

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ БЛОКИ ИЗ ОБЛЕГЧЕННОГО ПОРИЗОВАННОГО АРБОЛИТА

А.К.Матыева  
[E.mail. ksucta@elcat.kg](mailto:ksucta@elcat.kg)

*Статьяда өсүмдүк – гипс композициясынын негизинде жеңилдетилген, полимерсиликат модификатору менен көндөйлөнгөн арболитти ресурс үнөмдөөчү технологиясында алуунун жана эсеп-эксперименталдык ыкмада аныкталган арболит курамы келтирилген (РГР).*

*В статье приведены состав арболита, определяемый расчетно-экспериментальными методами, и ресурсосберегающая технология получения облегченного поризованного арболита с полимерсиликатными модификаторами на основе растительно-гипсовой композиции (РГК).*

*The composition of sawdust concrete, defined by calculation-experimental methods, and resource production technology for lightened porous sawdust concrete with polymer-silicate modifiers based on plant-gypsum composition (PGC).*

В настоящее время первоочередной задачей становится внедрение в строительство практики энергоэффективных норм проектирования, технологий и материалов. По предварительным подсчетам, это позволит снизить потребление энергии в зданиях Кыргызстана до 40 % и, как следствие, уменьшить нагрузку на государственный и семейный бюджет, а также станет одним из перспективных направлений решения вопросов энергозависимости страны и каждой отдельной семьи. Для решения задач повышения энергетической эффективности в зданиях кафедра МиПК разработала безотходную технологию получения облегченного поризованного арболита для стеновых блоков. Современные методы обработки и производства позволяют получать действительно качественные и надежные материалы. Самые высокие требования комфорта могут быть реализованы при строительстве деревянного дома. Кирпичные дома как более основательные и менее требовательные к уходу в первые годы эксплуатации строят, в основном, для постоянного проживания, тем более, что каменным домам необходим постоянный температурный режим, что невозможно создать при сезонном использовании кирпичного строения. Но зачем выбирать? Материал, сочетающий в себе свойства древесины и камня, известен человечеству уже более 2 тысяч лет – это саман, а его современный представитель – арболит. Для производства последнего в Кыргызстане имеются доступные сырьевые источники – отходы сельскохозяйственных отходов производства – солома в качестве заполнителя и местные минеральные вяжущие, такие как быстротвердеющий гипс. Применение гипса взамен цемента позволит ускорить твердение арболита, быстро и экономно строить малоэтажные дома и другие объекты в сельской местности. Для улучшения характеристик арболита используются минерализаторы и полимерные добавки, регулирующие пористость и сцепление частиц. В качестве заполнителя используется дробленая древесина (щепа). Арболит по своим техническим характеристикам подразделяется на теплоизоляционный и конструкционный. Теплоизоляционный – плотностью до  $500 \text{ кг/м}^3$ , конструкционный – от  $500$  до  $850 \text{ кг/м}^3$ . Теплопроводность арболита конструкционных марок остается низкой всегда, так как удельная масса древесины в структуре блока меняется несущественно, а

увеличивается количество пор между частицами заполнителя. Но невозможно уменьшить количество пор в древесине, входящей в состав арболита. Именно благодаря свойствам древесины арболитовый блок дышит естественным образом, регулируя атмосферу внутри помещения и поддерживая комфортную влажность, отлично сохраняя тепло. Состав поризованного арболита определялся расчетно-экспериментальными методами. Расход гипса, органического заполнителя, полимерсиликатных добавок и воды зависит от класса арболита по прочности на сжатие (табл. 1). Для теплоизоляционного арболита класса В 0,35-0,75 расход гипса составляет 240-260 кг/м<sup>3</sup>, а конструкционно-теплоизоляционного класса В 1,5-В 2,5 – 330-450 кг/м<sup>3</sup>.

Дополнительным преимуществом полимерсиликатно-гипсового вяжущего является возможность поризации его благодаря способности жидкостекольных растворов образовывать в присутствии органических добавок устойчивую пену.

Поэтому в древесных композитах, в т.ч. и арболите, природная пористая структура заполнителей может удачно сочетаться с поризованной структурной матрицей, обеспечивая заданные физико-механические свойства композита. Рациональные составы арболита на полимерсиликатно-гипсовом вяжущем приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рациональные составы и свойства арболита

Марка гипса	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> арболита						Предел прочности при сжатии, МПа	Марка арболита, плотность, кг/м <sup>3</sup>	Класс по прочности на сжатие, МПа
	органический заполнитель, м <sup>3</sup>	гипс, кг	жидкое стекло, кг	РМДИ и латекс, кг	ТПФН, кг	вода, л			
Г-5	1,3	260	6,9	5,56	0,03	115	0,92	5/400	В0,35
Г-7	1,3	240	5,85	5,56	0,02	120	1,7	10/500	В0,75

В проведенных нами исследованиях установлено, что повышение прочности и В проведенных нами исследованиях установлено, что повышение прочности и стойкости арболита может быть достигнуто оптимизацией структуры силикатного камня путем направленного структурного образования следующими способами /2/:

- облагораживанием органического заполнителя композицией, состоящей из жидкого натриевого стекла и пластифицирующих полимерных добавок, позволяющих снизить его влажностные деформации, а также увеличить сцепление частиц в контактных зонах структуры полидисперсной системы;

- введением в состав смеси минеральной добавки, позволяющей путем омоноличивания контактных зон упрочить каркас и повысить прочность арболита;

применением органического заполнителя оптимальной формы и размеров, улучшением формирования арболитовой смеси, что позволяет снизить отрицательное влияние редуформации (распрессовки) упругой смеси при формовании изделий, заменить сжатие упругой смеси контактной упаковкой твердой фазы /2, 3/.

На рис. 1 представлен полученный новый арболитовый блок из сечки соломы с применением полимерсиликатных добавок.

На рис. 2 показаны подготовка сырьевых материалов, приготовление арболитовой смеси и ее укладка в формы, твердение и сушка, отделка и складирование /4/.



Рис. 1. Отформованный стеновой блок из сечки соломы с применением полимерсиликатно-гипсового вяжущего

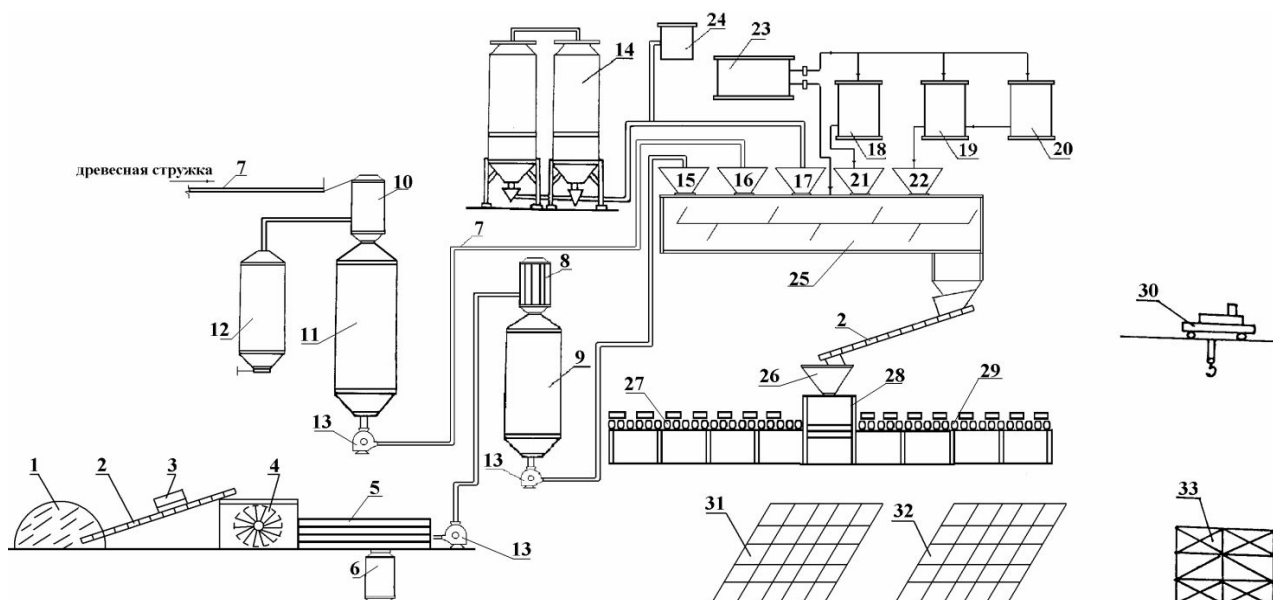


Рис. 2. Технологическая схема получения сырьевой смеси для поризованного арболита: 1 – склад соломы; 2 – транспортер; 3 – металлоискатель; 4 – соломорезка; 5 – соломотряска; 6 – бункер некондиционных частиц; 7 – пневмотранспорт; 8 – циклон-сепаратор частиц соломы; 9 – бункер частиц соломы; 10 – циклон-сепаратор древесной стружки; 11 – бункер древесных частиц; 12 – бункер стружки мелкой фракции; 13 – вентилятор; 14 – силос для хранения гипса; 15, 16, 17 – дозаторы заполнителя и гипса; 18 – емкость натриевого жидкого стекла; 19 – емкость PMDJ; 20 – емкость пластификаторов; 21, 22 – дозаторы PMDJ и пластификаторов; 23 – вода; 24 – емкость для ТПФН; 25 – смеситель ПСГВ С-773; 26 – бункер-дозатор; 27 – подающий рольганг форм; 28 – виброавтомат СМ-162А для формования блоков; 29 – рольганг; 30 – кран-балка; 31 – участок для выдержки блоков; 32 – участок для распалубки; 33 – склад готовой продукции

### Список литературы

1. Матыева А.К. Особенности получения арболита на основе растительно-гипсовой композиции, модифицированной полимерсиликатными добавками. – Новосибирск: НГАУ, 2008. – С. 89-95.
2. Матыева А.К. Оптимизация состава и свойств поризованного арболита на основе местного сырья для сейсмостойкого строительства // Вестник КГУСТА. – Бишкек. – 2008. – № 4. – С. 189-204.
3. Курдюмова В.М., Матыева А.К. Стеновые изделия из органокомпозитов для сейсмостойкого строительства // Вестник КГУСТА. Бишкек, 2007. Вып. 2 (16). – С. 142-147.
4. Хрулев В.М. Технология и свойства композиционных материалов для строительства. – Уфа, 2009. – С. 199-203.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ВЯЖУЩИХ ИЗ МЕСТНЫХ ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД

*Аралаштырылган гипс-акиташтуу чапташтыргычтардын жана алардын колдонушу менен жасалган буюмдардын фазалык курамы жана физика- механикалык мүнөздөмөсү келтирилген.*

*Приведены фазовый состав и физико-механические характеристики смешанных гипсоизвестковых вяжущих и изделий с их использованием.*

*Shows the phase composition and physico-mechanical properties of mixed gypsum-containing binders and products using them.*

В современных условиях развития строительства приоритетным направлением в производстве и применении строительных материалов являются материалы и изделия, обеспечивающие значительное снижение массы зданий, экологически безопасные, с использованием местного сырья и энергосберегающих технологий.

Гипсовые материалы и изделия отвечают вышеуказанным требованиям, так как технология переработки гипса характеризуется малой энергоемкостью, простотой и экологичностью, а гипсовые изделия – высокими показателями свойств (легкость, малая тепло- и звукопроводность, высокие огне- и жаростойкость, декоративность) /1/.

Целью данной работы является определение фазового состава и физико-механических свойств смешанных гипсоизвестковых вяжущих веществ, полученных с использованием тепла, выделяющегося при гашении извести, на процесс дегидратации двухводного гипса при совместном содержании их в смеси.

В работе был использован тонкоизмельченный гипсовый камень Чангырташского месторождения, характеризующийся тонкостью помола 7 % остатка на сите 02, среднее содержание двухводного гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) в котором составляет 98,58 %.

Использовалась негашеная известь I сорта: содержание  $\text{CaO} + \text{MgO}$  – 92 %; количество непогасившихся частиц – 0 %.

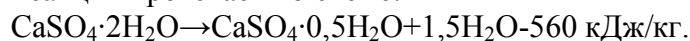
Известь измельчалась до тонкости помола, соответствующей полному прохождению через сито 063.

Материалы в различных количественных соотношениях тщательно перемешивались с добавлением 8-10 % воды от общей массы и помещались в теплоизолированный сосуд, снабженный патрубком для отвода водяных паров. При использовании медленногасящейся извести процесс гашения извести длится до 18 мин.

Обычно кривая обезвоживания двухводного гипса представлена участком, где идет нагрев материала до начала дегидратации (107-115 °С), участком (35-40 мин) при температуре 150-160 °С, где происходит процесс обезвоживания и испарение кристаллизационной (гидратной) воды. Этот период характеризуется «кипением» массы.

Кривая изменения температуры при использовании медленногасящейся извести показывает, что подъем температуры начинается по истечении 8 мин и достигает максимальной (165 °С) через 12 мин после затворения водой. В дальнейшем идет очень медленное снижение температуры в течении 30-35 мин, оставаясь в пределах 145 °С. То есть создаются условия (температура 160-150 °С и время 30- 35 мин), при которых происходит дегидратация двухводного гипса, содержащегося в смеси.

Реакция протекает по схеме:



Смесь далее подвергается томлению в течение 14-15 часов.

В период томления процесс дегидратации двухводного гипса продолжается. Остывание и томление полученного продукта происходит в герметически закрытом сосуде. При этом частички неразложившегося двухводного гипса под действием тепла массы дегидратируются, однако полной дегидратации двухводного гипса не достигается.

В полученной после термообработки смеси определяли содержание полуводного, двухводного гипса, гидратной и гигроскопической влаги /2/.

Для определения количества полуводного гипса брали 2 г навески от массы вяжущего, высушивали до постоянной массы при 45-50 °С, затворяли соответствующим количеством воды. Затвердевший продукт высушивали до постоянной массы, взвешивали и определяли  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  (%) по формуле

$$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} = \frac{5,37G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100 \%,$$

где  $G_1$  – масса исходного сухого продукта, г;  $G_2$  – масса высушенного гипса после гидратации, г.

Содержание двухводного гипса определяют по формуле

$$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} = 4,7785 \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100 \%,$$

где 4,7785 – коэффициент пересчета;  $G_1$  – навеска гипса до прокаливания, г;  $G_2$  – после прокаливания.

Результаты определения фазового состава вяжущих приведены в табл.1.

Таблица 1  
Фазовый состав смешанных гипсоизвестковых вяжущих

№	Составы смесей	Содержание гигроскопической влаги, %	Содержание гидратной влаги, %	Содержание двухводного сернокислого кальция, %	Содержание полуводного сернокислого кальция в ГГВ, %
1	Гипс: известь (Г-70 %:И-30 %)	0,5	6	28,67	39,70
2	Гипс: известь (Г-60 %:И-40 %)	1,01	3,6	17,2	41,74
3	Гипс: известь (Г-50 %:И-50 %)	0,5	2,7	12,9	43,61

Из приведенных данных видно, что при большем содержании в составе смеси извести в составе вяжущего увеличивается содержание полуводного гипса: в составе 1 полуводного гипса содержится 39,70 %; в 3 – 43,61 %. Соответственно, в смеси, где меньше извести, остается большее количество двухводного гипса (28,61 %); в составе 3 содержится 12,9 %  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Суммарное количество полуводного гипса и гипсового камня соответствует изначально взятому количеству гипсового камня.

Оставшаяся часть в фазовом составе представлена частично гидроксидом кальция, пушонкой, карбонатом кальция, образованным карбонизацией.

Содержание гидратной влаги в табл. 1, определяемое методом прокаливания при 400 °С в течение 1-2 ч, соответствует ее содержанию в двухводном гипсе вяжущего.

Содержание гигроскопической влаги определялось после высушивания навески. Эта влага показывает содержание гидроксида кальция в смеси.

По стехиометрическим характеристикам подсчитано, что при содержании гигроскопической влаги 0,5 % количество гидроксида кальция составляет 2,18; при 1,01 – 5,5 %; 1,5 – 10,9 %.

Испытание гипсоизвесткового вяжущего производилось по ГОСТ на строительный гипс. Результаты приведены в табл. 2.

Смешанные вяжущие ввиду высокой дисперсности характеризуются повышенной водопотребностью (85-95,8 %). По срокам схватывания вяжущие относятся к нормальноотвердевающим (Б).

Удлинение времени гашения способствует повышению прочностных характеристик вяжущего, так как при этом процесс дегидратации двуводного гипса протекает более полно, что подтверждается фазовым составом вяжущего.

Таблица 2

Физико-механические характеристики гипсоизвестковых вяжущих

№ п/п	Составы гипс/известь	t, °С	$\tau_{\text{гашения}}$ , мин	НГ, %	$\rho_{\text{сж}}$ , г/см <sup>3</sup>	Сроки схватывания		Предел прочности, МПа	
						нач.	кон.	$\frac{R_{\text{изг}}(2ч)}{R_{\text{изг}}(28сут)}$	$\frac{R_{\text{сж}}(2ч)}{R_{\text{сж}}(28сут)}$
1	60/40	160	8	93	1,05	17	22	$\frac{0,48}{1,37}$	$\frac{0,44}{1,92}$
2	50/50	175	8	85	1,1	19	32	$\frac{0,63}{1,35}$	$\frac{0,16}{1,72}$
3	40/60	255	18	96,8	1,1	15	19	$\frac{0,65}{1,35}$	$\frac{0,5}{1,74}$

\*в числителе приведены значения прочности через 2 часа твердения, в знаменателе – через 28 суток.

Прочность смешанных вяжущих ниже прочности гипса марки Г2, т.е. невысокая. Это можно объяснить повышенной водопотребностью продукта термообработки. А также, по нашему мнению, недостаточное количество воды, вводимое для гашения извести, способствует частичному образованию извести-пушонки, которая в процессе гидратации смешанного вяжущего играет роль наполнителя, не связываясь в новообразования.

Однако часть выделяемых водяных паров из двуводного гипса способствует сохранению извести в виде гидроксида.

На основе гипсоизвесткового смешанного вяжущего состава (50:50) получен мелкозернистый бетон с соотношением вяжущего к заполнителю 1:3.

Причем в качестве заполнителя использован тонкозернистый песок ( $M_k=15$ ) с высоким содержанием глинистых частиц (17,2 %).

Образцы твердели в воздушных условиях и характеризовались прочностью:  $R_{\text{изг}}=1,7$  МПа;  $R_{\text{сж}}=4,88$  МПа; плотностью  $\rho_{\text{ср}}=0,92$  г/см<sup>3</sup>.

Бетонная смесь готовилась на основе свежеполученных смешанных гипсоизвестковых вяжущих, прочностью 1,72 МПа.

Из приведенных данных видно, что, несмотря на невысокую прочность используемых вяжущих (1,72 МПа), образцы из мелкозернистого бетона характеризовались прочностью 4,88 МПа. По-видимому, повышенное содержание глинистых частиц (17,2 %) в песке способствует уплотнению смеси и упрочнению, так как известно, что на активных центрах глины под воздействием извести возможно образование гидросиликатов кальция, которые способствуют повышению прочности образцов.

Мелкозернистый бетон из указанных составов может быть использован для мелкоштучных стеновых изделий для малоэтажного строительства. Эти изделия характеризуются невысокой плотностью 800-900 кг/м<sup>3</sup> и прочностью  $R_{\text{сж}}=4,5-5$  МПа.



Отпускная прочность достигается без тепловой обработки, так как вяжущее характеризуется ускоренными сроками твердения.

#### **Выводы**

Разработана энергосберегающая технология производства смешанных гипсоизвестковых вяжущих с использованием тепла гашения извести, содержащейся в смеси.

Фазовый состав смешанных гипсоизвестковых вяжущих зависит от количества извести в смеси и представлен полуводным гипсом, двуводным гипсом, гидроксидом кальция, известью-пушонкой и продуктами карбонизации.

Оптимальное соотношение гипса и извести в смеси, при котором образуется максимальное количество полуводного гипса, составляет 50:50.

На основе смешанных гипсоизвестковых вяжущих и мелкозернистого высокоглинистого песка без дополнительной тепловой обработки получены мелкоштучные стеновые изделия, характеризующиеся плотностью 800-900 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 4,5-5 МПа.

#### **Список литературы**

1. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): Справочник. – М., Издательство АСВ, 2004.
2. Ассакунова Б.Т. Модифицированные водостойкие гипсовые вяжущие вещества из местного сырья. – Бишкек: Китеп компании, 2008.