

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ГИПСОБЕТОНА ДЛЯ ВНУТРЕННИХ СТЕН

Фощ 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 водогипсового отношения меняется от 1000 кг/м^3 до 1900 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 наполнителем для гипсобетона может быть вспененный полистирол в форме гранул, благодаря таким свойствам: низкая плотность $\rho=10-15 \text{ кг/м}^3$, низкая теплопроводность $\lambda=0,04-0,05 \text{ Вт/(м·К)}$ и практически нулевое водопоглощение.

В отличие от минеральных наполнителей, 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 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 "COMPEX", 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).

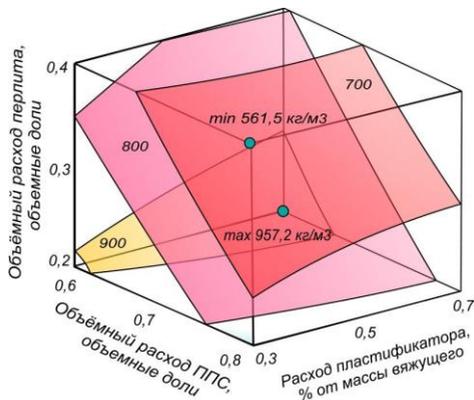


Рис.1. Влияние рецептурных факторов на плотность полистиролгипсобетона

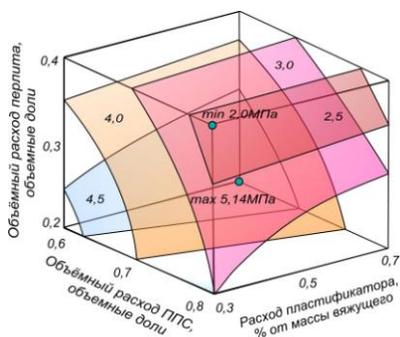
С увеличением объемного расхода ППС с $0,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$ до $0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$ плотность снижается от $955 \text{ кг}/\text{м}^3$ до $560 \text{ кг}/\text{м}^3$. Максимальное значение плотности $957 \text{ кг}/\text{м}^3$ достигается при расходе ППС $0,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$ по 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 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).

а)



б)

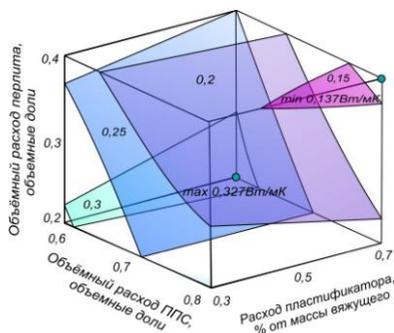


Рис. 2. Влияние варьируемых факторов на прочность при сжатии (а) и теплопроводность (б) полистиролгипсобетона

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 $960 \text{ кг}/\text{м}^3$. Влияние плотности на теплофизические и механические свойства полистиролгипсобетона вполне прогнозируемо, большой 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 $\rho=780 \text{ кг}/\text{м}^3$), 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 $0,215 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ до $0,24 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Минимальное значение теплопроводности обеспечивается при объемном расходе пенополистирольного заполнителя $0,73 \text{ м}^3/\text{м}^3$ и перлита - $0,27 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

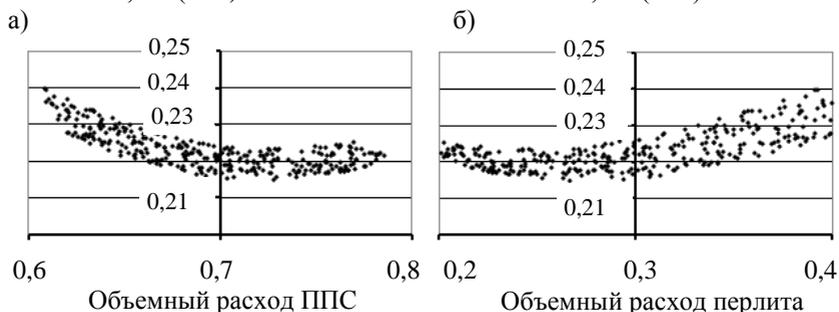


Рис.3. Зависимость теплопроводности ПСГБ от объемного расхода ППС - (а) и объемного расхода перлита - (б)

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. Фош//Вісник ОДАБА.- Одеса: «Зовнішрекламсервіс», 2011. – вип. №44.- С. 354-361.
- Вознесенский В.А. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов/ В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, И.И. Николов// - К.: Будивэльных, 1989.- С. 55-97.