

## ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГАЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Ткач Е.В.<sup>1</sup>, Ткач С.А.<sup>1</sup>, Серова Р.Ф.<sup>2</sup>, Сейдинова Г.А.<sup>2</sup>, Стасилович Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный строительный университет, Москва, roza\_serova@mail.ru

<sup>2</sup>Карагандинский государственный технический университет, Караганда

---

Приведена технология производства газобетонных изделий безавтоклавного твердения на основе цементного вяжущего. Разработаны технологические схемы приготовления эффективных модификаторов для производства ячеистых бетонов путем утилизации отходов промышленности и вторичного сырья. Приведены составы исследуемых модификаторов для производства ячеистых бетонов путем утилизации отходов промышленности и вторичного сырья. Способ приготовления и применения модификатора выбирался с учетом его состава, вида получаемого продукта и технико-экономических показателей. Установлено, что эффективность тонкодисперсных эмульсий в цементных системах на 20-30% выше, чем грубодисперсных. Результаты испытаний показали, что модифицированный газобетон выгодно отличается от газобетона традиционной технологии, видно улучшение не только физико-механических, но и гидрофизических свойств, в частности остаточная влажность модифицированного газобетона снижается на 32%, водопоглощение на 40% и капиллярный подсос на 35%.

---

Ключевые слова: утилизация отходов промышленности и вторичного сырья, эмульгирование, модифицированные газобетонные изделия безавтоклавного твердения.

## OBTAINING EFFECTIVE WATER-REPELLENT AERATED CONCRETE PRODUCTS BASED ON INDUSTRY WASTE AND SECONDARY RAW MATERIALS UTILIZATION

Tkach E.V.<sup>1</sup>, Tkach S.A.<sup>1</sup>, Serova R.F.<sup>2</sup>, Seydinova G.A.<sup>2</sup>, Stasilovich E.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Moscow State Building University, Moscow, roza\_serova@mail.ru

<sup>2</sup>Karaganda State Technical University, Karaganda

---

The technology of producing gas-concrete products with non-autoclave curing based on cement bindings is presented. The technological schemes of effective modifiers for manufacturing cellular concrete produced by using industrial wastes and secondary raw materials have been designed. The compositions of researched modifiers for producing cellular concrete by using industrial wastes and secondary raw materials are reported. The method of preparing and applying modifiers was chosen in accordance with its composition, the type of an obtaining product and technical and economical indexes. It was found that the effectiveness of fine emulsion in cement systems is 20-30% higher, than in coarse emulsions. The test results showed that the modified gas concrete profitably differs from that of traditional technologies of gas-concrete and one can see the improvement of not only physical and mechanical properties, but the hydro-physical properties, particularly residual wet of modified gas-concrete decreases to 32%; water absorption decreases to 32% and capillary leak decreases to 35%.

---

Keywords: industrial wastes and secondary raw materials utilization, emulsification, modified gas-concrete non-autoclave curing products.

Строительство является одной из материалоёмких отраслей промышленности, поэтому решение проблем создания импортозамещающих, экономически эффективных материалов на базе передовых отечественных технологий становится основополагающим фактором в динамическом развитии строительной индустрии. В этой связи приоритетными становятся работы по созданию новых строительных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками и потребительским качеством изделий и конструкций, обеспечивающих производительность труда, снижение себестоимости и

конкурентоспособность на строительном рынке. К таким работам следует отнести разработку материалов и изделий на основе модифицированных добавками бетонов с использованием местных отходов различных производств.

Нами при разработке технологических схем были приняты во внимание результаты и опыт приготовления эффективных модификаторов, описанные в научно-технической литературе [1, 2].

В основу утилизации фосфогипса (отход производства фосфорной кислоты), послеспиртовой барды (отход производства спирта), молочной сыворотки (отход молочного производства) был применен способ эмульгирования с помощью современного диспергатора роторно-пульсационного аппарата (РПА). Особенности конструкции РПА и принцип его действия описаны в работах [2-3].

Эмульгирование – способ перевода гидрофобизаторов в водоразбавимые продукты, которые удобно применять в технологии строительных материалов. Практика показывает эффективность и перспективность приготовления комплексных добавок, сочетающих гидрофобизирующий и гидрофилизирующий ингредиенты, с эмульгированием их в прямые эмульсии. Эффективность таких добавок в цементных системах значительно выше, чем отдельных гидрофилизатора и гидрофобизатора [2-3].

Объектом исследования являлась технология производства газобетонных изделий безавтоклавного твердения на основе цементного вяжущего. Предметом исследования являлись модифицированные газобетонные изделия на основе отходов промышленности и вторичного сырья.

Для изготовления модифицированного газобетона в качестве вяжущего использовали портландцемент завода ООО «Калужский цементный завод», соответствующий требованиям ГОСТа 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия». Химический и минеральный составы цемента приведены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1**

Химический состав портландцемента

Завод-изготовитель	Класс прочности (МПа)	Химический состав, мас. %					
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>
ООО «Калужский цементный завод»	ЦЕМ I 42,5Н	21,11	5,58	4,33	65,4	0,95	0,9

**Таблица 2**

Минеральный состав, %, портландцемента ЦЕМ I 42,5Н (ООО «Калужский цементный завод»)

Алит - $C_3S(3CaO \cdot SiO_2)$	Белит - $C_2S(2CaO \cdot SiO_2)$	$C_3A(3CaO \cdot Al_2O_3)$	$C_4AF(4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3)$
59,2	16,4	6,5	15,1

Результаты испытаний цемента приведены в таблице 3 согласно требованиям ГОСТ 310.1–76 «Цементы. Методы испытаний. Общие положения», ГОСТ 310.2–76 «Цементы. Методы определения тонкости помола», ГОСТ 310.3–76 «Цементы. Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема», ГОСТ 310.4–81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии», регламентирующие показатели качества и методы испытания портландцемента.

**Таблица 3**

Результаты испытаний цемента ЦЕМ I 42,5Н (ООО «Калужский цементный завод»)

Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	Нормальная плотность теста, %	Сроки схватывания, ч-мин		Предел прочности в возрасте 28 суток, МПа	
				начало	конец	изгиб	сжатие
1250	3100	2950	26,0	2-45	8-30	5,9	48,0

В качестве кремнеземистого компонента применяли кварцевые пески карьеров, расположенных в Московской области и п. Хромцово Ивановской области. Результаты испытаний мелкого заполнителя разных карьеров приведены в таблице 4.

**Таблица 4**

Результаты испытаний песков

Месторождение песка	Характеристика песка				
	Модуль крупности	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пустотность, %	Загрязненность, %
ОАО «Хромцовский карьер»	2,1	1515	2630	43	1,8
ООО «Сычевский ПТК»	2,2	1550	2600	42	2

Свойства песка определяли методами ГОСТ 8735–88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний». Результаты испытаний показали, что пески по содержанию глинистых, пылевидных и органических примесей, гранулометрическому составу соответствуют стандартным требованиям (ГОСТ 8376-93, ГОСТ 8267-93). Химические составы песков приведены в таблице 5.

**Таблица 5**

## Химические составы песков

Карьер	Основные оксиды, %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п
ОАО «Хромцовский карьер»	71,8	15,32	2,70	2,52	0,67	0,01	3,33	2,76	1,08
ООО «Сычевский ПТК»	72,7	12,62	4,84	2,41	1,0	0,02	2,86	2,51	1,06

Пески размалывали в шаровой мельнице до удельной поверхности 2500 – 3000 см<sup>2</sup>/г по прибору ПСХ – 2.

В качестве газообразователя применяли алюминиевую пудру марки ПАП-2, отвечающую требованиям ГОСТа 5494-95 «Пудра алюминиевая. Технические условия». Содержание активного алюминия 82%. Тонкость помола алюминиевой пудры 5000 см<sup>2</sup>/г. Заводская алюминиевая пудра покрыта тончайшей пленкой парафина и поэтому не смачивается водой. Для придания пудре гидрофильных свойств ее обрабатывают водным раствором поверхностно активных веществ (ГК, ССБ, канифольное масло и др.)

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» по степени воздействия на организм человека алюминиевую пыль относят к 3-му классу опасности. Предельно допустимая концентрация алюминиевой пыли в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005 - 2 мг/м<sup>3</sup>.

В соответствии с требованиями ГОСТа 12.1.044-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» алюминиевая пыль относится к группе горючих веществ. Алюминиевая пудра во взвешенном состоянии в атмосфере воздуха (аэрозоль) взрывоопасна, а в насыпном состоянии (аэрогель) – пожароопасная. При попадании в пудру воды, возможно, ее самовозгорание. Опасность возрастает по мере увеличения дисперсности пудры. При работе с пудрой необходимо избегать пыления и скоплений осевшей пыли, не допускать наличия источников инициирования воспламенения, попадания в пудру влаги. В соответствии с требованиями ГОСТа 19433-88 «Грузы опасные. Классификация и маркировка» по степени опасности груза пудру относят к опасным грузам класса 4 (легковоспламеняющиеся твердые вещества); подкласса 4.3 (вещества, выделяющие воспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой). Составы исследуемых модификаторов приведены в таблице 6.

**Таблица 6**

Составы модификаторов для производства ячеистых бетонов путем утилизации отходов промышленности и вторичного сырья

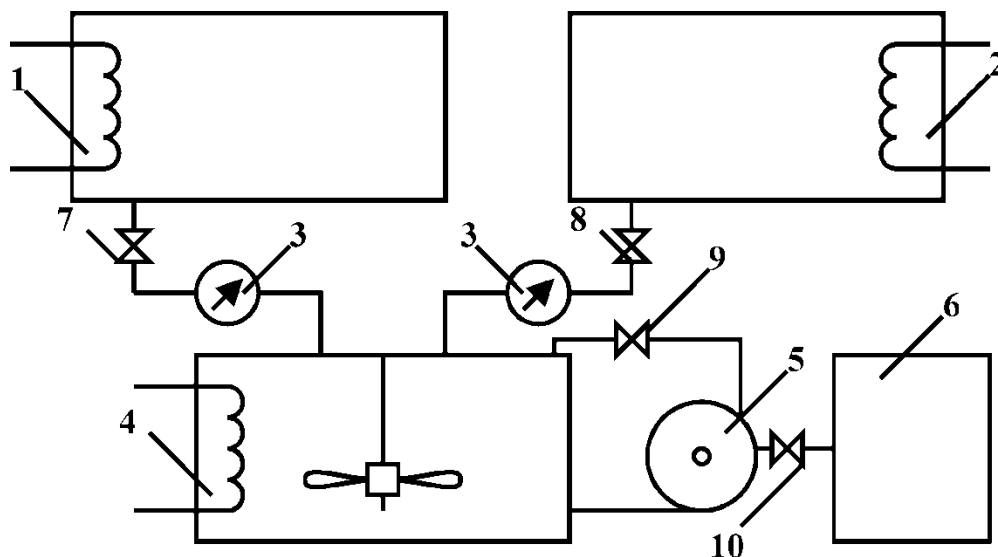
Наименование отхода промышленности и вторичного сырья	Содержание компонентов, масс. %			
	ГМ-СБ	ГМ-СБФ	ГМ-СБ плюс $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	ГМ-СБФ плюс $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
Послеспиртовая барда	45	15	12	10
Молочная сыворотка	45	15	12	10
Фосфогипс	-	45	-	25
Тиосульфат натрия (ТСН)	-		45	25
Остальное вода до 100%				

Способ приготовления и применения модификатора выбирался с учетом его состава, вида получаемого продукта (жидкий, порошкообразный, гранулированный) и технико-экономических показателей (себестоимость, сроки хранения, транспортирование).

В основу технологии их получения заложен ряд процессов, обобщенно их можно идентифицировать с учетом наших опытных научно-исследовательских работ как:

- способ приготовления прямой эмульсии ГМ-СБ;
- способ приготовления прямой эмульсосуспензии (пасты) ГМ-СБФ
- способ совмещения дисперсий с водными растворами солей неорганических кислот ГМ-СБ плюс  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и ГМ-СБФ плюс  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ;
- способы применения полученных модификаторов в технологии ячеистого бетона, в частности газобетона безавтоклавного твердения [5].

Принципиальная схема получения гидрофобизирующих модификаторов типа ГМ приведена на рисунке 1.



*Рис. 1. Принципиальная схема приготовления прямой эмульсии гидрофобизатора в водном растворе гидрофилизатора (ГМ-СБ): 1 – термоямкость гидрофилизатора (послеспиртовая барда); 2 – термоямкость гидрофобизатора (молочная сыворотка); 3 – дозаторы; 4 – смеситель; 5 – гомогенизатор (диспергатор) РПА; 6 – емкость готовой продукции (прямой эмульсии); 7,8,9,10 – вентили*

Предварительно разогретые продукты до температуры 40-50°C из бункеров 1 и 2 дозируются (3) и совмещаются с нагретой водой в термобункере 4. Соотношение между гидрофобизатором и гидрофилизатором (по массе сухих веществ) – 1:1. Далее полученную смесь диспергируют с помощью диспергатора РПА (5) в течение 1,5 - 3 мин (время диспергирования зависит от природы гидрофобизатора и эмульгатора, подбирается опытным путем). Эмульсия получается с помощью РПА (при давлении 0,5 - 0,6МПа) за счет интенсивных акустических колебаний, сопровождающихся кавитацией и другими гидродинамическими процессами. По глобулярному составу полученные эмульсии, как правило, относятся к тонкодисперсным. Установлено, что эффективность тонкодисперсных эмульсий в цементных системах на 20-30% выше, чем грубодисперсных, что связано с адсорбционно-десорбционными процессами, протекающими между этими дисперсиями и основными клинкерными минералами, на что в свое время указывал в своих трудах М.И. Хигерович [4]. Затем производят совмещение прямой нагретой ( $\approx 50^\circ\text{C}$ ) эмульсии с ускорителем твердения (тиосульфат натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) в термобункере 5 в течение 1,5 - 3 мин в требуемых пропорциях и транспортирование готового продукта на склад готовой продукции (емкость для хранения жидких водоразбавляемых дисперсий) [6]. Результаты испытаний полученного модифицированного неавтоклавногазобетона приведены в таблице 7.

**Таблица 7**

Свойства неавтоклавногазобетона заводского изготовления

Газобетон	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Остаточная влажность, %	Водопоглощение, %	Капиллярный подсос, %
Контрольный	600	3,55	37	33	28
Модифицированный	600	4,00	25	20	18

Анализ результатов испытаний показал, что модифицированный газобетон выгодно отличается от газобетона традиционной технологии. Особо следует отметить улучшение не только физико-механических, но и гидрофизических свойств, в частности остаточная влажность модифицированного газобетона снижается на 32 %, водопоглощение на 40 % и капиллярный подсос на 35 %.

Таким образом, строительный рынок и опыт строительства показывают, что в ближайшие годы нет альтернативы использованию ячеистого бетона как эффективного теплоизоляционного и конструкционно-теплоизоляционного материала для строительства дешевого и комфортного жилья.

### Список литературы

1. Каприелов С.С., Батраков В.Г., Шейнфельд А.В. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива // Бетон и железобетон. – 1999. - № 6(501). – С. 6-10.
2. Соловьев В.И., Ергешев Р.Б. Эффективные модифицированные бетоны, –Алматы: КазГосИНТИ, 2000. – 285 с.
3. Ткач Е.В., Рахимов М.А. Рахимова Г.М., Грибова. Научно-технический журнал Вестник МГСУ. – М., 2012. - №3, – С. 216- 230.
4. Хигерович М.И., Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цемента, растворов и бетонов. – М., 1979. – С. 124-141.
5. Батраков В.Т. Модифицированные бетоны. Теория и практика.-2е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат. –1998. – 768 с.
6. Ткач Е.В., Семёнов В.С. Исследование влияния органоминеральной добавки на эксплуатационные свойства мелкозернистого бетона // Промышленное и гражданское строительство. –2013. - № 9. – С. 16-19.

### Рецензенты:

Байджанов Д.О., д.т.н., Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда;

Жакулин А.С., д.т.н., Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда.