

## РАЗРАБОТКА СОСТАВА ГИПСОБЕТОНА ДЛЯ ВНУТРЕННИХ СТЕН

**Фош А.В., к.т.н., доц., Керш В.Я., к.т.н., проф.**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Одесса, Украина*

Энерго- и ресурсосбережение является главным направлением современной технической политики в области строительства. В связи с этим разработка и применение эффективных энергосберегающих материалов и изделий на их основе, позволяющих значительно сократить потери тепла, а также снизить трудоемкость и стоимость строительства, являются актуальным. К таким строительным материалам относится гипсобетон - композиционный материал, на основе гипсового вяжущего и легких заполнителей - органических и не органических.

Изделия, выпускаемые на основе гипсовых вяжущих, по сравнению с другими стеновыми изделиями отличаются небольшой массой, достаточно высокой прочностью, пониженными тепло- и звукопроводностью, высокой огнестойкостью и экологичностью [1].

Гипсобетон широко применяют для изготовления различных строительных изделий: сплошных и пустотелых плит, пазогребневых и теплоизоляционных плит, панелей для перегородок и перекрытий, камней для стен, блоков архитектурных деталей, а также для монолитного возведения малоэтажных зданий, в том числе и при отрицательной температуре [2].

Плотность гипсобетонов в зависимости от вида заполнителя и водо-гипсового отношения меняется от  $1000 \text{ кг/м}^3$  до  $1900 \text{ кг/м}^3$ . Понижение плотности материала способствует улучшению его теплозащитных свойств, одновременно облегчает конструкции, снижает нагрузку на фундаменты, тем самым экономит материалы и снижает стоимость строительства. Поэтому исследование условий получения гипсобетонов пониженной плотности с улучшенными физико-механическими свойствами является актуальным.

Для уменьшения расхода вяжущего, снижения массы изделий и улучшения их свойств в состав гипсобетона вводят органические и неорганические заполнители: керамзит, перлит, шлаковый песок, опилки, стружку пористую резиновую крошку и др. [3].

Анализ существующих данных показал, что введение традиционных легких заполнителей сопровождается снижением прочностных показателей облегченных гипсовых изделий и увеличением их водопоглощение.

Эффективным заполнителем для гипсобетона может быть вспененный полистирол в форме гранул, благодаря таким свойствам: низкая плотность  $\rho=10-15 \text{ кг/м}^3$ , низкая теплопроводность  $\lambda=0,04-0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  и практически нулевое водопоглощение.

В отличие от минеральных заполнителей, пенополистирол (ППС) задается не по массе, а по объему. Таким образом, можно задать объем пор и, соответственно, плотность материала.

Снижение прочности полистиролгипсобетона (ПСГБ) можно частично компенсировать правильным выбором гипсового вяжущего, введением оптимального количества мелкого заполнителя - пористого песка, а также за счет использования химических добавок. [4].

На основании предварительных результатов сформирован 3-х факторный план эксперимента типа В-3 для исследований структуры и свойств полистиролгипсобетона средней плотностью  $750 \text{ кг/м}^3$ .

В качестве независимых факторов варьировались количество заполнителя - полистирольных гранул -  $X_1$  (%); расход перлита- $X_2$ ; количество гиперпластификатора-  $X_3$  (% от массы гипса). Факторы и уровни варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Факторы, уровни и интервалы варьирования переменных

Факторы	Единицы измерения	Уровни варьирования		
		-1	0	1
$X_1$ –расход ППС	Объемная доля	0,6	0,7	0,8
$X_2$ –расход перлита	Объемная доля	0,2	0,3	0,4
$X_3$ –расход пластификатора (от массы вяжущего)	%	0,3	0,5	0,7

Ряд других факторов, которые также влияют на формирование структуры и свойств полистиролгипсобетона, были застabilизированы.

Изготовлены 15 опытных образцов плотностью  $550-950 \text{ кг/м}^3$  и определены их свойства: прочность на сжатие и изгиб, теплопроводность, водопоглощение, сорбционная влажность и динамический модуль упругости.

Характер и степень влияния рецептурных факторов на механические и теплофизические свойства полистиролгипсобетона изучены с применением математического моделирования. Экспериментально-статистические (ЭС) модели построены с применением диалоговой системы "СОМРЕХ", разработанной на кафедре ПАТСМ.

Статистический анализ ЭС моделей позволяет оценить влияние составляющих в количественном выражении, как независимо друг от друга, так и с учетом их взаимодействия.

На основании ЭС моделей установлено, что наибольшее влияние на плотность, прочность и теплопроводность ПСГБ оказывает объемный расход ППС и перлита (рис.1-2).

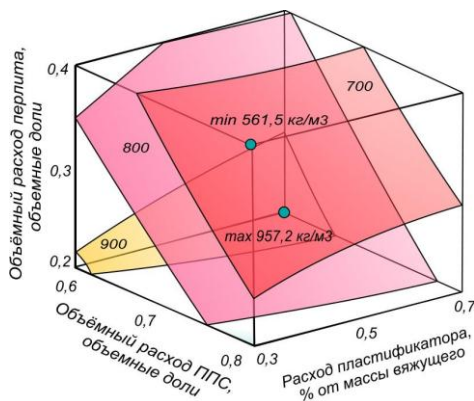


Рис.1. Влияние рецептурных факторов на плотность полистиролгипсобетона

С увеличением объемного расхода ППС с  $0,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$  до  $0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$  плотность снижается от  $955 \text{ кг}/\text{м}^3$  до  $560 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Максимальное значение плотности  $957 \text{ кг}/\text{м}^3$  достигается при расходе ППС  $0,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$  по объему, расходе перлита  $0,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$  по объему и расходе пластификатора  $0,7 \%$  от массы вяжущего.

Минимальное значение плотности  $561,5 \text{ кг}/\text{м}^3$  достигается при расходе ППС  $0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$  по объему, расходе перлита  $0,4 \text{ м}^3/\text{м}^3$  по объему и расходе гиперпластификатора  $0,3\%$  от массы вяжущего.

С увеличением объемного расхода ППС с  $0,6$  до  $0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$  прочность при сжатии снижается от  $5,14 \text{ МПа}$  до  $2 \text{ МПа}$  (рис. 2а). Максимальное значение прочности при сжатии  $5,14 \text{ МПа}$  обеспечивается при расходе ППС  $0,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$  по объему, расходе перлита  $0,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$  и расходе пластификатора  $0,7 \%$  от массы вяжущего.

Теплопроводность стабильно уменьшается с увеличением содержания ППС и перлита (рис. 2б).

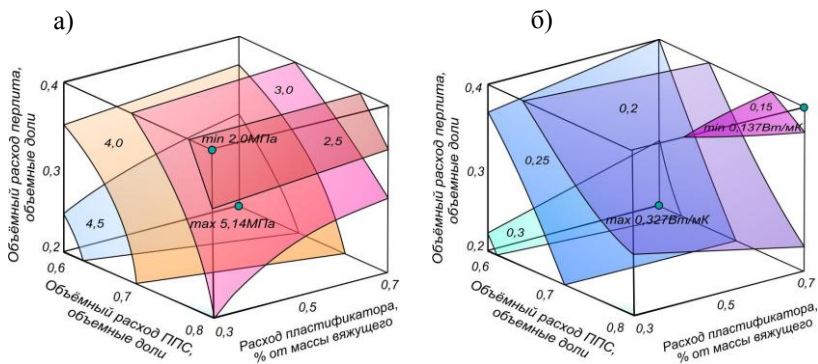


Рис. 2. Влияние варьируемых факторов на прочность при сжатии (а) и теплопроводность (б) полистиролгипсобетона

Минимальное значение теплопроводности  $\lambda=0,137$  Вт/(м·К) обеспечивается при максимальных объемных расходах заполнителей: ППС -  $0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$  перлит -  $0,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Меньшее влияние на указанные свойства в исследованном диапазоне оказывает расход пластификатора.

В проведенном эксперименте были изготовлены и исследованы образцы полистиролгипсобетона плотность которых изменялась в достаточно широком диапазоне, практически от 550 до 960 кг/м<sup>3</sup>. Влияние плотности на теплофизические и механические свойства полистиролгипсобетона вполне прогнозируемо, больший интерес представляет анализ взаимосвязей для материалов одинаковой плотности.

Изучение взаимосвязей в системе «технология - структура-свойства» для равноплотных материалов выполнено в вычислительном эксперименте с применением предложенного проф. Вознесенским В.А. метода изопараметрического анализа [5] при котором свойства материала анализируются в условиях постоянного уровня одного из них.

В результате изопараметрического анализа установлено, что наибольшее влияние на прочность и теплопроводность равноплотных ПСГБ (при  $\rho=780$  кг/м<sup>3</sup>), изготовленных из равноподвижной смеси, оказывает количество заполнителя – ППС и перлита (рис. 3-4).

Оба фактора  $X_1$  и  $X_2$  оказывают влияние на теплопроводность и прочность ПСГБ. Так с увеличением объемного расхода ППС с  $0,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$  до  $0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$  теплопроводность материала снижается с  $0,24$

Вт/(м·К) до 0,215 Вт/(м·К). А с увеличением объемного расхода перлита с  $0,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$  до  $0,4 \text{ м}^3/\text{м}^3$  теплопроводность ПСГБ увеличивается с 0,215 Вт/(м·К) до 0,24 Вт/(м·К). Минимальное значение теплопроводности обеспечивается при объемном расходе пенополистирольного заполнителя  $0,73 \text{ м}^3/\text{м}^3$  и перлита -  $0,27 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

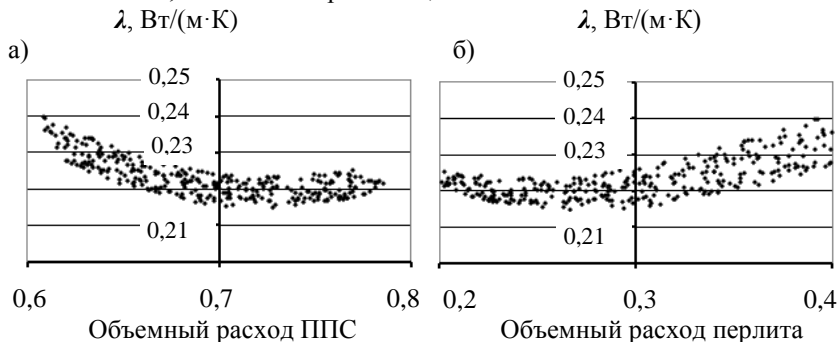


Рис.3. Зависимость теплопроводности ПСГБ от объемного расхода ППС - (а) и объемного расхода перлита - (б)

Максимальное значение прочности в исследованной области факторного пространства обеспечивается при таком сочетании факторов: объемный расход полистирольного заполнителя  $0,67 \text{ м}^3/\text{м}^3$  и перлита  $0,33 \text{ м}^3/\text{м}^3$  (рис. 4).



Рис.4. Зависимость прочности на сжатие ПСГБ от объемного расхода ППС – (а) и от объемного расхода перлита – (б)

## **Выводы**

На основании проведенных исследований показано, что компромиссную оптимизацию составов полистиролгипсобетона рационально проводить с учетом не только теплозащитных, но и прочностных свойств материала. Стремление снижения теплопроводности полистиролгипсобетона только за счет снижения плотности ведет к падению прочности.

Оптимизационная задача заключается в следующем: получить полистиролгипсобетон необходимой прочности при минимальном значении теплопроводности материала. В работе выполнен поиск компромиссно-оптимальных уровней критериев качества ПСГБ и соответствующих им рациональных рецептурных решений. Оптимизационная задача решена при следующих ограничениях критериев качества ПСГБ:  $\lambda \leq 0,25$  Вт/(м·К);  $R_{сж} \geq 4$  МПа. Определены рациональные рецептурные факторы, которые обеспечивают получение материала с компромиссно-оптимальными уровнями критериев качества ПСГБ.

Например, одно из возможных решений представляет собой комбинацию таких факторов: объемный расход ППС - 0,72; перлит - 0,35; гиперпластификатор - 0,3% от массы вяжущего.

## **Summary**

**Results of researches of structure influence on properties of gypsum concrete with polystyrene aggregates. Compromise optimization of structure and properties polystyrene concrete is executed.**

## **Литература**

1. Коровяков В.Ф. Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве / В.Ф. Коровяков // Российский химический журнал, 2003.- №4.- том XLVII.
2. Ферронская А.В. Опыт применения гипсовых материалов и изделий в строительстве.//Материалы семинара "Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий". г.Уфа, 2-4 июня 2004 г.
3. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных материалов/ Ю.П. Горлов, А.П. Меркин, А.А. Устенко //Москва: Стройиздат, 1980. - 399с.
4. Керш В.Я. Оптимизация свойств полистиролгипсобетона /В.Я. Керш, А.В. Фощ//Вісник ОДАБА.- Одеса: «Зовнішрекламсервіс», 2011. – вип. №44.- С. 354-361.
5. Вознесенский В.А. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов/ В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, И.И. Николов// - К.: Будивельник, 1989.- С. 55-97.