



УДК 691.327:666.97

**Степанов С.В.** – кандидат технических наук, ассистент

E-mail: seregins2@yandex.ru

**Морозов Н.М.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: nikola\_535@mail.ru

**Хозин В.Г.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: khozin@kgasu.ru

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

### Влияние комплексного ускорителя твердения на режим тепловой обработки мелкозернистого бетона

#### Аннотация

Проблема сокращения тепловой обработки при производстве железобетонных изделий является актуальной в связи с сокращением энергозатрат. Применение добавок ускорителей позволяет снизить время и температуру тепловой обработки, а в некоторых случаях и отказаться от нее. В работе исследовано влияние добавки на основе гальванического шлама на режимы тепловлажностной обработки железобетонных изделий.

**Ключевые слова:** ускоритель твердения, бетон, гальванический шлам, прочность, режим тепловой обработки.

В последнее время в технологии производства строительных материалов все больше применение находят побочные продукты и техногенные отходы различных отраслей промышленности.

Внимание многих исследователей привлекают твердые и пастообразные отходы в виде шламов, образующихся после обезвоживания заводских стоков предприятий химической, машиностроительной, энергетической, микробиологической, фармацевтической, стекольной и других отраслей промышленности [1-4].

Гальванические отходы, как правило, содержат относительно невысокие концентрации ценных цветных металлов. Кроме того, форма их нахождения в составе гальванических отходов и близость их химических свойств требуют понимания специальных химических методов выделения. Поэтому рециркуляция металлов из гальванических отходов является экономически не выгодным мероприятием. Единственным, перспективным, получившим развитие в других странах способом утилизации гальванических отходов является их применение в качестве добавок в различных строительных материалах.

Использованный в работе гальванический шлам (далее ГШ) – это отход, получаемый в процессе обработки алюминиевых профилей методом анодирования. Он представляет собой водную пасту серого цвета с высокой дисперсностью твердой фазы. Химический состав ГШ представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав гальванического шлама

Элемент	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	ППП/1000
Содержание, %	0,61	0,01	55,47	0,13	<0,01	1,52	1,06	1,90	<0,01	0,05	9,47	29,78

Влажность ГШ составляла 84,3 %. Перед применением гальванический шлам предварительно высушивали и размалывали до удельной поверхности 550 кг/см<sup>2</sup> [5].

Большое содержание в ГШ оксидов алюминия позволяет его использовать в качестве добавки для ускорения твердения. Ранее было показано, что введение ГШ в состав цементного камня позволяет активизировать процессы гидратации цемента, и приводит к ускоренному образованию субмикрорекристаллических продуктов гидратации, обладающих высокой прочностью [6].

Сокращение сроков схватывания цемента и интенсификации его твердения актуальны как для бетонов нормально-влажностного твердения, так и подвергаемых тепловлажностной обработке. Введение добавок-ускорителей схватывания и твердения, комплексных ускорителей твердения в бетон активизирует процессы гидратации цемента, что приводит к ускоренному образованию субмикрорекристаллических продуктов гидратации, обладающих высокой прочностью.

Нами был разработан состав комплексного ускорителя твердения цементных бетонов [7, 8]. Разработанная добавка представляет собой водонерастворимый порошкообразный материал, состоящий из суперпластификатора С-3 и высушенного гальванического шлама. В состав бетона его вводили путем совместного смешения до получения однородной массы.

В данной работе было рассмотрено влияние добавок ускорителей твердения на прочность бетонов в зависимости от режима ТВО. Были использованы добавка на основе гальванического шлама, ускоритель твердения Гексалит [9] и суперпластификатор С-3, так как он входит как в состав Гексалита, так и нашей добавки. Составы бетонов приведены в табл. 2.

Таблица 2

#### Составы мелкозернистого бетона

№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				В/Ц
	Цемент	Песок	Добавка	Вода	
1	500	1500	-	186	0,37
2			С-3, - 4	150	0,30
3			Гексалит - 16,5	162	0,32
4			ГШ+С-3 - 15	154	0,31

Для оценки эффективности добавки бетоны подвергали тепловлажностной обработке по различным режимам. Температура и продолжительность тепловлажностной обработки представлены в табл. 3.

Таблица 3

#### Режимы тепловлажностной обработки

№ режима	Продолжительность этапа				Продолжительность режима, час
	Предварительная выдержка	Подъем температуры	Изотермия	Спуск температуры	
1	3 часа при t=20 <sup>0</sup> С	3 часа до t=80 <sup>0</sup> С	6 часов при t=80 <sup>0</sup> С	3 часа до t=20 <sup>0</sup> С	15
2	1,5 часа при t=20 <sup>0</sup> С	3 часа до t=80 <sup>0</sup> С	6 часов при t=80 <sup>0</sup> С	3 часа до t=20 <sup>0</sup> С	13,5
3	3 часа при t=20 <sup>0</sup> С	1 час до t=40 <sup>0</sup> С	6 часов при t=40 <sup>0</sup> С	1 час до t=20 <sup>0</sup> С	11
4	3 часа при t=20 <sup>0</sup> С	3 часа до t=80 <sup>0</sup> С	0	3 часа до t=20 <sup>0</sup> С	9

Первым этапом работы было определение суточной прочности бетонов, твердевших в нормально-влажностных условиях, результаты представлены на рис. 1 и 2.

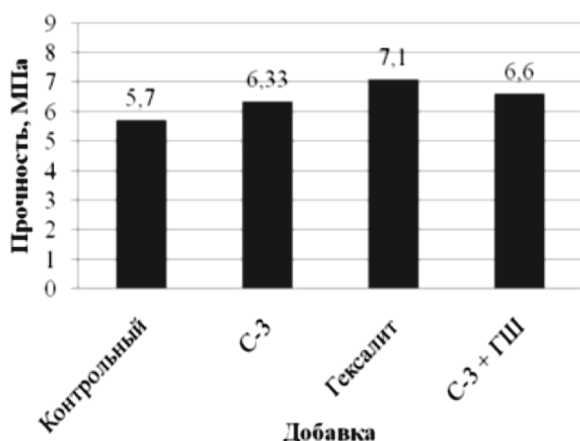


Рис. 1. Прочность мелкозернистого бетона при изгибе в возрасте 1 суток

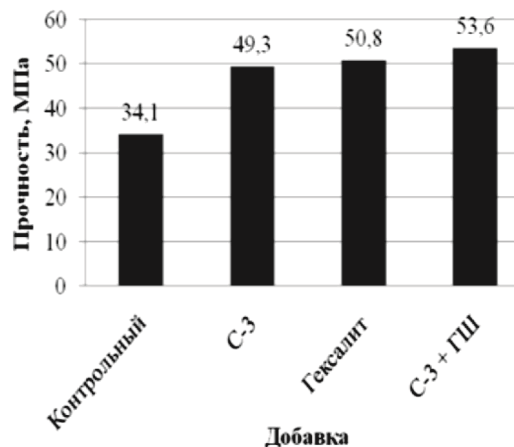


Рис. 2. Прочность мелкозернистого бетона при сжатии в возрасте 1 суток

Из рис. 1 и 2 видно что, при твердении бетонов в нормально-влажностных условиях ( $t=20^{\circ}\text{C}$  и  $W=90-95\%$ ) максимальное ускорение твердения наблюдается у разработанной добавки, прирост прочности при сжатии составил 60 % относительно бездобавочного состава.

Процесс тепловлажностной обработки на заводах длится 15-18 часов, температура пропаривания бетона составляет  $t=80^{\circ}\text{C}$ . Дальнейшее повышение температуры не приводит к увеличению прочности и приводит к деформациям изделий. Поэтому следующим режимом ТВО был выбран режим № 1. Данный режим эмитирует проведение ТВО в заводских условиях. Результаты представлены на рис. 3 и 4.

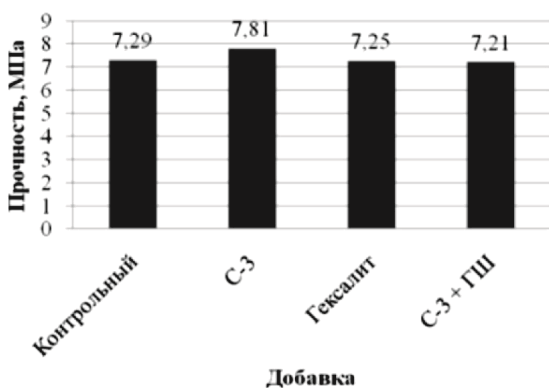


Рис. 3. Прочность мелкозернистого бетона при изгибе

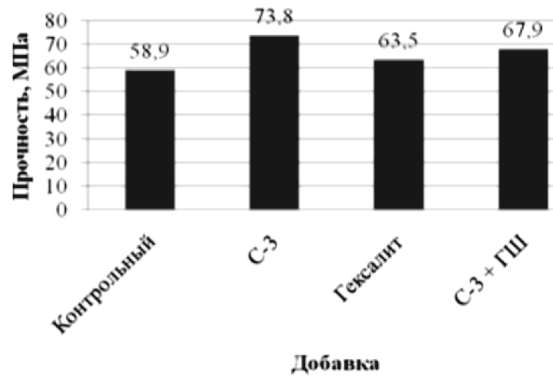


Рис. 4. Прочность мелкозернистого бетона при сжатии

Из рис. 3, 4 видно, что наибольший прирост прочности имеет состав с суперпластификатором С-3. Это объясняется максимальным снижением водопотребности смеси от введения данной добавки. Так прирост прочности на сжатие относительно бездобавочного состава составил 25 %, введение добавок ускорителей Гексалита и ГШ+С-3 позволило увеличить прочность на 8 % и 15 % соответственно.

Далее был опробован способ по сокращению предварительной выдержки бетона по режиму тепловлажностной обработки № 2. При пропаривании бетона с сокращенной предварительной выдержкой образцы вспучились и треснули, образец с разработанной добавкой практически не вспучился, этот факт говорит о том, что бетон уже имеет начальную структурную прочность, которая сдерживает внутренние напряжения. Прочность данных образцов не испытывалась.

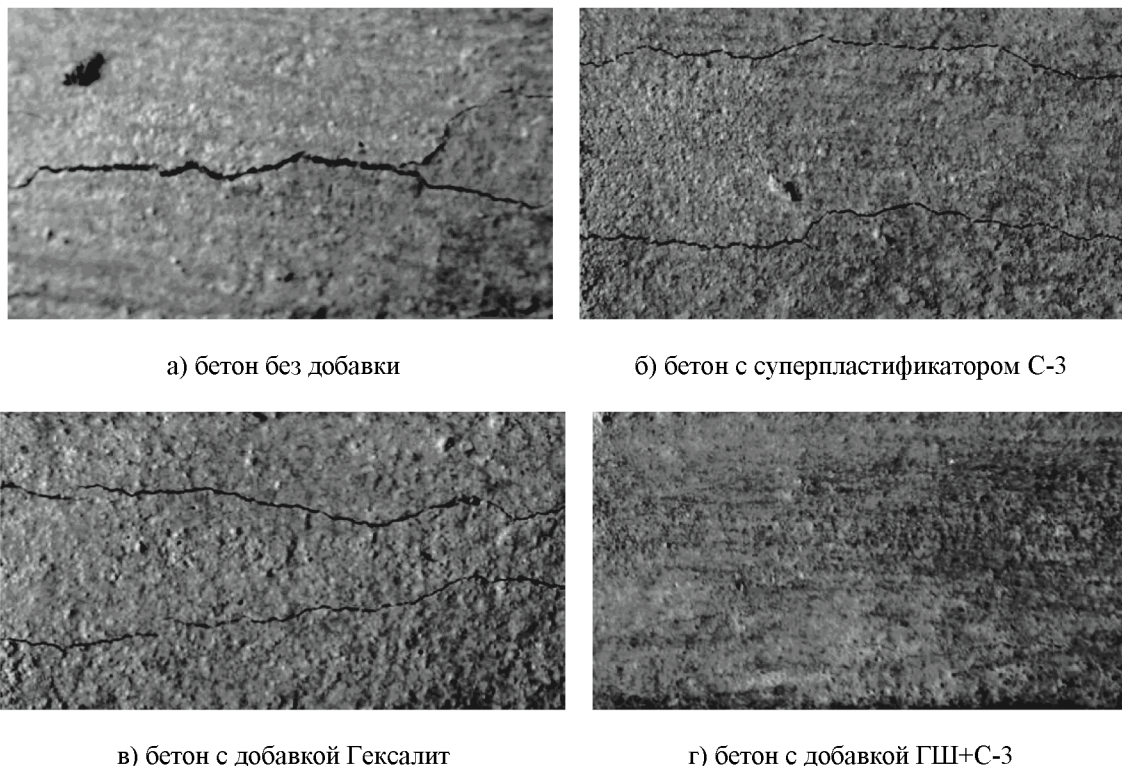


Рис. 5. Фотографии образцов, пропаренных с сокращенной предварительной выдержкой

Максимального снижения энергозатрат при пропаривании изделий можно добиться за счет снижения температуры тепловлажностной обработки или за счет сокращения времени изотермической выдержки.

При снижении температуры ТВО до  $t=40^{\circ}\text{C}$  снижается время подъема и спуска температуры, общее время обработки составит 11 часов. Результаты испытаний представлены на рис. 6, 7.

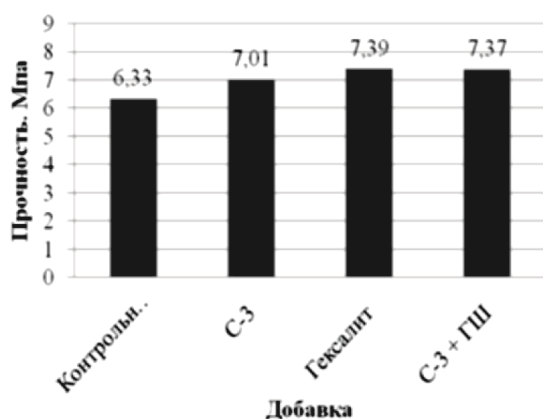


Рис. 6. Прочность мелкозернистого бетона при изгибе

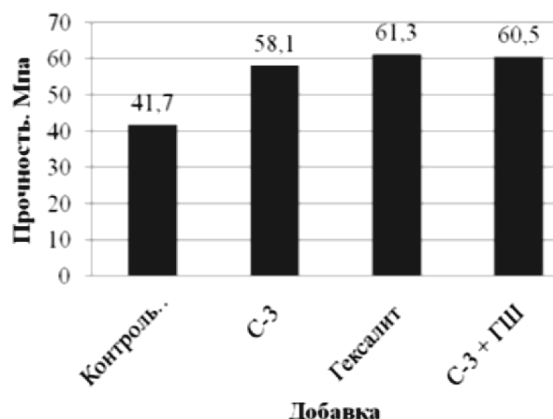


Рис. 7. Прочность мелкозернистого бетона при сжатии

Из рис. 7 видно, что введение добавок ускорителей твердения позволяет повысить прочность бетона при сжатии на 45-47 %, причем прочность образцов с ускорителями выше бездобавочного состава на 5 % пропаренного по режиму № 1.

При пропаривании бетона по режиму № 4 время ТВО составило 9 часов, за счет исключения изотермической выдержки. Результаты приведены на рис. 8 и 9.

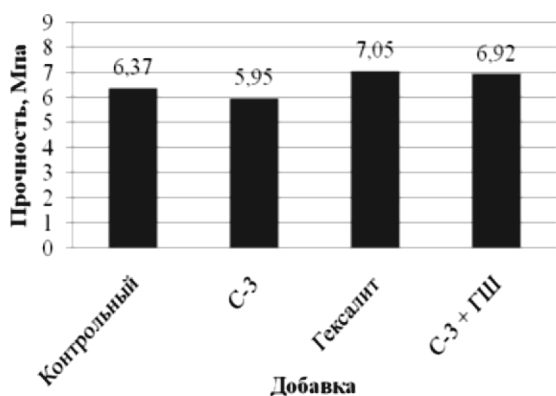


Рис. 8. Прочность мелкозернистого бетона при изгибе

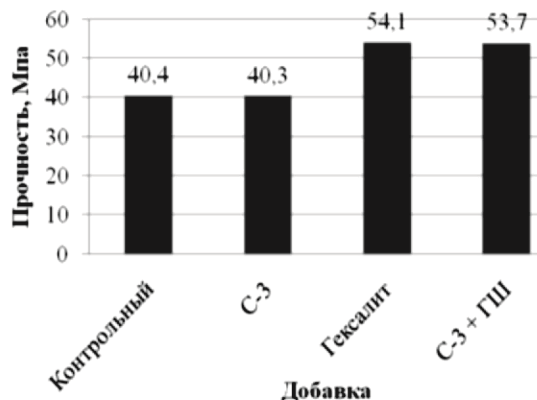


Рис. 9. Прочность мелкозернистого бетона при сжатии

При прогреве бетона по данному режиму прирост прочности бетона с ускорителями твердения составил 30-35 % относительно бездобавочного состава, и имеют такую же прочность, как и на 1 сутки твердения в нормально-влажностных условиях.

Таким образом, введение комплексного ускорителя на основе гальванического шлама в цементные системы приводит к ускорению формирования кристаллизационной структуры в ранние сроки твердения и ускоренному набору прочности бетона, что позволяет существенно снизить энергозатраты при производстве железобетонных изделий за счет сокращения времени тепловлажностной обработки или температуры.

### Список библиографических ссылок

1. Генцлер И.В. Влияние гальванических осадков на свойства бетонных смесей и бетонов // Известия вузов. Строительство, 1999, № 7. – С. 67-70.
2. Войтович В.А. Об использовании гальванических шламов // Труды 1-ой научно-практической конференции в области охраны окружающей среды. – Н. Новгород, 1993. – С. 41.
3. Улицкий В.А. Использование отходов гальваношламов в цементных композициях // Межотраслевой научно-технический сборник. – М., 1992, вып. 1. – С. 82-85.
4. Тараканов О.В. К вопросу об использовании нейтрализованных шламов в производстве строительных растворов и бетонов // Экономика природопользования и природоохраны: Тез. докл. Межд. науч.-практ. конф. – Пенза, 2002. – С. 95-100.
5. Степанов С.В., Морозов Н.М., Хозин В.Г. Гальванический шлам как эффективный компонент противоморозной добавки // Третья всероссийская конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пенза, 2008.
6. Степанов С.В., Морозов Н.М., Хозин В.Г. Влияние комплексного модификатора на основе гальванического шлама, на свойства цементных композиций в ранние сроки твердения // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Строительное материаловедение сегодня: актуальные проблемы и перспективы развития». – Челябинск, 2010. – С. 47-49.
7. Степанов С.В., Морозов Н.М., Хозин В.Г. Комплексный ускоритель твердения на основе гальванического шлама для цементных бетонов // Международный семинар-конкурс молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетонов и сухих смесей. Сборник докладов. – М.: Экспоцентр, 2010. – С. 43-46.
8. Заявка на патент РФ № 2011116660 Степанов С.В., Морозов Н.М., Хохлаков О.В., Хозин В.Г. 28.04.2011.
9. Патент РФ № 2144519 Хозин В.Г., Корнилов Р.М., Калашников В.И., Макаров А.И., Медникарова С.Е. 15.05.1998. Бюл. 20.01.2000.

**Stepanov S.V.** – candidate of technical sciences, assistant

E-mail: seregins2@yandex.ru

**Morozov N.M.** – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: nikola\_535@mail.ru

**Khozin V.G.** – doctor of technical sciences, professor

E-mail: khozin@kgasu.ru

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

## **Influence of complex hardening accelerator for heat treatment of fine-grained concrete**

### **Resume**

Reduction of setting time of cement and intensify its hardening relevant for normal concrete curing and humidity, and exposed to heat and humidity treatment. Supplementation accelerator setting and hardening, hardening accelerators integrated into the concrete activate the processes of cement hydration. As additives, accelerators can be utilized effectively various waste products, for example, electroplating sludge containing sulphates and incorporates alumina. The authors developed an integrated accelerator representing water-insoluble particulate material consisting of a superplasticizer C-3 of the dried slurry electroplating. When the normally humid storage increase the compressive strength of concrete additive developed by 60 % relative to composition no addition. An integrated hardening accelerator reduces cooking time up to 9 hours or reduce the temperature to 40°C .

Introduction of integrated accelerator based electroplating sludge in cement systems leads to faster crystallization structure formation in the early stages of hardening and accelerated set of concrete strength, which can significantly reduce energy consumption in the production of concrete products by reducing heat and humidity treatment time or temperature.

**Keywords:** a hardening accelerator, a fine-grained concrete galvanic sludge strength of heat treatment.

### **Reference list**

1. Genzler I.V. Effect of galvanic precipitation on the properties of concrete mixes and concrete // Proceedings of Higher Education, Construction, 1999, № 7. – P. 67-70.
2. Voitovich V.A. On the use of electroplating sludge // Proceedings of the first scientific conference in the field of environmental protection. – N. Novgorod, 1993. – P. 41.
3. Ulitski V.A. Using galvanic slimes waste in cement compositions // Interdisciplinary scientific and technical collection. – M., 1992, Vol. 1. – P. 82-85.
4. Tarakanov O.V. On the use of neutralized sludge in the production of mortar and concrete // Economics of Nature and Conservation: Abstracts Int. scientific-practical. conf. – Penza, 2002. – P.95-100.
5. Stepanov S.V., Morozov N.M., Khozin V.G. The electroplating sludge as an effective component of antifreeze additive // Third All-Russian conference of students and young scientists. – Penza, 2008.
6. Stepanov S.V., Morozov N.M., Khozin V.G. Influence of complex modifier based electroplating sludge on the properties of cement compositions in the early stages of hardening // All-Russian Scientific and Practical Conference «Building Materials today: current problems and prospects». – Chelyabinsk, 2010. – P. 47-49.
7. Stepanov S.V., Morozov N.M., Khozin V.G. Comprehensive hardening accelerator based electroplating sludge for cement concrete // International Seminar-contest of young scientists and graduate students working in the field of binders, and dry concrete mixtures. Collection of reports. – M., Expocentre, 2010. – P. 43-46.
8. Russian Patent Application № 2011116660 Stepanov S.V., Morozov N.M., Khozin V.G., Khokhriakov O.V. 28.04.2011.
9. RF Patent № 2144519 Khozin V.G., Kornilov R.M., Kalashnikov V.I., Makarov A.I., Mednikarova S.E. 15.05.1998. Byul. 20.01.2000.