

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ФОСФОГИПСА ВВЕДЕНИЕМ ОТХОДОВ СТЕКЛА*

В развитии отечественной промышленности важное место занимают такие задачи, как внедрение мало- и безотходных технологий и утилизация многочисленных промышленных отходов отраслей народного хозяйства. Отходы из стекла и фосфогипса являются многотоннажными. Так, при производстве 1 т удобрений по дигидратной схеме экстракции фосфорной кислоты образуется до 4,5 т фосфогипсовых отходов, состоящих более чем на 90 % из двухводного гипса. Накопленные запасы отходов в России превысили 200 млн. т, ежегодно они увеличиваются более чем на 10 млн. т [1]. Также ежегодно в России образуется около 0,5 млн. т стекольных отходов, преимущественно боя бутылок [2].

Насущной задачей современной России является развитие промышленности, способной вовлечь в производственную переработку техногенные побочные материалы в частности фосфогипс. Наиболее перспективным направлением применения фосфогипсовых отходов является производство на их основе строительных материалов и изделий. Сейчас в России ведутся разработки в данном направлении, в мировой практике фосфогипс уже давно используется. В Японии, США и Канаде использование фосфогипса находится на одном уровне с использованием природного гипса [3].

Стекольные отходы образуются как при производстве стекла, так и при использовании стеклоизделий на строительных объектах и в быту. Возврат стеклобоя в основной технологический процесс производства стекла является основным направлением его утилизации. На основе стекольных отходов изготавливают эффективный теплоизоляционный материал – пеностекло, получаемый из порошка стекольного боя с газообразователями спеканием при 800...900°. Битое стекло также применяют как декоративный материал в цветных штукатурках, молотые стекольные отходы можно использовать как присыпку по масляной краске, абразив – для изготовления наждачной бумаги и как компонент глазури. Применяется также стекольный бой при производстве облицовочной плитки.

На кафедре «Конструкции зданий и сооружений» ТГТУ проходят исследования по вопросу использования фосфогипса в строительных изделиях и конструкциях, предложено использовать фосфогипс в качестве заполнителя для мелкозернистого бетона [4]. В работе используется фосфогипс из отвалов ОАО «Уваровский химический завод» (г. Уварово, Тамбовская область), он соответствует требованиям ДСТУ Б. В. 2.7-1-93 «Фосфогипс рядовой».

Перед использованием в качестве заполнителя мелкозернистого бетона фосфогипс высушивался до постоянной массы и измельчался путем просеивания через набор сит. В качестве вяжущего использовался портландцемент М400. Были проведены кратковременные механические испытания образцов мелкозернистых бетонов с заполнителем из фосфогипса различных составов [5], согласно проведенным ранее на кафедре «Конструкции зданий и сооружений» ТГТУ исследованиям по повышению прочности мелкозернистого бетона введением отходов стекла [6], было принято решение использовать отходы стекла для повышения прочности мелкозернистого бетона с заполнителем из фосфогипса.

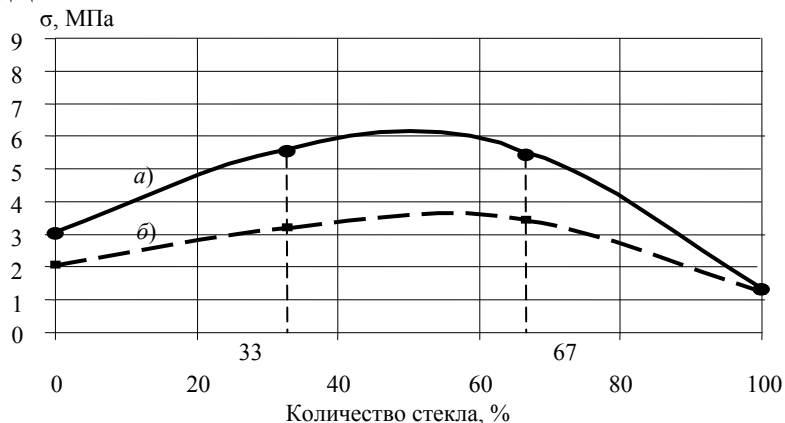
Для получения стекольного наполнителя использовалось оконное стекло, которое дробили для получения частиц разных размеров, далее путем просеивания через набор сит частицы разделяли по гранулометрическому составу на фракции 0,16; 0,315; 0,63; 1,25 мм. Дробленое стекло вводили в состав бетона по массе 0, 33, 67 и 100 % от фосфогипсовой составляющей.

Образцы для испытаний изготавливались в виде балочек 120 × 20 × 20 мм для испытаний на поперечный изгиб и кубиков 20 × 20 × 20 мм – на одноосное сжатие. Испытания на поперечный изгиб проводились на соответствующем лабораторном стенде, а на сжатие – на лабораторной установке рычажного типа.

При введении стекольного наполнителя различного размера зерен в количестве 100 % (вместо фосфогипса) наблюдается падение прочности образцов, по сравнению с бетоном с заполнителем из фосфогипса.

Шероховатость зерен стекла, полученных при дроблении, в зависимости от их размера характеризуется различной высотой микрорельефа и концентрации активных центров на их поверхности, что обеспечивает различное сцепление с цементным камнем в бетоне [7, 8].

При введении 33 и 67 % стекла от массы фосфогипса прочность бетона увеличивается почти в 2 раза (рис. 1). Это, по-видимому, связано с физическим взаимодействием поверхностей зерен дробленого стекла и фосфогипса. Возможно, это связано еще с тем, что форма зерен очень близка к кубической, в результате чего уменьшается его пустотность и снижается расход цемента.



**Рис. 1. Зависимость прочности от % содержания стекла с размером зерен 1,25 мм:
а – центральное сжатие; б – поперечный изгиб**

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. В.П. Ярцева.

1. Прочностные характеристики стеклонаполненных мелкозернистых бетонов с заполнителем из фосфогипса

МАКСИМАЛЬ- НЫЙ РАЗМЕР ЗЕРЕН СТЕКЛА, ММ	σ , МПА							
	ЦЕНТРАЛЬНОЕ СЖАТИЕ				ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ			
	0 %	33 %	67 %	100 %	0 %	33 %	67 %	100 %
0,16	3,059	3,921	6,019	2,247	2,034	2,626	3,771	1,676
0,315	3,059	3,289	3,618	1,443	2,034	2,501	2,580	1,689
0,63	3,059	3,902	5,25	1,305	2,034	3,071	3,613	1,365
1,25	3,059	5,522	5,42	1,290	2,034	3,245	3,449	1,253

Результаты исследования обобщены в табл. 1. Они позволяют выбрать гранулометрический состав и весовой объем стеклянного заполнителя при проектировании и производстве мелкозернистого бетона с заполнителем из фосфогипса.

По результатам испытания можно сделать вывод о том, что прочность стеклонаполненных образцов, в которых в качестве заполнителя используется фосфогипс, а наполнителем является стекло, выше, чем прочность образцов без наполнения, что в свою очередь подтверждает выводы по кратковременным механическим испытаниям мелкозернистых бетонов с заполнителем из фосфогипса [5], в которых было предложено в качестве заполнителя для мелкозернистого бетона использовать сочетания более крупных фракций песка и более мелких фракций фосфогипса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов, А.С. Фосфогипсовая композиция и бетоны на ее основе / А.С. Тарасов, Ю.Д. Чистов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2004. – № 5. – С. 68.
2. Информационно-экологический портал. Время собирать мусор // <http://www.informeco.ru>.
3. Феронская, А.В. Гипс – вчера, сегодня и завтра / А.В. Феронская // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий : материалы II Всерос. семинара с международным участием. – Тула, 2006. – С. 27 – 34.
4. Жданов, А.Е. К вопросу использования фосфогипса в строительных изделиях и конструкциях / А.Е. Жданов // Сб. ст. магистрантов. – Тамбов : Тамбовполиграфиздат, 2007. – Вып. 10. – С. 143 – 146.
5. Жданов, А.Е. Кратковременные механические испытания мелкозернистых бетонов с заполнителем из фосфогипса / А.Е. Жданов // Сб. ст. магистрантов. – Тамбов : Тамбовполиграфиздат, 2008. – Вып. 12.
6. Ильин, В.О. Повышение прочности мелкозернистого бетона введением отходов стекла / В.О. Ильин, А.В. Жирков, В.П. Ярцев // Эффективные строительные конструкции: теория и практика : сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2006.
7. Цукович, С.М. Заполнители для бетона : учебник / С.М. Цукович. – Минск : Вышэйшая школа, 1983. – 214 с.
8. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона : учебник / И.Н. Ахвердов. – М. : Стройиздат, 1981. – 464 с.

Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»