

## ЭФФЕКТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МЕЛКОШТУЧНЫЕ СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Бул жумушта жеңил бетонду көндөйчүлүү толтургучтун жана гипс аралашма чапташтыргычтын майда даана дубал буюмдарынын курамын иштеп чыгуудагы жыйынтыктары берилген.*

*В работе приведены результаты исследования по разработке состава легкого бетона на пористых заполнителях и смешанном гипсовом вяжущем для эффективных мелкоштучных стеновых изделий.*

*Results are brought in work on development of the composition of the light concrete on poriness filler and mixed gypsum astringent for small pieces walls product.*

Для ускорения темпов строительства, сокращения сроков возведения зданий и повышения их теплозащиты необходимым является производство эффективных строительных материалов из местного сырья. Одним из важнейших направлений решения этой проблемы является создание широкого спектра легких бетонов на качественных пористых заполнителях, к которым относится керамзит.

В свое время в 70-80-х гг. XX века керамзит послужил основой для широкого развития индустриального домостроения во всех странах СНГ.

В Кыргызстане производилось свыше 200 тыс.м<sup>3</sup> керамзита; были разработаны составы керамзитобетона М100-150, плотностью 1100-1200 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводностью 0,35 Вт/(м·К), пористостью <3%, морозостойкостью 35 циклов, из которых выпускались стеновые панели, а также керамзитобетон М200 для изготовления внутренних стеновых панелей, панелей перекрытий  $\rho = 1350-1750 \text{ кг/м}^3$  /1/.

И в настоящее время керамзитобетон остается материалом, с использованием которого возможно решение вопроса увеличения темпов строительства.

В НИИКерамзите разработаны конструктивные решения двухслойных наружных стен из керамзитобетонных блоков в сочетании с эффективными блоками – утеплителями внутреннего слоя стен из легкого керамзита /1/.

Оригинальные решения состава бетона и конструкции блока обеспечивают высокую эффективность конструкции ( $\lambda = 0,2-0,25 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$ ).

Высокая экологичность и гигиеничность, пожаробезопасность, возможность варьировать толщину блоков на основе керамзита делает перспективным производство их в любом экономическом районе.

В связи с вышеизложенным целью данной работы является получение стеновых блоков с использованием отходов промышленности и легких пористых заполнителей.

Поскольку выпуск портландцемента связан с высокими энергетическими затратами, то для производства стеновых блоков необходимо изыскать другие виды вяжущих веществ, которые могли бы адекватно заменить портландцемент.

В качестве такого вяжущего нами были использованы разработанные на кафедре ПЭСМИК смешанные гипсовые вяжущие (ГЦБВ), которые получены путем тонкого измельчения до 20 % базальтовой породы, 5-10 % портландцемента и 70-75 % гипса, характеристики которого приведены в табл.1.

Как видно из приведенных данных, ГЦБ вяжущие, которые получены на основе строительного гипса марки Г-5, характеризуются прочностью 20,5-21,5 МПа, что соответствует маркам Г19-Г22.

Таблица 1

Физико-механические свойства гипсоцементнобазальтовых вяжущих

№ п/п	Вид и содержание добавки			Прочность на сжатие в возрасте, МПа		Коэфф. размягчения $K_p$	Насыпная плотность, $кг/м^3$		НГ	Сроки схватывания, мин	
	Г	Б	Ц	2 ч	28 с		в рыхло-насыпном сост.	в уплотненном сост.		начало	конец
1	72,5	20	7,5	8,90	20,5	0,72	0,840	1,235	0,57	10	15
2	70	20	10,0	9,80	21,5	0,80	0,845	1,245	0,56	11	16

Коэффициент размягчения ( $K_p$ ), равный 0,72-0,80, показывает водостойкость вяжущего. По срокам схватывания они относятся к быстрохватывающимся.

Для сравнения наряду со смешанными гипсовыми вяжущими веществами с базальтовым наполнителем были использованы портландцемент М400 ГОСТ10178-85, строительный гипс марки Г-5 ГОСТ125-79; гипсоцементно-пуццолановые вяжущие (ГЦПВ) ОСТ21-29-77;

В качестве заполнителей для получения легких бетонов использовался керамзитовый гравий и песок, характеристики которых представлены в табл.2.

Таблица 2

Физико-механическая характеристика керамзита

Размер фракций, мм	Насыпная плотность, $кг/м^3$	Прочность в цилиндре,	Межзерновая пустотность, %	Влажность, %	Водопоглощение, %	Модуль крупности
--------------------	------------------------------	-----------------------	----------------------------	--------------	-------------------	------------------

		МПа				
10-20	330-370	1,3-1,8	42-44	0,3-4,5	10-20	-
5-10	420-460	1,8-2,2	38-42	0,2-4,0	10-20	-
0-5	580-620	2,2-3,9	20-29	4-6	19-35	3,3-3,9

Для регулирования реологических свойств бетонной смеси использовалась зола Бишкекской ТЭЦ, химический состав которой представлен содержанием оксидов, в (%): SiO<sub>2</sub> – 57,36; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 24,64; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,82; CaO – 2,82; MgO – 0,94; SO<sub>3</sub> – 1,10, пр – 1,53; п.п.п. – 8,97; Σ98,10. Активность 34-36 мг СаО на 1 г добавки.

Водопоглощение золы в естественном состоянии 26,8 %; средняя насыпная плотность – 845-850 кг/м<sup>3</sup>. Удельная поверхность составляет 2258-2310 см<sup>2</sup>/г.

Гранулометрический состав представлен в табл.3.

Таблица 3

#### Гранулометрический состав золы

№ п/п	Остаток на ситах, мм							
	10	5	3	2	1	0,5	0,25	0,25
1	11,16	4,34	3,11	2,02	3,86	2,94	9,16	46,86
2	10,78	4,81	2,53	1,69	3,36	2,57	9,63	46,63

Подбор состава легких бетонов для изготовления стеновых блоков на пористых заполнителях велся из расчета получения конструктивно-теплоизоляционного бетона марки 50-100.

Расход материалов из расчета на 1 м<sup>3</sup> составляет: вяжущее 260 кг/м<sup>3</sup>; песок керамзитовый 0,36-0,65 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>; керамзитовый гравий 0,86 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>; зола – 0,2 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>; вода – 360 л/м<sup>3</sup>; ОК = 1-3 см.

Согласно приведенному составу были изготовлены легкобетонные смеси на различных вяжущих, из которых были изготовлены образцы размером 10×10×10 см, твердевшие в различных условиях.

Образцы на портландцементе твердели во влажной среде при t 20 ±5 °С; а образцы, изготовленные на строительном гипсе, ГЦПВ и ГЦБВ твердели в воздушных условиях.

Результаты исследования приведены в табл.4.

Таблица 4

#### Влияние вида вяжущего на физико-механические характеристики керамзитобетона

№ со ст.	Вид вяжу- щего	В/В	W <sub>нач</sub> , %	Прочность на изгиб, МПа		Прочность на сжатие, МПа		Плотность, ρ, кг/м <sup>3</sup>		K <sub>p</sub>	Тепло- провод- ность, Вт/м·°С	Мрз
				2 ч	28 с	2 ч	28 с	влаж-	посл			

								ные	е сушк и			
1	ПЦ	1,12	20,6	-	1,8	-	10,20	1320	1280	0,95	0,45	50
2	Строит. гипс	0,64	21,8	1,2	1,6	5,12	6,36	1175	1024	0,36	0,38	10
3	ГЦПВ	0,87	22,3	0,8	1,4	1,40	6,70	1150	1100	0,79	0,40	30
4	ГЦБ- вяжущее	0,69	16,8	1,4	1,8	8,80	10,30	1220	1150	0,74	0,42	35

\*В/В – вяжущее отношение; \*\*  $W_{нач}$ , % – начальная влажность бетона.

Достаточно высокая прочность образцов на основе ГЦБВ (4 состав) в 2-часовом возрасте (8,8 МПа) показывает, что данный тип вяжущего при изготовлении стеновых блоков более предпочтителен, чем портландцемент, так как при их использовании сокращается оборачиваемость форм (образцы на портландцементе через 2 ч практически не имеют прочности).

Изделия на строительном гипсе и ГЦПВ через 2 ч также имеют прочность на сжатие 5,12 и 1,4 МПа, соответственно. Однако строительный гипс неводостойкий материал ( $K_p = 0,36$ ), а ГЦПВ содержит в своем составе повышенное количество портландцемента (15-20 %), что сказывается на его стоимости.

Изделия на основе ГЦБ-вяжущих отличаются повышенными значениями коэффициента размягчения  $K_p$  (0,74), что характеризует их как водостойкий материал, т.е. их можно использовать в наружных ограждающих конструкциях.

Плотность образцов после сушки ( $1150 \text{ кг/м}^3$ ) изменяется незначительно по отношению к плотности до сушки ( $1220 \text{ кг/м}^3$ ), т.е. в технологическом процессе их изготовления исключается дополнительная тепловая обработка изделий (сушка).

Значительное повышение морозостойкости керамзитобетона на основе ГЦБ-вяжущего (35) объясняется образованием более плотного, прочного цементного камня в сравнении с чистым гипсовым камнем (10), так как в процессе гидратации образуются нерастворимые продукты (низкоосновные гидросиликаты, гидрогранаты), способствующие уплотнению и упрочнению системы.

Зола добавлялась в состав (1), т.е. в изделиях, изготовленных на портландцементе. При этом зола улучшала реологические свойства бетонной смеси, снижался расход цемента.

При добавлении золы в составы на ГЦБ вяжущем взамен керамзитового песка происходит утяжеление образцов.

Поэтому нами были изготовлены образцы на основе ГЦБВ с опилками и золой и для сравнения на основе портландцемента и керамзитового песка с золой.

Результаты приведены в табл.5.

Таблица 5

Физико-механические характеристики органоминеральных составов с использованием  
зола

№ см	Состав смеси по массе				В\ Т	Способ уплотне- ния	Прочность на сжатие, МПа			K <sub>p</sub>	Мрз	λ, Вт/м °С	Марка бетона	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	
	В	К	З	О			2 ч	7 с	28 с					до суш- ки	пос- ле суш- ки
1	1	-	5	+	0,7	Встряхив.	2,8	-	5,2	0,89	35	0,33	50	1310	1150
2	1	-	4	+	0,8	Встряхив.	3,5	-	7,8	0,87	35	0,30	75	1340	1200
3	1	4,5	2,5	-	0,8	Вибрир. 60с.	-	1,8	5,5	0,92	30	0,32	50	-	1220
4	1	4,0	3,0	-	0,8	Вибрир. 60с.	-	3,3	7,7	0,92	30	0,33	75	-	1250

\*В – ГЦБВ, К – керамзитовый песок, З – зола, О – опилки.

Соотношение компонентов в указанных составах базировалось на данных предварительных экспериментов, проведенных на чистом строительном гипсе.

Первые два состава изготовлены на ГЦБ вяжущем, а составы 3,4 – на портландцементе.

В первые составы вводилось до 10 % древесных опилок без предварительной минерализации, так как доминирующим компонентом в смешанных вяжущих является гипс (75 %), а цемента в составе вяжущего 5-10 %.

Учитывая незначительное содержание цемента в составе вяжущего, можно пренебречь возможностью его негативного воздействия на органические заполнители (опилки).

В составы 1 и 2 введены опилки в количестве 10 % от массы вяжущего.

У составах 3,4 прочность 2-часового твердения не определялась, так как образцы на портландцементе не приобретают прочности, достаточной для их расформовывания.

Составы 1 и 2 уплотнены трамбованием и резким встряхиванием, а 3 и 4 – вибрированием в течение 60 с.

Преимущество составов 1,2, изготовленных на ГЦБВ, в том, что изделия через 2 часа приобретают достаточную прочность для их распалубки, что способствует повышению оборачиваемости форм при их массовом изготовлении.

Эти изделия изготавливаются путем трамбования и резкого встряхивания, исключая процесс вибрирования. Отличаются водостойкостью и морозостойкостью (35).

Основные характеристики изделий, изготовленных из всех составов: средняя плотность 1150-1200 кг/м<sup>3</sup>; предел прочности при сжатии  $R_{сж}^{28} = 5,2-7,8$  МПа; теплопроводность 0,30-0,33 Вт/м·°С; морозостойкость F = 30-35, что отвечает требованиям ГОСТ 6133-99 «Камни бетонные стеновые», ГОСТ 25820-2000 «Бетоны легкие. Технические условия».

Таким образом, на основе смешанных гипсовых вяжущих веществ с использованием пористых заполнителей и зол БТЭЦ получены эффективные мелкоштучные стеновые материалы, отвечающие требованиям ГОСТ.

### Список литературы

1. Пустотелые бетонные блоки для малоэтажных зданий / Черных В.Ф., Щибря А.А., Шестакова Е.В., Макарец А.В. // Строительные материалы. – 2004. – № 6. – С.52-53.
2. Савелов И.Г. Состояние и перспективы производства керамзита и керамзитобетона и его использования в полносборном строительстве Киргизии. – Фрунзе: КиргизИНТИ, 1977. – 48 с.
3. Ассакунова Б.Т. Композиционные гипсовые вяжущие и изделия на их основе из местного сырья // Проблемы естественно-технических наук на современном этапе: Сб. научных трудов. – Бишкек, 2002. – С.2.