

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ЗОЛОПЕРЛИТОБЕТОНА

**А.В.Фощ, В.Я.Керш**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

Постоянный рост цен на топливо и электроэнергию приводит к повышению цен на вяжущие вещества, особенно получаемые высокотемпературным обжигом. Альтернативой портландцементу в производстве строительных материалов могли бы стать гипсовые вяжущие, производство которых менее энергоемко.

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].

Недостатками гипсовых изделий являются значительные деформации под нагрузкой (ползучесть) и гигроскопичность, которая вместе с низкой водостойкостью приводит к потере прочности гипсовых изделий во влажных условиях.

Значительного расширения возможностей применения гипсовых вяжущих материалов можно достичь путем повышения его водостойкости.

Одним из основных путей повышения водостойкости гипсовых вяжущих является введение в них веществ, которые приводят к образованию водостойких и твердеющих в воде продуктов, как в результате химической реакции с гипсовым вяжущим, так и вследствие собственной гидратации. Такими веществами являются активные минеральные добавки (трепел, диатомит, опоки, активные золы, гранулированные доменные шлаки, золу-унос) [2].

Весьма результативным и распространенным способом получения водостойкого гипсового камня является использование водостойких материалов - гипсоцементно-пуццолановых (ГЦПВ), гипсошлакоцементно - пуццолановых (ГШЦП) вяжущих, которые обладают повышенной водостойкостью по сравнению с гипсовыми вяжущими [3, 4].

В исследованиях изучали композит на гипсоцементной основе с перлитовым и зольным заполнителями - золоперлитобетон (ЗПБ). Перлит вводим для улучшения теплозащитных свойств материала.

На основании предварительных результатов сформирован 3-х

факторный план эксперимента типа В-3 для исследований свойств золоперлитобетона средней плотностью 1500 кг/м<sup>3</sup>.

В качестве независимых факторов варьировались количество заполнителя – золы -  $X_1$  (%); расход перлита- $X_2$ ; количество гидрофобизатора ГКЖ-11К -  $X_3$  (% от массы вяжущего). 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 золы	Объемных долей	0,45	0,55	0,65
$X_2$ –расход перлита	Объемных долей	0	0,30	0,60
$X_3$ –расход гидрофобизатора (от массы вяжущего)	%	0,5	1	1,5

Изготовлены 15 опытных образцов плотностью 1160–1730 кг/м<sup>3</sup> и определены их свойства: плотность, прочность при сжатии и при изгибе, теплопроводность, водопоглощение, коэффициент размягчения.

Характер и степень влияния рецептурных факторов на механические и теплофизические свойства золоперлитобетона изучены с применением математического моделирования [5]. 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, теплопроводность и коэффициент размягчения ЗПБ оказывает объемный расход золы и перлита (рис.1-2).

С увеличением объемного расхода перлита с 0 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> до 0,60 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> плотность ЗПБ снижается от 1730 кг/м<sup>3</sup> до 1185 кг/м<sup>3</sup>. Также значительное влияние на плотность в исследованном факторном пространстве оказывает расход золы и в меньшей степени - расход гидрофобизатора.

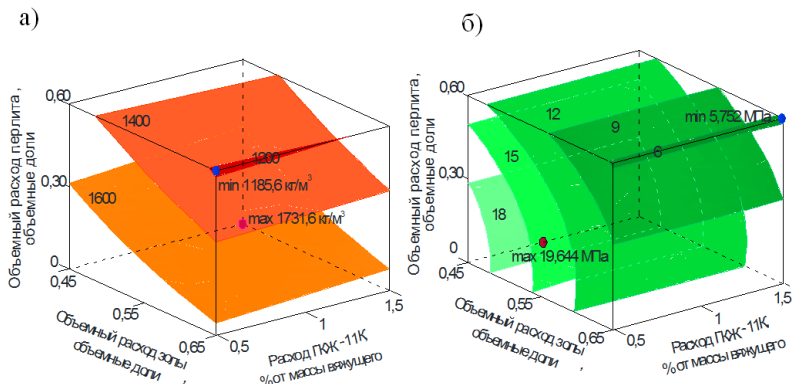


Рис.1. Влияние варьируемых факторов на плотность (а) и прочность при сжатии в сухом состоянии (б) золоперлитобетона

Максимальное значение плотности  $1732 \text{ кг/м}^3$  наблюдается при минимальном расходе заполнителей: золы  $0,45 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , отсутствии перлита при расходе гидрофобизатора  $1,5 \%$ .

Минимальное значение плотности  $1186 \text{ кг/м}^3$  определено при максимальном расходе заполнителей: перлита  $0,60 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , золы  $0,65 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , при расходе гидрофобизатора  $0,5 \%$ .

С увеличением объемного расхода перлита с  $0$  до  $0,60 \text{ м}^3/\text{м}^3$  и золы с  $0,45 \text{ м}^3/\text{м}^3$  до  $0,65 \text{ м}^3/\text{м}^3$  прочность при сжатии в сухом состоянии снижается от  $19,64 \text{ МПа}$  до  $5,75 \text{ МПа}$  (рис. 1 б).

Максимальное значение прочности при сжатии  $19,64 \text{ МПа}$  наблюдается при расходе золы  $0,45 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , отсутствии перлита и расходе гидрофобизатора  $1 \%$  от массы вяжущего.

Теплопроводность стабильно уменьшается с увеличением содержания золы и перлита (рис. 2 а).

При увеличении объемного расхода золы от  $0,55 \text{ м}^3/\text{м}^3$  до  $0,65 \text{ м}^3/\text{м}^3$  теплопроводность меняется от  $0,455 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  до  $0,181 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Минимальное значение теплопроводности  $\lambda=0,181 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  обеспечивается при максимальных объемных расходах заполнителей: золы  $0,65 \text{ м}^3/\text{м}^3$  перлит –  $0,60 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Максимальное значение коэффициента размягчения  $0,720$  достигается при минимальном объемном расходе золы –  $0,45 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , максимальном объемном расходе перлита  $0,60 \text{ м}^3/\text{м}^3$  (рис. 2 б).

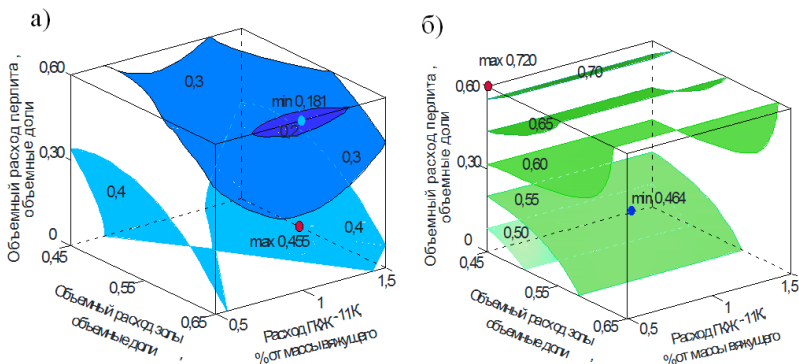


Рис. 2. Влияние варьируемых факторов на коэффициент теплопроводности (а) и коэффициент размягчения (б) золоперлитобетона

Оптимизационная задача решалась при следующих ограничениях критериев качества золоперлитобетона:

- водопоглощение  $W \leq 15\%$ ;
- коэффициент размягчения  $k_{\text{разм.}} \geq 0,7$
- коэффициент теплопроводности  $\lambda \leq 0,4 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

Оптимизационная задача решалась в программе Design-Expert при помощи изображения изолиний, ограничивающих оптимальную область по заданным критериям качества.

Согласно результатам программы, наиболее важными факторами в исследованном факторном пространстве являются зола и перлит. Третий по значимости фактор – ГКЖ-11К, так как при увеличении его расхода с 0,5% до 1,5% исследованная область практически не изменяется, поэтому для экономии гидрофобизатора рекомендуется использовать 0,5%.

Теплопроводность материала снижается на 15 % в том же диапазоне плотностей, по сравнению с гипсобетоном без заполнителей. Коэффициент размягчения данного материала увеличивается почти в 2 раза, что свидетельствует о повышении водостойкости.

Например, один из составов ЗПБ с заданными уровнями качества может быть получен, при комбинации таких факторов: объемный расход золы - до  $0,50 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , расход перлита –  $0,50\text{-}0,60 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , расходе гидрофобизатора - 0,5 %.

В тоже время в исследованной области существуют составы, которые позволяют получить материал прочностью  $R_{\text{сж}}=20,32 \text{ МПа}$  при

плотности  $\rho=1730 \text{ кг/м}^3$  с коэффициентом размягчения  $K_{\text{разм.}}=0,487$  и теплопроводностью  $\lambda=0,445 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , по сравнению с теплопроводностью  $\lambda=0,47 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  и коэффициентом размягчения  $K_{\text{разм.}}=0,36$  для чистого гипса.

### ***Вывод***

Таким образом, можно в довольно широком диапазоне управлять свойствами золоперлитобетона, получая материал плотностью от  $\rho=1160 \text{ кг/м}^3$  до  $\rho=1730 \text{ кг/м}^3$  с прочностью при сжатии от  $R_{\text{сж}}=4,76 \text{ МПа}$  до  $R_{\text{сж}}=20,32 \text{ МПа}$  и коэффициентом размягчения от  $K_{\text{разм.}}=0,466$  до  $K_{\text{разм.}}=0,789$ .

### **Summary**

**In the article studied the composite gypsum and cement basis with perlite and fly ash fillers with improved performance. The presented results of mathematical modeling and optimization of ashperlitconcrete.**

### ***Литература***

1. 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.
2. Коровяков В.Ф. Перспективы применения водостойких гипсовых вяжущих в современном строительстве // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий : матер. Всеросс. семинара. М.: 2002. С. 51—56.
3. Волженский А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия /А.В. Волженский, В.И. Стамбулко, А.В. Ферронская. – М.: Стройиздат, 1971. – 318 с.
4. Гасан Ю.Г. Особливості складу та структуроутворення композитів на основі енергозберігаючої модифікованої зологіпсоцементної в'язучої речовини для виготовлення виробів зовнішнього опорядження будинків /Ю.Г. Гасан, Г.В. Кучерова, О.В. Сергієнко // Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка», Київ: Товариство «Знання» України, 2013р.- Вип. №48.- С.122-127.
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.