

Исследование влияния кристаллического глиоксаля на свойства цементного пенобетона естественного твердения

А. Б. Стешенко[†], А. И. Кудяков

[†]steshenko.alexey@gmail.com

Томский государственный архитектурно-строительный университет, пл. Соляная 2, 634003, Томск, Россия

Приведены результаты исследований модифицированного цементного пенобетона с глиоксальсодержащей добавкой. Электронно-микроскопическими исследованиями установлено образование в модифицированном пенобетоне однородной мелкоячеистой структуры. При использовании кристаллического глиоксаля в количестве 0.01% от массы цемента получен прирост прочности пенобетона на 49% и уменьшение средней плотности на 25 кг/м³.

Ключевые слова: цементный пенобетон, кристаллический глиоксаль, модифицирование

Investigation of the influence of the crystalline glyoxal on properties of air hardened cement based foam concrete

A. B. Steshenko, A. I. Kudyakov

Tomsk State University of Architecture and Building, Solyanaya Sq. 2, 634003, Tomsk, Russia

The results of researchers of modified cement based foam concrete with glyoxal-containing additive are given in this article. Experimentally obtained optimal dosage crystalline glyoxal for use in foam concrete mix. Pictures are taken of the microstructure control samples and samples of the modified foam. It is shown that the use of crystalline glyoxal in the production of cement based foam concrete of natural hardening has positive effect on the properties of foam concrete mix, as well as finished products.

Keywords: cement based foam concrete, crystalline glyoxal, modification

1. Введение

В строительном комплексе для повышения конкурентной способности продукции и услуг по критериям качества и снижения энергоемкости технологических процессов производства строительных композиционных материалов широко используются эффективные модифицирующие добавки. По результатам патентных исследований из большого количества технических предложений повышения качества цементных бетонов наиболее востребованным является технологический прием введения модифицирующих добавок. Поэтому разработка и производство жидких или порошкообразных универсальных многофункциональных модифицирующих добавок применительно к производству строительных композиций на основе портландцементных вяжущих, объем использования которых в строительстве составляет 85—90% (от общего объема вяжущих), являются актуальными [1].

Одним из перспективных строительных композиционных материалов, обеспечивающих энергосбережение в процессе изготовления и эксплуатации в ограждающих конструкциях зданий является пенобетон естественного твердения. Технология изготовления цементного пенобетона естественного твердения постоянно совершенствуется, вносятся предложения по использованию новых и эффективных добавок, модернизации технологических процессов, что позволяет повысить уровень и стабильность качества данного материала [2,3].

На основе результатов ранее выполненных исследований строительных смесей с модифицирующими добавками [4—6] положительный эффект достигается преимущественно за счет управления микроструктурой композита, а именно изменения (ускорения) структурообразования цементного камня. Поэтому в качестве основных критериев оценки положительного эффекта глиоксальсодержащей добавки в пенобетонных смесях были выбраны: средняя плотность смеси, распыл смеси

Таблица 1. Состав пенобетонов

Table 1. Composition of foam concrete

%	Сырьевые материалы Raw material				
	Цемент (кг) Cement (kg)	Песок(кг) Sand (kg)	Вода (л) Water (l)	Пенообразователь (л) Foaming agent (L)	Кристаллический глиоксаль(кг) Crystalline glyoxal (kg)
0.01	240	120	180	1.45	0.024
0.5	240	120	180	1.45	1.2
1	240	120	180	1.45	2.4

и кинетика структурообразования (прочность в различные сроки). Производителем модифицирующей добавки рекомендованы три дозировки глиоксальсодержащей добавки: 0.01; 0.5 и 1% от массы цемента. В качестве сырьевых материалов при разработке рецептур пенобетонов необходимо использовать сырьевые ресурсы Западной Сибири, применение которых экономически обосновано по результатам анализа месторождений нерудного сырья Томской области, выполненных ранее сотрудниками Томской геологоразведочной экспедицией совместно с кафедрой «Строительные материалы и технологии» Томского ГАСУ [7].

Цель работы — исследование эффективности применения глиоксальсодержащей добавки в технологии приготовления неавтоклавного цементного пенобетона.

Объект исследований — пенобетонная смесь и затвердевший пенобетон естественного твердения.

Предмет исследований — технологические процессы получения и свойства пенобетона, модифицированного глиоксальсодержащей добавкой.

2. Материалы и методы

В качестве исходных материалов при проведении исследований пенобетонных смесей использовались портландцемент, глиоксаль кристаллический, песок, пенообразователь и вода. Используемые материалы имеют следующие качественные характеристики:

— портландцемент Топкинского цементного завода ЦЕМ I 42.5Н, нормальная густота 27%, начало и конец схватывания 2 часа 30 мин и 3 часа 10 мин соответственно. Цемент удовлетворяет требованиям ГОСТ 30515—2013;

— песок строительный речной, модуль крупности 1.86, истинная и насыпная плотность 2580 и 1540 кг/м³, содержание пылеватых и глинистых примесей 1.4%. Песок удовлетворяет требованиям ГОСТ 8736—93;

— в качестве воды затворения использовалась обычная водопроводная вода, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 23732—79;

— синтетический пенообразователь ПБ-Люкс (ТУ 2481-004-59586231-2005). Пенообразователь представляет собой жидкий раствор поверхностно-активных веществ со стабилизирующими добавками. Устойчивость пены не менее 360 с, кратность пены рабочего раствора с объемной долей пенообразователя 4%, не менее 7;

— глиоксаль кристаллический, крупнозернистый

порошок, растворимый в воде. Структурная формула глиоксаля кристаллического представлена на рис.1.

Содержание глиоксаля кристаллического в добавке — 84.4%, сорт А. Глиоксаль кристаллический изготовлен ООО «Новохим» (г. Томск) и соответствует требованиям ТУ 2633-004-67017122-2011.

Для проведения исследований влияния глиоксальсодержащей добавки на параметры качества пенобетона был использован ранее разработанный базовый состав пенобетона с маркой по средней плотности D400. Фактические составы пенобетонов с кристаллическим глиоксалем на 1 м³ приведены в табл.1.

Приготовление пенобетонной смеси проводилось одностадийным способом в лабораторной пенобетонешалке. В соответствии с принятым способом в смеситель заливалась предварительно отдозированная вода, загружалась глиоксалева добавка в необходимом количестве. Перемешивание добавки с водой составляло 1 мин. Далее в смеситель загружали песок, цемент и все перемешивали в течение 2 мин до получения однородной пластичной массы. В\Ц принято равным 0.5. Затем в полученную смесь добавляли водный раствор пенообразователя и все компоненты перемешивали еще 4.5 мин. Готовую пенобетонную смесь укладывали в металлические формы 10x10x10 см. Формы перед заливкой очищали и смазывали (в качестве смазки использовалось машинное масло). Отформованные образцы пенобетона маркировали и выдерживали в нормальных условиях при температуре 20±2 °С в течение суток. После разопалубки их помещали в камеру естественного твердения, где хранили при температуре 20±2 °С и относительной влажности воздуха не менее 90 % в течение 14 и 28 суток до проведения испытаний. Перед определением предела прочности на сжатие образцы пенобетона высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 100 °С. Испытание и оценка качества пенобетона проводились по ГОСТ 25485—89. Для каждого замеса определяли растекаемость на приборе

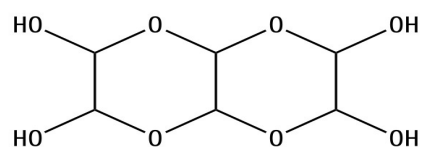


Рис. 1. Структурная формула глиоксаля кристаллического.
Fig. 1. Chemical structure of crystalline glyoxal.

Суттарда и фактическую среднюю плотность пенобетонной смеси.

3. Результаты и обсуждения

В качестве основных критериев оценки качества пенобетонных смесей с глиоксальсодержащей добавкой были выбраны: распыл и средняя плотность пенобетонной смеси, а также кинетика структурообразования (прочность образцов в различные сроки твердения).

Экспериментально установлено, что при введении пластифицирующей добавки смесь становится более

Таблица 2. Пузырьки воздуха в пенобетонной смеси

Table 2. Air bubbles in the foam concrete mix

Вид (Type)	Диаметр расплыва, см Spread diameter, cm
Контрольный (Basic)	11
Глиоксаль (Glyoxal) 0.01 %	13
Глиоксаль (Glyoxal) 0.5 %	15
Глиоксаль (Glyoxal) 1 %	17

пластичной (табл.2), диаметр расплыва пенобетонной смеси с добавкой на приборе Суттарда увеличился с 11 до 17 см), что объясняется уменьшением размеров пузырьков воздуха в пенобетонной смеси.

Как видно из рис.2 при введении 0.01% и 0.5% глиок-

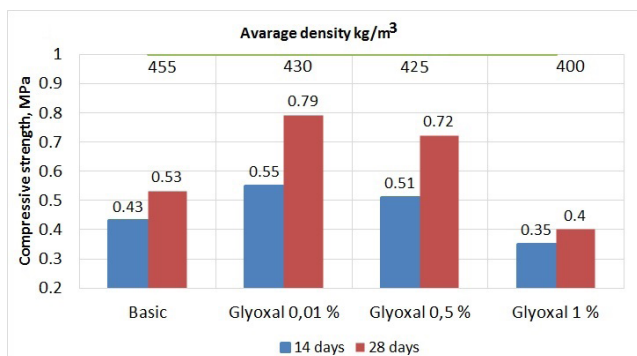


Рис. 2. Влияние глиоксальсодержащей добавки на среднюю плотность и прочность при сжатии пенобетона.

Fig. 2. Effect of additives containing glyoxal on average density and compressive strength of foam concrete.

сальсодержащей добавки от массы цемента наблюдается небольшое снижение средней плотности на 25—30 кг/м³. При введении модифицирующей глиоксальной добавки повышается воздухоовлечение и образуются замкнутые поры меньших размеров. По полученным данным установлено, что при введении модифицирующей добавки средняя плотность смеси снижается на 13%. Введение глиоксальсодержащей добавки в смесь в количестве 0.01 и 0.5% от массы цемента оказывает положительное влияние на процессы структурообразования, физико-механические и эксплуатационные свойства бетона. При дозировке глиоксальной добавки в количестве 1% от массы цемента замедляется структурообразование пенобетона.

Для объяснения причин повышения механических

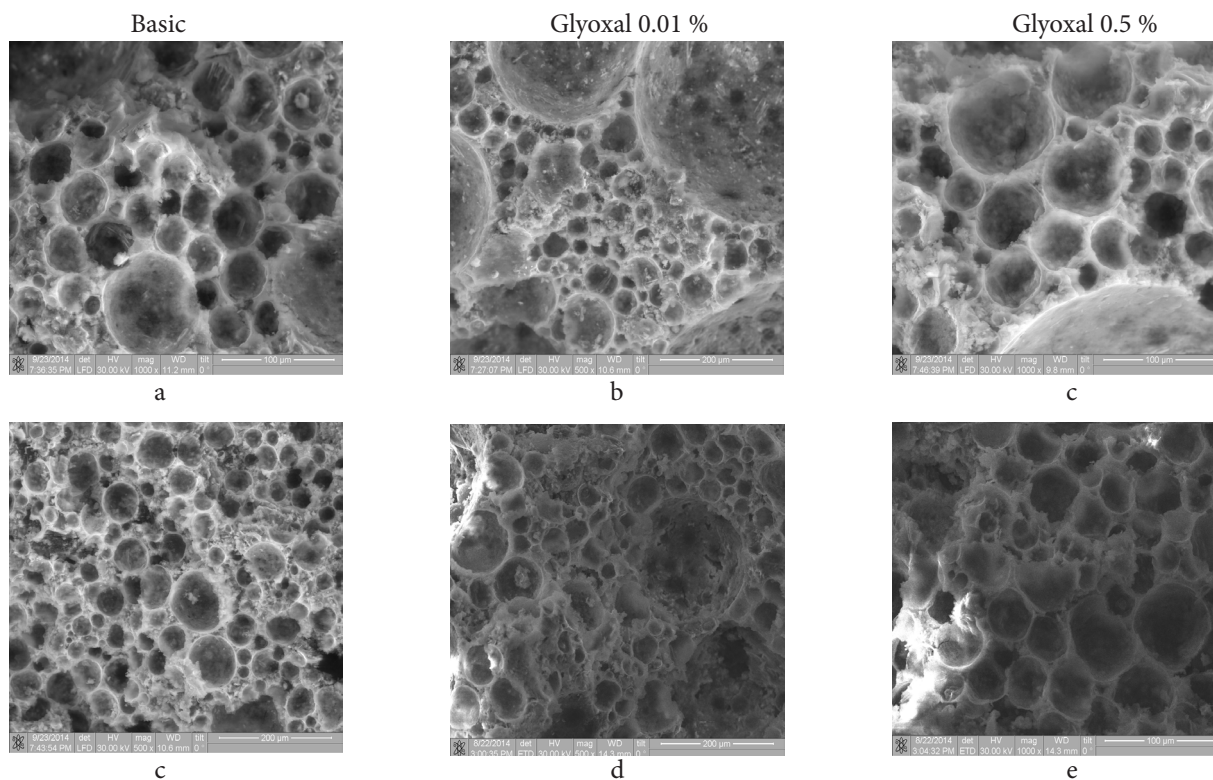


Рис. 3. Микроснимки сколов пенобетона с глиоксальсодержащей добавкой и без.

Fig. 3. Micrographs of foam concrete chips with glyoxal containing additives and without it.

характеристик пенобетонов с глиоксальной добавкой были проведены исследования микроструктуры образцов с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 2003D (рис.3). Анализ микроснимков сколов пенобетона показывает, что увеличение его предела прочности при сжатии при введении добавки в количестве 0.01 и 0.5% от массы цемента, объясняется более однородной структурой. В контрольных образцах наблюдается перфорация и интенсивное разрушения стенок пор, а также их объединение (рис.3), что способствует снижению прочности при сжатии и ухудшению его эксплуатационных характеристик. В образцах же с глиоксальной добавкой ячеистая структура однородная, поры равномерно заполняют все пространство.

По результатам проведенных исследований максимальный прирост прочности пенобетонов через 28 суток твердения получен при содержании глиоксальной добавки 0.01% от массы цемента и составляет 49%. Увеличение содержания кристаллического глиоксала в пенобетонной смеси приводит к ухудшению технических свойств и удорожанию пенобетонной продукции.

4. Выводы

При введении глиоксальной добавки в количестве 0.01÷1% повышается пластичность пенобетонной смеси, увеличивается расплыв смеси с 11 см до 17 см.

Установлена высокая реакционная способность глиоксала в пенобетонных смесях, что оказывает положительное и отрицательное влияние на технологические и технические характеристики продукции, а именно на среднюю плотность и кинетику структурообразования.

Максимальный прирост прочности в пенобетоне (49%) в возрасте 28 суток естественного твердения достигнут при содержании глиоксала кристаллического в композиции в количестве 0.01% от массы цемента. Средняя плотность пенобетона при этом снижается на 25 кг/м³.

Благодарность. Работа была поддержана грантом № 2295 ГУ1/2014 (г. Москва).

Acknowledgements. The work was supported by grant number 2295 GU1/2014 (Moscow).

Литература/References

1. A.I. Kudyakov, A.S. Ushakova, D.I. Dubosarov, V.A. Efremova. In: Construction of energy-efficient prefabrication economy-class housing, ed. by S.N. Ovsjannikov. Tomsk. TSUAB (2014) 125—126 p. (in Russian). [А.И. Кудяков, А.С. Ушакова, Д.И. Бубосаров, В.А. Ефремова. In: Строительство энергоэффективного полносборного жилья экономического класса: проблемы и решения, ed. by С.Н. Овсянников. Томск. ТГАСУ (2014) с. 125—126.]
2. L.N. Pimenova, A.I. Kudyakov. Vestnik of TSUAB. 2, 229 (2013) (in Russian) [Пименова Л.Н., Кудяков А.И. Вестник ТГАСУ. 2, 229 (2013)].
3. N.G. Vasilovskaya, I.G. Endzhievskaya, I.G. Kalugin. News of Higher Educational Institutions. Construction. 11-12, 12 (2010) (in Russian) [Н.Г. Васильовская, И.Г. Енджиевская, И.Г. Калугин. Известия вузов. Строительство. 11-12, 12 (2010)].
4. A.I. Kudyakov, A.B. Steshenko. Vestnik of TSUAB. 2, 128 (2014) (in Russian) [Кудяков А.И., Стешенко А.Б. Вестник ТГАСУ. 2, 128 (2014)].
5. A. Tagnit-Hamou, Y. Vanhove, N. Petrov. Cement Concrete res. 2, 364 (2005).
6. G. Yakovlev, J. Keriene, A. Gailius, I. Girniene. Materials science. 12 (2), 147 (2006).
7. A.I. Kudyakov. Mineral raw materials of Tomsk region and its rational use in concrete technology. Tomsk. TU. (1991) 222 p. (in Russian) [А.И. Кудяков. Минеральное сырье Томской области и рациональное использование его в технологии бетона. Томск. Томский университет (1991) 222 с.]