

Таблица 2. Сравнение результатов, полученных на стадии самоупреждения и в ходе обработки данных статических испытаний

Серия	Усилия образования трещин		Усилия обжатия $P_{0,CE}$, кН		Самоупреждения $\sigma_{0,CE}$, МПа	
	$P_{срс}$, кН	$M_{срс}$, кН·м	стадия расширения	статические испытания	стадия расширения	статические испытания
1	2	3	4	5	6	7
Серия I (НЦ)	15,0	3,0	$\frac{8,08}{9,32}$	12,29	$\frac{1,1^*}{1,26}$	1,07
Серия II (НЦ+SF)	20,0	4,0	$\frac{3,18}{8,3}$	16,38	$\frac{0,46}{1,19}$	1,43
Примечание: *Числитель – значение, полученное в ходе опыта, знаменатель – расчёт по формуле (5) согласно [7].						
1	2	3	4	5	6	7
Серия III (ПЦ)	5,0	1,0	–	–	–	–

- В результате дополнительного объёмного ограничения в виде стальной фибры наблюдали снижение продольных относительных деформаций на уровне ограничивающей арматуры. Вместе с тем, выполненные статические испытания показали, что балки, изготовленные из сталефибробетона на основе напрягающего цемента, имели наибольшие значения самоупреждения по сравнению с балкой серии I (момент образования трещин для сталефибробетонной балки серии II превышал момент образования трещин для балки серии III, выполненной из бетона на основе портландцемента в 4 раза, а для балок серии II из напрягающего бетона – в 1,33 раза).
- В процессе расширения бетона балок не наблюдалось проскальзывания арматуры, что свидетельствует о наличии достаточных сил сцепления применённой базальтопластиковой арматуры с бетоном (что в свою очередь свидетельствует об эффективности применяемого заводом-изготовителем покрытия поверхности арматуры минеральной посыпкой) и отсутствии значительного разупрочнения контактной зоны вследствие расширения бетонной матрицы (с целью его снижения в припорных зонах длиной 500 мм было установлено косвенное армирование).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Бетонные и железобетонные конструкции из напрягающего бетона: ТКП 45-5.03-158-2009 / Министерство архитектуры и строительства РБ. – Мн.: Минстройархитектуры, 2010. – 28 с.
- Бетоны напрягающие: СТБ 2101-2010 / Госстандарт РБ. – Мн.: Госстандарт, 2011. – 19 с.
- Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars: CNR-DT 2003/2006.
- FRP Reinforced for reinforced concrete structures: fib / Task Group 9.3 (Fiber Reinforced Polymer) Reinforcement for Concrete Structures. – Lausanne, Switzerland, 2005.
- Расширяющиеся и напрягающиеся цементы и самоупреждённые конструкции: учебное пособие / В.В. Михайлов, С.Л. Литвер. – М.: Стройиздат, 1974. – 389 с.
- Экспериментально-теоретические основы предварительного напряжения конструкций при применении напрягающего бетона: научное издание / Тур В.В. – Брест: Изд. БрПИ, 1998. – 246 с.
- Beton Ekspansyw / M. Król, W. Tur. – Warszawa: Arkady, 1999. – 240 s.

Материал поступил в редакцию 17.01.13

TUR V.V., SIEMIENIUK O.S. Application of basalt FRPC-reinforcement in the manufacturing of self-stressed structural elements

Problem of using fiber reinforced polymer as working bars in self-stressed flexuring structural elements is considered. Comparison of reaching degree of self-stress in concrete, which was got on the stage of self-stressing and was got like result of processing information of static experiences is produced.

УДК 691.327.002

Уласевич В.П., Якубовская О.А., Уласевич З.Н.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОЧНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ С ДОБАВКОЙ STG-3, ИЗГОТОВЛЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ЗАВОДА КУП «БРЕСТЖИЛСТРОЙ»

Актуальность проблемы. В обозримом будущем бетон и железобетон остается одним из основных конструктивных материалов для строительства, что определено практической неограниченностью сырьевых ресурсов для изготовления вяжущих и заполнителей, высокими конструкторскими и эксплуатационными качествами железобетона как строительного материала, его эксплуатационной долговечностью и надежностью. Производство несущих конструкций из железобетона в заводских условиях – многооперационный процесс, зависящий от большого числа режимных технологических парамет-

ров. Среди них: химический состав сырья; физические характеристики перерабатываемых материалов; параметры технологического оборудования и т.д. В их перечне особую важность занимает процесс продолжительности твердения бетона, существенно влияющий на выбор способа производства бетона и железобетона. Производственный процесс тепловой обработки бетонных и железобетонных изделий и конструкций в условиях заводов железобетонных изделий (ЖБИ) является важнейшим технологическим этапом, так как требует существенных энергозатрат и сроков изготовления изделий. Со-

Уласевич Вячеслав Прокофьевич, кандидат технических наук, профессор кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Якубовская Ольга Александровна, кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Уласевич Зинаида Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии Брестского государственного технического университета.

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

крашение сроков изготовления изделий – путь к снижению их стоимости, так как достигается максимальное использование производственных площадей, повышается оборачиваемость форм и другого дорогостоящего оборудования.

В настоящее время из всех известных методов ускорения твердения бетона в условиях заводов ЖБИ нашла широкое применение тепловлажностная обработка (ТВО) бетона, модифицированного различными химическими добавками-ускорителями твердения, путем его тепловой обработки в камерах периодического действия (ямных и тупиковых туннельных камерах). В качестве теплоносителей в этих камерах могут применяться насыщенный водяной пар, паровоздушная смесь, азрированная горячая вода, продукты сгорания природного газа при непосредственном их контакте с теплоносителем или кондуктивным способом [1].

Заметим, что в процессе ТВО недопустимо интенсивное испарение влаги из бетона, приводящее к нарушению формирующейся структуры. Причинами интенсивной потери влаги могут быть: неоптимизированный режим тепловой обработки и содержания воды в бетоне; относительная влажность среды и скорость ее циркуляции в камерах. Значительные потери влаги в процессе ТВО ведут к нарушению структуры бетона: наблюдается замедление процессов гидратации цемента в последующее время. Как следствие в результате – недобор проектной прочности бетона. Поэтому желательно обеспечение влажности среды не менее 90÷100 % или защита открытых поверхностей изделий влагонепроницаемыми материалами. В период подъема температуры допускается снижение относительной влажности среды до 40÷60 % [1].

Выполненные нами исследования основных свойств тяжелых бетонов, модифицированных добавкой раствора солей торфяных гуматов 3% концентрации (добавка STG-3), доказали эффективность ее применения в бетоне в качестве ускорителя твердения тяжелых бетонов в нормальных условиях [3, 4, 5, 6]. Отметим, что все исследования бетонов с добавкой STG-3 выполнялись нами на материалах и лабораторном оборудовании завода КПД КУП «Брестжилстрой», по результатам которых разработан проект «Добавка для бетонов. Технические условия». В настоящее время проект СТБ на добавку прошел первую редакцию. В процессе его обсуждения в

адрес его разработчиков были высказаны пожелания более глубоко исследовать процессы твердения бетонов с добавкой STG-3 в условиях ТВО, принятых на заводе КПД КУП «Брестжилстрой». В настоящее время намеченный объем исследований завершен, и в данной статье приведены результаты обработки экспериментальных исследований, полученных на образцах-кубах.

Учитывая вышесказанное, считаем, что материалы, изложенные в данной статье, актуальны как с теоретической, так и с практической точек зрения.

Материалы и методика исследований. Для изготовления образцов бетона использовались следующие материалы:

а) *портландцемент* по ГОСТ 10178 ПЦ 500-Д20, ОАО «Красносельскстройматериалы», г.п. Красносельск, с химическим и минералогическим составом, приведенным в таблице 1: истинная плотность – 3,1 г/см³; насыпная плотность – 1,3 г/см³; средняя активность при парировании – 33,3 МПа; нормальная густота цементного теста – 25,25;

б) *песок* по ГОСТ 8736 с модулем крупности 2,41, мытый – ООО «Факторстрой», предприятие-изготовитель – карьер – «Гора Товарная», Брестская область Каменецкий район (таблица 2);

в) *щебень* по ГОСТ 8267 гранитный, наибольшей крупностью зерен до 20 мм, мытый – РУПП «ГРАНИТ» г.п. Микашевичи Брестской области (таблица 3);

г) *вода* – по СТБ 1114;

д) *добавка STG-3* принята по проекту СТБ «Добавка STG-3 для бетонов. Технические условия», прошедшая первую редакцию РУПП «СТРОЙТЕХНОРМ» Министерства строительства и архитектуры Республики Беларусь: рН=10,53; удельная плотность – 1018 кг/м³; масса сухих веществ – 32,2 г/л, модифицированный аналог добавки STG-3 по ТУ РБ 02071613.379-2004 (опытная партия).

Общая характеристика заполнителей приведена в таблице 4.

При проведении испытаний образцов на прочность и морозостойкость использовалось оборудование, приведенное в таблице 5.

Прочность бетона на сжатие определялась на образцах-кубах с ребром 100 мм, твердевших в нормальных условиях по ГОСТ 10180-90 [7].

Образцы изготавливались в поверенных формах 2ФК, соответствующих требованиям ГОСТ 10180-90. Укладку и уплотнение бетонной смеси производилась сразу же после изготовления образцов.

Таблица 1. Химический и минералогический состав цемента

Химический состав цементов, %								Минералогический состав цементного клинкера, %			
SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	П.П.П.	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
21,88	3,67	4,95	65,61	1,58	2,6	0,80	2,35	58,88	18,31	7,89	10,00

Таблица 2. Зерновой состав песка в % по массе

Наименование показателя	Фактическое значение
<i>Полный остаток на ситах размером, мм:</i>	
0,16	95,40
0,315	80,40
0,63	44,70
1,25	16,60
2,5	4,30
<i>Содержание зерен размером, %:</i>	
свыше 10 мм	10,00
свыше 5 мм	6,15
менее 0,16 мм	4,60

Таблица 3. Зерновой состав щебня

Размер отверстий, мм	Полный остаток, %
$D_{наим.}=5$	97,7
$0,5 (D_{наиб.}+D_{наим.})=12,5$	57,10
$D_{наиб.}=20$	1,80
$1,25 D_{наиб.}=25$	0

Таблица 4. Характеристика заполнителей

Материалы	Наименование показателей	Количество
Песок	Модуль крупности, $M_{кр}$	2,41
	Истинная плотность, г/см ³	2,65
	Насыпная плотность, кг/м ³	1541
	Содержание глины в комках, %	0,2
	Содержание глинистых и пылевидных примесей, %	3,00
	Органические примеси в пределах нормы	–
	Удельная эффективная активность (А-ЭФФ)	74,27±20,35
Щебень гранитный	Истинная плотность, г/см ³	2,78
	Насыпная плотность, кг/м ³	1400
	Содержание глины в комках, %	0
	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы	28,00
	Марка по прочности	1400
	Марка по истираемости	И-1
	Содержание зерен слабых пород, %	1,2
	Морозостойкость, $M_{рз}$	300
	Содержание вредных компонентов и примесей, м.моль/л	6,3

Таблица 5. Средства измерений и оборудование, применявшиеся при проведении испытаний

Наименование оборудования	Технические характеристики	Учетный (заводской) номер	Дата следующей проверки
Ванна для насыщения образцов		и. н. 106	26.03.2013
Весы настольные электронные ВСП 3/05-3К	0,01–3 кг, ц.д. – 0,5 г	и. н. 1555/1	10.01.2013
Весы настольные электронные ВН-15	0,2–15 кг, ц.д. – 0,5 г	и. н. 1552/1	10.01.2013
Виброплощадка СМЖ-539М	частота колебаний 47Гц	и. н. 4033/1347	26.03.2013
Камера нормального твердения КНТ	T=20±2°C, W=95±5%	и. н. 524/51	03.11.2012
Камера пропарочная КУП-1	-	и. н. 525/52	03.11.2012
Линейка металлическая лабораторная ЛИ-500	0–500 мм, ц.д. – 1 мм	и. н. 25	20.01.2013
Мерные цилиндрические сосуды 1, 2, 5, 10 л	1, 2, 5, 10 л	и. н. 321/11	20.01.2013
Морозильная камера ММ-164	-18°C, ±2°C	и. н. 630/0351	26.03.2013
Пресс гидравлический П-125	1250 кН, ±1%	и. н. 6314/214	10.01.2013
Форма металлическая 2ФК-100		и. н. 44,51,65,69	07.02.2013
Шкаф сушильный СНОЛ-3,5	105°C, ±5°C	и. н. 4619/1043	26.03.2013

Таблица 6. Зависимость скорости подъема температуры от начальной прочности бетона

Начальная прочность бетона, МПа	0,1–0,2	0,3–0,35	0,4–0,5	0,5–0,6	0,7–0,8
Скорость подъема температуры среды камеры, °С/час	10	20	30	40	60

Уплотнение образцов происходило в одинаковых условиях на лабораторной виброплощадке в течение одинакового времени. Образцы были распалублены через 24 ч после их изготовления. Затем образцы помещались в камеру, обеспечивающую у поверхности образцов нормальные условия (температура (20 ± 3)°С, относительную влажность воздуха (95 ± 5)%).

Морозостойкость бетона определялась по ГОСТ 10060.2-95 [10] – ускоренный при многократном замораживании и оттаивании (второй) метод определения морозостойкости. Испытания проводились на образцах-кубах с ребром 100 мм, твердевших в нормальных условиях по ГОСТ 10180-90.

Результаты тепловлажностной обработки бетонов. В условиях завода КПД КУП «Брестжилстрой» при изготовлении железобетонных конструкций применяется тепловая обработка в пропарочных камерах по режиму (2+3+6+4), где:

- предварительное выдерживание – 2 часа при температуре окружающей среды (принято с учетом применения ускорителей твердения);
- период подъема температуры – 3 часа (скорость подъема температуры принята с учетом начальной прочности бетона по таблице 6 [11]);

- период изотермического прогрева – 6 часов при температуре 80°C (принят в соответствии с рекомендациями, изложенными в [1, 11];
- период понижения температуры (остывание в камере) – 4 часа (согласно рекомендациям [1]).

В качестве прототипа при исследованиях использовалась применяемая в настоящее время на заводе КУП «Брестжилстрой» химическая добавка для бетонов ФОРТ «УП-4» [2] (производитель – Российская Федерация).

Для изучения влияния режимов ТВО на прочность бетонов с добавкой STG-3 был проведен ряд опытов. Исследование кинетики нарастания прочности бетона проводилось на образцах с добавками (STG-3 и УП-4) и без добавки (контрольные образцы) в нормальных условиях при t=20°C (через 1, 3, 7, 14 и 28 суток) и при ТВО. Опыты проводились на двух составах бетонной смеси: с расходом цемента 338 кг и 487 кг. Для каждого из составов количество добавки STG-3 принималось в диапазоне от 0,0075% до 0,0125% от массы цемента с шагом 0,0025%, количество добавки УП-4 принималось 1%. Результаты исследований изложены ниже в ряде таблиц.

Результаты испытаний прочности бетонов, прошедших ТВО при 80°C, изложены в таблицах 7, и 8.

Таблица 7. Прочность бетона, прошедшего ТВО при 80°C, с расходом цемента 338 кг/м³

Расход материалов	Вид добавки	Расход добавки	В/Ц	ОК	Прочность на сжатие, МПа/%	
					После ТВО	28 суток
1:2,13:3,42	-	-	0,58	9	$\frac{21,0}{100}$	$\frac{30,6}{100}$
	П4	1%	0,55	9	$\frac{24,7}{118}$	$\frac{31,9}{104}$
					$\frac{25,5}{121}$	$\frac{34,6}{113}$
	STG-3	0,0075%	0,52	9	$\frac{26,0}{124}$	$\frac{34,8}{114}$
					$\frac{27,2}{129}$	$\frac{35,0}{114}$

Таблица 8. Прочность бетона, прошедшего ТВО при 80°C, с расходом цемента 487 кг/м³

Расход материалов	Вид добавки	Расход добавки	В/Ц	ОК	Прочность на сжатие, МПа/%	
					После ТВО	28 суток
1:1,3:2,29	-	-	0,49	16	$\frac{23,0}{100}$	$\frac{33,1}{100}$
	П4	1%	0,47	16	$\frac{27,2}{118}$	$\frac{35,2}{106}$
					$\frac{28,6}{124}$	$\frac{36,5}{110}$
	STG-3	0,0075%	0,45	16	$\frac{28,1}{122}$	$\frac{36,3}{110}$
					$\frac{27,6}{120}$	$\frac{37,1}{112}$

Таблица 9. Прочность бетона, прошедшего ТВО при 60°C, с расходом цемента 338 кг/м³

Расход материалов	Вид добавки	Расход добавки	В/Ц	ОК	Прочность на сжатие, МПа (%)	
					После ТВО	28 суток
1:2,13:3,42	-	-	0,58	9	17,4 (100)	27,8 (100)
	П4	1%	0,55	9	20,6 (118)	30,0 (108)
					20,8 (120)	31,4 (113)
	STG-3	0,0075%	0,52	9	21,5 (124)	31,7 (114)
					20,9 (120)	30,9 (111)

Таблица 10. Прочность бетона, прошедшего ТВО при 60°C, с расходом цемента 487 кг/м³

Расход материалов	Вид добавки	Расход добавки	В/Ц	ОК	Прочность на сжатие, МПа/%	
					После ТВО	28 суток
1:1,3:2,29	-	-	0,49	16	19,8 (100)	29,5 (100)
	П4	1%	0,47	16	21,7 (110)	32,0 (108)
					22,1 (112)	32,7 (111)
	STG-3	0,0075%	0,45	16	23,5 (119)	33,1 (112)
					25,5 (129)	34,5 (117)

Пропаривание образцов при температуре 60°C с использованием следующего режима:

- предварительное выдерживание 2 часа;
- подъем температуры 3 часа;
- изотермический прогрев 6 часов;
- остывание в камере 4 часа.

В результате были получены следующие данные (таблицы 9 и 10).

В ходе эксперимента установлено, что добавка STG-3 увеличивает начальную структурную прочность бетона. Одновременно добавка обладает и пластифицирующим эффектом, что обеспечивает важнейшие технологические параметры бетонной смеси: подвижность, удобоукладываемость, нерасслаиваемость, однородность, уплотняемость при укладке.

Как видно из представленных результатов, применение добавки позволяет на 115÷125% повысить прочность бетонов при пропаривании, при этом в возрасте 28 суток прочность пропаренного бетона с добавкой также выше на (10÷20)% по сравнению с контрольными образцами без добавки.

Проанализировав полученные результаты, можно заметить, что снижение температуры пропаривания возможно и научно обосновано. Прочность модифицированных образцов добавкой STG-3, пропаренных при 60°C, совпадает с прочностью контрольных образцов,

пропаренных при температуре 80°C (рисунок 1, 2). Снижение температуры ТВО ведет к экономии теплоносителя и удешевлению продукции без снижения прочности.

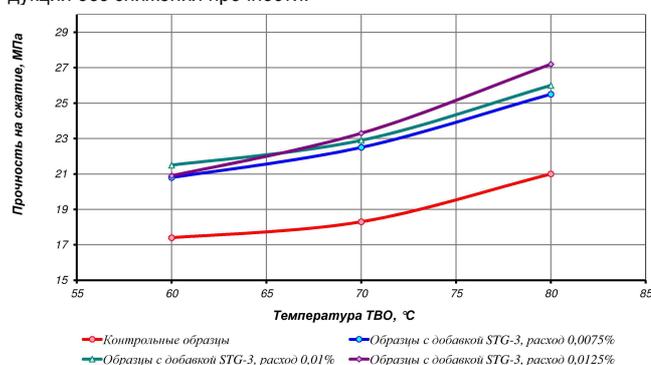


Рис. 1. Сравнение прочностей контрольных образцов и образцов с добавкой STG-3, пропаренных при температурах 60°C ÷ 80°C (расход цемента 338 кг)

Также было исследовано влияние добавки STG-3 на твердение бетона в нормальных условиях. Бетоны, твердеющие в нормальных условиях, испытывались через 1, 3, 7, 14 и 28 суток. Состав бетонной смеси и расход добавок такой же, как и ТВО. Результаты приведены в таблицах 11 и 12, а также на рисунках 1 и 2 соответственно.

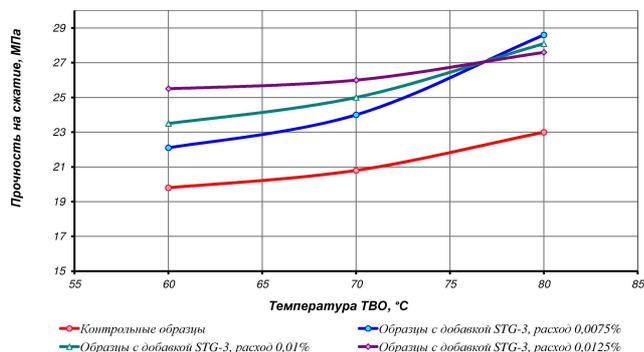


Рис. 2. Сравнение прочностей контрольных образцов и образцов с добавкой STG-3, пропаренных при температурах 60°C ÷ 80°C (расход цемента 487 кг)

Как видно из приведенных результатов, добавка STG-3 является эффективным ускорителем твердения бетонов в нормальных условиях, особенно в начальные сроки твердения. Прирост прочности бетона с добавкой STG-3 при постоянной подвижности бетонной смеси в течение 1÷3 суток составляет (20÷30) %. В возрасте 28 суток – (10÷15)%.

В таблице 13 приведены экспериментальные данные, подтверждающие соответствие добавки STG-3 нормируемому уровню эффективности для добавок, ускоряющих твердение согласно СТБ 1112-98 [9].

Морозостойкость бетонов с добавкой STG-3, изготовленных в условиях ТВО. Морозостойкость бетона определялась при помощи ускоренного метода (второго), суть которого заключается в многократном замораживании и оттаивании образцов в растворе хлори-

стого натрия [10]. Испытания проводились на образцах-кубах с ребром 100 мм, твердевших в нормальных условиях. Морозостойкость была определена для образцов без добавок, образцов с добавкой УП-4 и образцов с добавкой STG-3 с расходом 0,075%. Полученные результаты приведены в таблице 14.

Увеличение морозостойкости бетона с добавкой STG-3 объясняется снижением водоцементного отношения, что приводит к уплотнению структуры цементного камня, а также уменьшению капиллярной пористости и увеличению количества условно-замкнутых пор, которые создают резервную пористость. Следует отметить, что при очень низком значении количества условно-замкнутых пор морозостойкость бетона существенно снижается, в то время как прочность бетона повышается. Однако при сильно завышенном значении количества условно-замкнутых пор происходит снижение прочности бетона. Поэтому очень важно, что при использовании добавки STG-3 формируется структура с оптимальными капиллярно-поровыми характеристиками, обеспечивающими повышение как прочностных свойств, так и долговечности бетона.

Заключение

1. Исследована возможность применения добавки STG-3 в качестве ускорителя твердения в условиях ТВО. Применение добавки STG-3 позволяет уменьшить количество воды затворения, т.к. она обладает пластифицирующим эффектом, а также повышенной связностью и однородностью.
2. Результаты эксперимента, проведенного с использованием цемента завода «Красносельскстройматериалы», показали, что прирост прочности бетона с добавкой STG-3 составляет в 1 сутки – до 35%, в 28 суток – до 13%. Это указывает на комплексный характер действия добавки, позволяющий интенсифицировать твердение цементного камня на начальной стадии твердения без падения прочности в более поздние сроки. Пропаренный бетон с добавкой STG-3 также показывает прирост прочности до 30% сразу после ТВО и до 15% в возрасте 28 суток после ТВО.

Таблица 11. Прочность бетона, твердеющего в нормальных условиях, с расходом цемента 487 кг/м³

Расход материалов	Вид добавки	Расход добавки	В/Ц	ОК	Прочность на сжатие, МПа (%)				
					1 сутки	3 суток	7 суток	14 суток	28 суток
1:1,3:2,29	-	-	0,49	16	4,4 (100)	19,0 (100)	21,8 (100)	28,0 (100)	34,0 (100)
	УП-4	1%	0,47	16	5,0 (114)	20,5 (108)	24,3 (111)	31,3 (112)	36,6 (108)
	STG-3	0,0075%	0,45	16	5,8 (132)	21,5 (113)	25,0 (114)	31,9 (114)	37,7 (111)
		0,0125%	0,45	16	5,6 (127)	21,7 (114)	26,9 (123)	33,0 (118)	37,8 (111)
		0,0125%	0,45	16	5,5 (125)	20,6 (109)	25,0 (114)	32,5 (116)	38,5 (113)

Таблица 12. Прочность бетона, твердеющего в нормальных условиях, с расходом цемента 338 кг/м³

Расход материалов	Вид добавки	Расход добавки	В/Ц	ОК	Прочность на сжатие, МПа/%				
					1 сутки	3 суток	7 суток	14 суток	28 суток
1:2,13:3,42	-	-	0,58	9	5,5 (100)	13,8 (100)	20,0 (100)	26,0 (100)	32,5 (100)
	УП-4	1%	0,55	9	6,3 (114)	15,7 (114)	21,9 (109)	30,1 (116)	32,6 (100)
	STG-3	0,0075%	0,52	9	7,2 (131)	18,0 / 130	25,6 / 128	30,9 / 119	35,6 / 109
		0,01%	0,52	9	7,2 (131)	17,2 (125)	24,4 (127)	30,1 (116)	34,9 (107)
0,0125%		0,52	9	7,1 (129)	17,4 (126)	24,3 (121)	30,9 (119)	35,1 (108)	

Таблица 13. К нормируемому уровню эффективности добавки STG-3

Критерий эффективности	Нормируемый уровень эффективности	Значение показателя, полученного при испытаниях
Прочность бетона на сжатие в возрасте 1 суток нормального твердения, МПа:		
Контрольных образцов	Повышение прочности на 20% и более	4,4
Образцов с добавкой STG-3		5,8
Прирост прочности, %		32
Прочность бетона на сжатие в возрасте 28 суток:		
Контрольных образцов (без добавки)	Прочность с добавкой не менее 90% прочности бетона контрольного состава	34,0
Образцов с добавкой STG-3		37,8
Прирост прочности, %		11

Таблица 14. Результаты испытания образцов на морозостойкость

Вид образца	Прочность, МПа	Коэффициент морозостойкости
Контрольные образцы:		
1) без добавок;	32,5	-
2) с добавкой УП-4;	32,7	-
3) с добавкой STG-3.	35,5	-
Основные образцы (число циклов испытаний 13(75)):		
1) без добавок;	33,5	1,031
2) с добавкой УП-4;	34,0	1,040
3) с добавкой STG-3.	37,3	1,051

- По результатам ТВО можно сделать вывод, что применение добавки STG-3 в оптимальных количествах (0,01±0,0125)% от массы цемента позволяет снизить температуру пропаривания с 80°C до 60°C. При этом модифицированные образцы, пропаренные при 60°C, показали прочность контрольных образцов без добавки, пропаренных при 80°C. Снижение температуры ТВО позволяет снизить энергозатраты при производстве железобетонных изделий и конструкций и ведет к удешевлению продукции за счет применения добавки STG-3 в качестве импортозаменяемого продукта.
- Введение добавки STG-3 в бетон при оптимальных ее количествах способствует увеличению морозостойкости, что объясняется понижением водоцементного отношения, которое приводит к уплотнению структуры бетона и к уменьшению капиллярной пористости.
- Полученные результаты исследований представляют научный интерес и могут быть рекомендованы к рассмотрению РУП «Стройтехнорм» на стадии второй редакции при утверждении СТБ «Добавка для бетонов STG-3. Технические условия».

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Пособие по тепловой обработке сборных железобетонных конструкций и изделий (к СНиП 3.09.01-85). / Утв. приказом ин-та ВНИИжелезобетон от 8.07.1986 г. № 54. – М.: Стройиздат 1989. Режим доступа: <http://complexdoc.ru/ntd/547273>. – Дата доступа: 20.06.2012.
- Ускоритель–пластификатор для ТВО бетона ФОРТ «УП-4» [Электронный ресурс]. / ООО "ФОРТ". – Режим доступа: <http://www.modifikator.ru/For UP-4.pdf>. – Дата доступа: 20.06.2012.
- Уласевич, В.П. Исследование основных свойств конструкционных бетонов, модифицированных добавками, полученными на основе гуминовых веществ из отходов торфопредприятий /

- В.П. Уласевич, З.Н. Уласевич, О.А. Якубовская [и др.] // Отчет о НИР ГБ 06/608, НИЧ БрГТУ. – 2010. – 184 с. – № ГР20063467.
- Якубовская, О.А. Влияние суспензий торфяных гуминовых веществ на активность цемента, прочность и защитные свойства бетонов, твердеющих в нормальных условиях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / О.А. Якубовская; Брестский государственный технический университет. – Брест, 2011. – 24 с.
- Уласевич, В.П. Роль модифицирования воды затвердения добавкой STG-3 в процессах ускорения твердения цементных бетонов / В.П. Уласевич, З.Н. Уласевич, О.А. Якубовская // Вестник БрГТУ. – 2012. – № 1(73): Строительство и архитектура. – С. 100–104.
- Уласевич, В.П. Электронно-микроскопические исследования структуры цементного камня, модифицированного добавкой STG-3 / В.П. Уласевич, О.А. Якубовская, З.Н. Уласевич // Вестник БрГТУ. – 2009. – № 1(55): Строительство и архитектура. – С. 90–94.
- Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180-90 – Введ. 01.01.91. – М.: Министерство промышленности строительных материалов СССР, 1991. – 45 с.
- Бетоны. Правила подбора состава: СТБ 1182-99 – Введ. 4.10.99. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1999. – 8 с.
- Добавки для бетонов. Общие технические условия: СТБ 1112-98. – Введ. 18.06.98. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1998. – 22 с.
- Бетоны. Ускоренные методы определения морозостойкости: ГОСТ 10060.2-95. – Введ. 08.10.96. – Минск: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС), 1997. – 5 с.
- Миронов, С.А. Ускорение твердения бетона / С.А. Миронов, Л.А. Малинина. – М.: Стройиздат, 1964. – 349 с.

Материал поступил в редакцию 24.01.2013

ULASEVICH, V.P., YAKUBOVSKAYA O.A. ULASEVICH Z.N. Influence of modes of heatmoist processing on durability of heavy concrete with an additive of STG-3 made in the conditions of plant KUP "Brestzhilstroy"

Influence of a mode of heatmoist processing on durability of heavy concrete with an additive of STG-3 received in the conditions of plant KUP "Brestzhilstroy" is experimentally investigated. It is established that the heavy concrete modified by an additive of STG-3 in number of (0,01±0,0125) of % from weight of cement, allows to reduce temperature of isothermal warming up from 60 °C to 80 °C. The modified samples pro-soared at 60 °C, confirmed durability of control samples without an additive, pro-soared at 80 °C. Application of an additive of STG-3 in heavy concrete in the studied interval of an expense promotes increase in its frost resistance a minimum on one brand.

Decrease in temperature of TVO leads to decrease in the general energy consumption by production of ferroconcrete designs, and conducts to production reduction in cost at the expense of application of an additive of STG-3 as an importozameshchayemy product.