритных добавок для напрягающих бетонов: заключительный отчет. – Брест: БрГТУ – 96 с.
 6. Цемент напрягающий. Технические условия: СТБ 1335-2002 – Мн: Стройтехнорм, 2003 – 14 с.

Материал поступил в редакцию 12.02.16

PAVLOVA I.P., KALENYUK T.V., BELOMESOVA K.Yu. Influence research of expansive sulfoferrited and aluminoferrite additions on strength properties and self strains of cementitious systems

In article experiment researches results of influence expansive sulfo-ferrite and sulfoaluminate additions on strength properties and self strains of hardening cementitious systems are presented. Current efforts were spent with the purpose for destination of optimum dosages of expansive additions for reception of self-stressed concrete or shrinkage-compensating concrete.