

## ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ ПОЛИСТИРОЛГИПСОБЕТОНА

Фощ А.В., Керш В.Я.

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

Снижение материальных и энергетических затрат при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений остаётся доминирующей проблемой. Решение её во многом связано с развитием производства и применением эффективных конструкционно-теплоизоляционных и теплоизоляционных материалов обладающих достаточной прочностью, при пониженной плотности и стоимости, обеспечивающих высокие теплозащитные и санитарно-гигиенические свойства ограждающих конструкций и их надёжность в течение всего срока службы здания.

Этим требованиям в полной мере отвечают гипсобетоны. Применение их позволяет не только снизить дефицит в стеновых материалах, но во многих случаях заменить энергоёмкие цементные бетоны без какого-либо ухудшения эксплуатационных свойств, а также значительно (не менее чем в 2 раза) сократить сроки возведения зданий.

Изделия на основе гипсовых вяжущих отличаются небольшой массой, достаточной прочностью, относительно низкими тепло- и звукопроводностью. Кроме того, гипсовые материалы огнестойки, способствуют поддержанию комфортного микроклимата в помещениях за счет хороших показателей паро- и воздухопроницаемости, способности поглощать лишнюю влагу из воздуха и отдавать ее при снижении влажности [1].

Для уменьшения расхода вяжущего с целью удешевления композита, снижения массы изделий и улучшения их строительно-технических и реологических характеристик в формовочную массу вводятся органические или неорганические заполнители: керамзит, перлит, древесные опилки, шлаковый песок, пористая резиновая крошка и др. [2].

В качестве сверхлегкого заполнителя для гипсобетона нами предложено использовать гранулы вспененного полистирола [3].

Гипсобетон с полистирольным заполнителем представляет собой двухфазную систему, состоящую из вспененных гранул пенополистирола и гипсовой матрицы. Формирование ячеистой структуры осуществляется гранулами полистирола сферической формы размером 3...6 мм при насыпной их плотности 10...15 кг/м<sup>3</sup>. Промежутки между гранулами заполнены гипсовым тестом при В/Г = 0,4... 0,56, объединяющим гранулы пенополистирола в единое целое - гипсобетон средней плотности 500...900 кг/м<sup>3</sup>.

Введение пенополистирола в гипс позволяет существенно снизить плотность материала и улучшить его теплозащитные свойства. Однако при этом снижается прочность гипсобетона [4]. В определенных пределах компенсировать падение прочности можно, вводя в смесь неорганический легкий заполнитель – вспученный перлит, а также уплотняя перегородки за счет пластифицирования смеси.

На основании предварительных результатов сформирован 3-х факторный план эксперимента типа В-3 для исследований структуры и свойств полистиролгипсобетона средней плотностью 750 кг/м<sup>3</sup>.

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.

Изготовлены 15 опытных образцов плотностью 550 – 950 кг/м<sup>3</sup> и определены их прочность, теплопроводность, водопоглощение, сорбционная влажность, и динамический модуль упругости.

Таблица 1

Факторы, уровни и интервалы варьирования переменных

Факторы	Един. измерения	Уровни варьирования		
		-1	0	1
$X_1$ –расход ППС	Объемный расход	0,6	0,7	0,8
$X_2$ –расход перлита	Объемный расход	0,2	0,3	0,4
$X_3$ –расход гиперпластификатора	%	0,3	0,5	0,7

Математические модели для ряда свойств: плотности, теплопроводности, прочности при сжатии, модулю упругости, водопоглощению по массе и сорбционной влажности построены с применением программы "СОМРЕХ", разработанной на кафедре ПАТСМ. Графические изображения изоповерхностей отклика моделей плотности, прочности при сжатии и теплопроводности показаны на рис. 1 – 3.

Основное влияние на плотность оказывает количество заполнителя – пенополистирола с увеличением, которого плотность снижается (рис.1). Так, с увеличением расхода пенополистирольного заполнителя с 0,6 до 0,8 по объему при одинаковой дозировке перлита 0,4 по объему плотность ПСГБ снижается на 150 кг/м<sup>3</sup>.

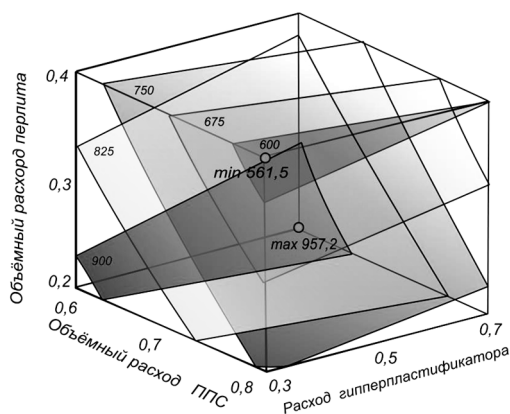


Рис. 1. Влияние варьируемых факторов на плотность полистиролгипсобетона

Также значительное влияние на плотность в исследованном факторном пространстве оказывает расход перлита и в меньшей степени - расход гиперпластификатора.

Минимальная плотность 561,5 кг/м<sup>3</sup> достигается при максимальном расходе заполнителей: ППС 0,8 по объему и перлита 0,4 по объему, и минимальном количестве гиперпластификатора MC Bauchemic "FK 63.30" 0,3% от массы гипса.

Наибольшее влияние на прочность при сжатии оказывает объёмное содержание пенополистирольного заполнителя. Также значительно влияет количество заполнителя – перлита, при этом введение гиперпластификатора значительно повышает прочность материала. Так, с увеличением объемного расхода ППС с 0,6 до 0,8 прочность при сжатии меняется от 3 МПа до 1,5 МПа.

Максимальная прочность достигается при минимальном расходе пенополистирольного заполнителя 0,6 по объему и минимальном расходе перлита 0,2 по объему и максимальном количестве гиперпластификатора 0,7% от массы вяжущего и составляет 3,47 МПа.

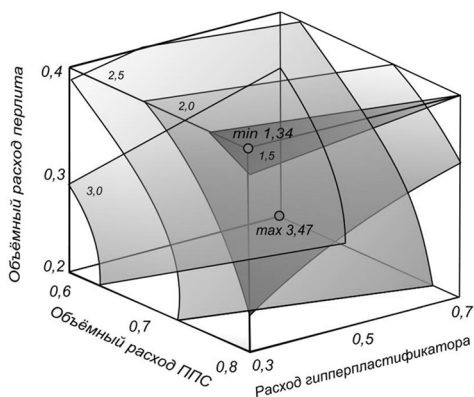


Рис. 2. Влияние варьируемых факторов на прочность при сжатии полистиролгипсобетона

Минимальная прочность достигается при максимальном расходе пенополистирольного заполнителя 0,8 по объему и максимальном расходе перлита 0,4 по объему и минимальном количестве гиперпластификатора 0,3% от массы гипса и составляет 1,34 МПа.

Наиболее значимое влияние на теплопроводность оказывает содержание полистирола. Так при изменении объемного расхода пенополистирола от 0,6 до 0,8 теплопроводность меняется от 0,3 Вт/м·К до 0,15 Вт/м·К. С увеличением расхода перлита, теплопроводность уменьшается. Значительно меньшее влияние на теплопроводность в исследованном факторном пространстве оказывает содержание пластифицирующей добавки (рис.3)

Максимальная теплопроводность достигается при минимальном расходе пенополистирольного заполнителя 0,6 по объему и минимальном расходе перлита 0,2 при максимальном количестве гиперпластификатора 0,7% от массы вяжущего и составляет 0,327 Вт/м·К.

Минимальная теплопроводность достигается при максимальном расходе пенополистирольного заполнителя 0,8 и максимальном расходе перлита 0,4 при расходе гиперпластификатора 0,5% от массы гипса и составляет 0,137 Вт/м·К.

Оптимизационная задача решалась при следующих ограничениях критериев качества полистиролгипсобетона:

- прочность при сжатии  $R_{сж} \geq 2$  МПа;
- коэффициент теплопроводности  $\lambda \leq 0,2$  Вт/м·К.

Установлена область рецептурно-технологических решений, обеспечивающая получение материала с заданными свойствами.

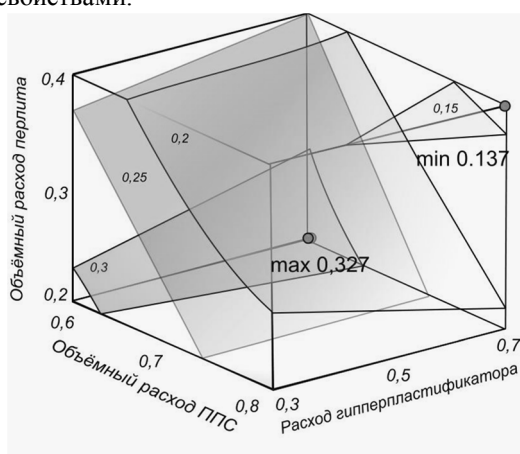


Рис.3. Влияние варьируемых факторов на теплопроводность полистиролгипсобетона

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

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.

Поскольку в опытной партии количество равноплотных образцов недостаточно для проведения прямых измерений, статистической обработки и достоверных выводов, принято решение применить один из методов компьютерного материаловедения – изопараметрический анализ, предложенный проф. Вознесенским В.А. [5].

В вычислительном эксперименте плотность полистиролгипсобетона зафиксирована на уровне  $780 \pm 1$  кг/м<sup>3</sup>. Количество гиперпластификатора застabilизировано на среднем уровне - ( $X_3 = 0,5\%$ ).

В результате изопараметрического анализа установлено влияние содержания ППС ( $X_1$ ) и содержания перлита ( $X_2$ ) на теплопроводность (рис.4) и прочность при сжатии (рис5) полистиролгипсобетона.

Оба фактора  $X_1$  и  $X_2$  оказывают влияние на теплопроводность и прочность ПСГБ. Так с увеличением объемного расхода ППС с 0,6 до 0,8 по объему теплопроводность материала снижается (рис. 4). А с увеличением расхода перлита с 0,2 до 0,4 коэффициент теплопроводности увеличивается. Минимальное значение теплопроводности обеспечивается при расходе пенополистирольного заполнителя 0,7 с расходом перлита 0,3.

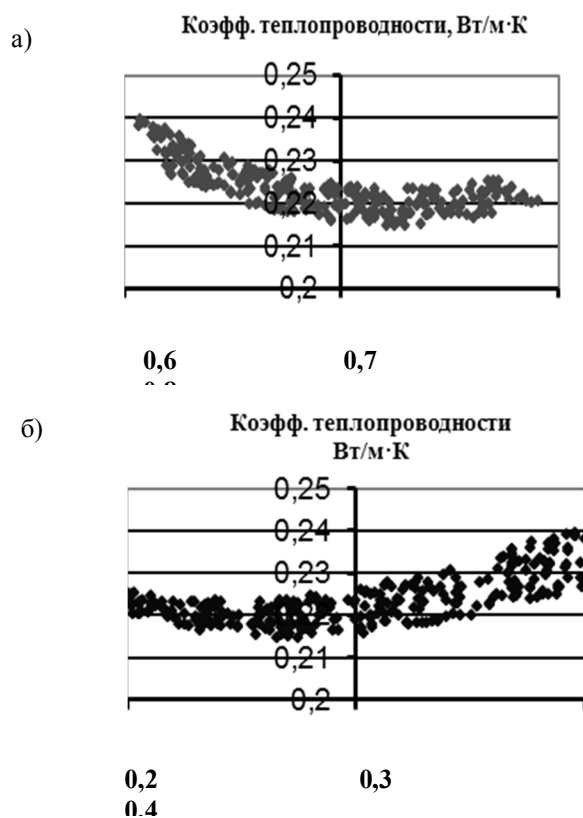


Рис.4. Зависимость теплопроводности полистиролгипсобетона от содержания ППС (X1) – а) и от содержания перлита (X2) – б)

Максимальная в исследованном факторном пространстве прочность обеспечивается при таком сочетании факторов: расход полистирольного заполнителя 0,67 и перлита 0,33 по объему (рис. 5).

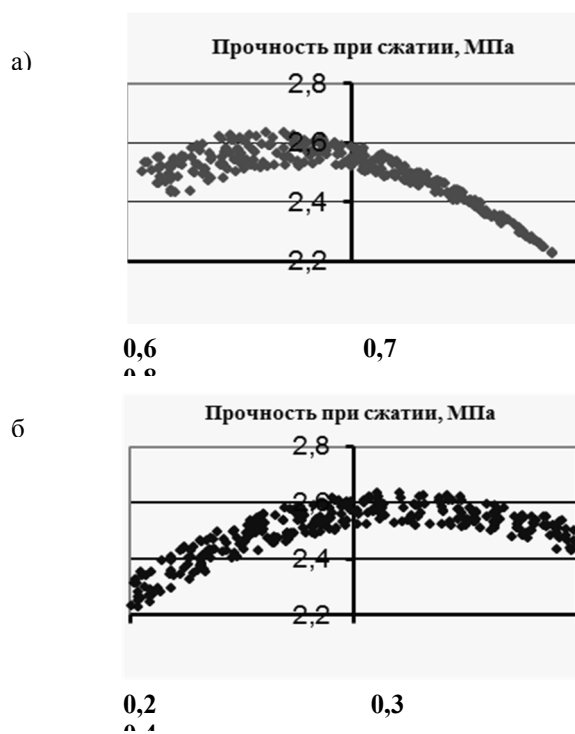


Рис.5. Зависимость прочности на сжатие полистиролгипсобетона от содержания ППС (X1) и от содержания перлита (X2)

### ***Вывод***

Таким образом, применение пенополистирола совместно с перлитом повышает прочность материала при незначительном росте плотности и увеличении теплопроводности полистиролгипсобетона.

### **SUMMARY**

**The isoparametric analysis of the same density gypsum concrete was completed. According to the results of rational optimization of the area set gypsum concrete compositions with polystyrene core were done.**

### ***Литература***

1. Ферронская А.В. Развитие теории и практики в области гипсовых вяжущих веществ. Сб. «Развитие теории и технологий в области силикатных и гипсовых материалов». Ч.1. М.,МГСУ, 2000. с.47 – 56.
2. Иванов И. А. Технология легких бетонов на искусственных пористых заполнителях.- М.: Стройиздат, 1974.
3. Патент на корисну модель № 46934. Україна, МПК (2009) UA C 04 14/02. Суміш для приготування легкого бетону /Дорожкін В.В., Керш В.Я., Дорожкін О.В., Керш Д.В., Штець А.В. Бюл. № 1, 2010.
4. Керш В.Я., Фощ А.В. Гипсобетон с полистирольным заполнителем //Вісник ОДАБА.- Одеса: Вид-во «Місто майстрів».- 2010. – Вип. 39.- С. 319-323.
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.