

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/м³.

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/м³ 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 "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, теплопроводность и коэффициент размягчения ЗПБ оказывает объемный расход золы и перлита (рис.1-2).

С увеличением объемного расхода перлита с 0 м³/м³ до 0,60 м³/м³ плотность ЗПБ снижается от 1730 кг/м³ до 1185 кг/м³. Также значительное влияние на плотность в исследованном факторном пространстве оказывает расход золы и в меньшей степени - расход гидрофобизатора.

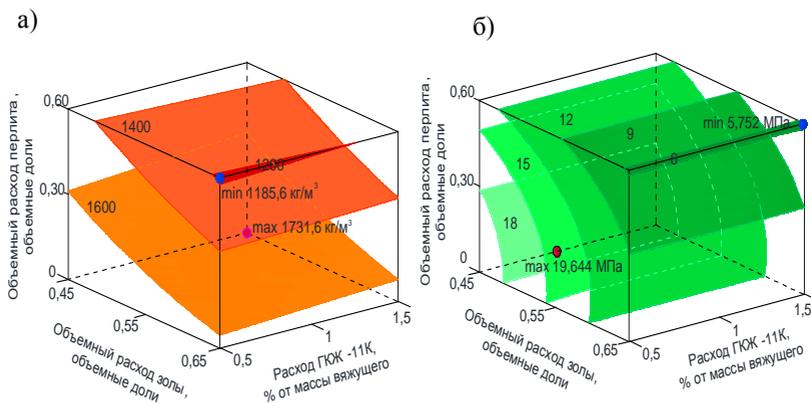


Рис.1. Влияние варьируемых факторов на плотность (а) и прочность при сжатии в сухом состоянии (б) золоперлитобетона

Максимальное значение плотности 1732 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 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).

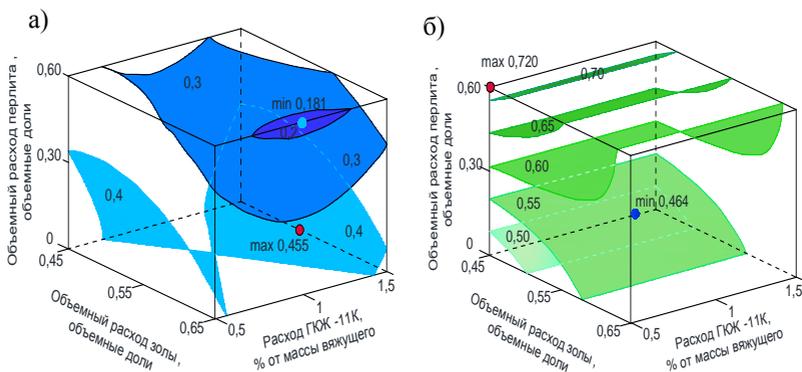


Рис. 2. Влияние варьируемых факторов на коэффициент теплопроводности (а) и коэффициент размягчения (б) золоперлитобетона

Оптимизационная задача решалась при следующих ограничениях критериев качества золоперлитобетона:

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

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 – $0,50-0,60 \text{ м}^3/\text{м}^3$, 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 $\rho=1730 \text{ кг}/\text{м}^3$ с коэффициентом размягчения $K_{\text{разм.}}=0,487$ и теплопроводностью $\lambda=0,445 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, по сравнению с теплопроводностью $\lambda=0,47 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ 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 $R_{сж}= 4,76 \text{ МПа}$ до $R_{сж}= 20,32 \text{ Мпа}$ и коэффициентом размягчения от $K_{разм}=0,466$ до $K_{разм}=0,789$.

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 ashperliteconcrete.

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.
- Вознесенский В.А. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов/ В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, И.И. Николов// - К.: Будивельный, 1989.- С. 55-97.