

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПО ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА И СВОЙСТВ АРБОЛИТА
НА ПОЛИМЕРСИЛИКАТНО-ГИПСОВОЙ КОМПОЗИЦИИ (ПСГК)**

Бул макалада арболиттин (ПСГК арболити) курамынын жана касиеттеринин эксперименталдык-математикалык моделдери келтирилген.

В статье приведены экспериментально-математические модели состава и свойств арболита (арболита на ПСГК).

The experimental-mathematical models of the content and properties of arbolit (polymeric-sillicate-gypsum composition) are given in this article.

Оптимизация состава и свойств поризованного арболита на основе полимерсиликатно-гипсовой композиции (ПСГК) проведена по методике /1, 2, 3/.

На основе выполненных ранее исследований выбраны три фактора, варьируемые в эксперименте. Для изучения и оценки свойств композиционного материала (ПГСК) был поставлен трехфакторный эксперимент по плану В₃, где варьировались три рецептурных фактора: гипс X₁ - (40 ± 2)%; сечка соломы X₂ - (25 ± 2)% и полимерсиликатная композиция X₃ - (6 ± 2) %. Содержание компонентов в сырьевой смеси в указанных границах, исходя из предварительных исследований, обеспечивает физико-механические характеристики конструкционно-теплоизоляционного арболита, соответствующие ГОСТ 19222-84.

Параметрами оптимизации служили: прочность на сжатие (28 сут.), МПа – R_{сж} (Y₁); прочность на изгиб (28 сут), МПа – R_{изг} (Y₂); плотность, кг/м³ – ρ (Y₃). Критерием оптимизации была выбрана плотность – ρ (Y₃) ≥ 350 кг/м³ (табл. 1 и 2).

Таблица 1

План и выходные значения эксперимента по В₃

№	План эксперимента						Y ₁ R _{сж} (28 сут.), МПа	Y ₂ R _{изг} .(28 сут.), МПа	Y ₃ – Плотность, кг/м ³
	в нормализованных переменных			в натуральных переменных					
	x ₁	x ₂	x ₃	X ₁	X ₂	X ₃			
1	+	+	+	42	27	8	3,89	4,2	430

2	+	+	-	42	27	4	3,5	3,6	425
3	+	-	+	42	23	8	3,3	3,8	420
4	-	+	+	38	27	8	3,1	3,7	422
5	-	-	-	38	23	4	1,6	1,8	352
6	-	-	+	38	23	8	2,8	2,0	360
7	-	+	-	38	27	4	1,6	1,9	358
8	+	-	-	42	23	4	1,8	2,0	356
9	+	0	0	42	25	6	2,7	2,2	362
10	-	0	0	38	25	6	2,7	2,3	365
11	0	+	0	40	27	6	2,6	2,4	368
12	0	-	0	40	23	6	2,5	2,3	362
13	0	0	+	40	25	8	2,8	2,4	366
14	0	0	-	40	25	4	1,2	1,8	352
15	0	0	0	40	25	6	2,3	1,9	353

Таблица 2

Уровни варьирования факторов

Факторы Уровни	Гипс, % X_1	Сечка соломы, % X_2	Полимер-силикатная композиция, % X_3
-1	38	23	4
0	40	25	6
+1	42	27	8

По результатам эксперимента были рассчитаны коэффициенты математических моделей прочности на сжатие, изгиб и плотности полимерсиликатно-гипсовой композиции. С учетом ошибок эксперимента $S\{R_{сж}\}=0,13$; $S\{R_{изг}\}=0,1$ и расчета коэффициентов моделей они имеют вид /3, 4, 5 /.

Прочность на сжатие, МПа:

$$R_{сж}=1,5+0,22x_1+0,34x_1^2+0,25x_1 \cdot x_3 +0,17x_2+0,39x_2^2+0,05x_2 \cdot x_3 +0,32x_3-0,06x_3^2 \quad (1)$$

Прочность при изгибе, МПа:

$$R_{изг}=1,91+0,41x_1+0,34x_1^2+0,03x_1 \cdot x_2+0,05x_1 \cdot x_3 +0,39x_2+0,44x_2^2+0,2x_2^2 \cdot x_3 +0,5x_3+0,19x_3^2 \quad (2)$$

Плотность, кг/м³:

$$\begin{aligned} \rho = & 349,8 + 13,6x_1 + 14,4x_1^2 + 1,4x_1 \cdot x_2 - 0,4x_1 \cdot x_3 \\ & + 15,3x_2 + 15,9x_2^2 - 0,4x_2 \cdot x_3 \\ & + 1,5x_3 + 9,9x_3^2 \end{aligned} \quad (3)$$

По моделям прочности ПСГК [3] предварительно можно отметить, что все три фактора оказывают положительное влияние на прочностные показатели, о чем свидетельствуют положительные линейные эффекты в модели прочности на сжатие ($b_1=+0,22$; $b_2=+0,17$; $b_3=+0,32$) и изгиб ($b_1=+0,41$; $b_2=+0,39$; $b_3=+0,5$). Наибольшее влияние на прочностные характеристики ПСГК оказывает добавка гипса.

Однако содержание полимерсиликатной композиции (ПСК) должно быть оптимальным, на что указывает квадратичный эффект в модели прочности на сжатие ($b_{33}=-0,06$). Превышение оптимального значения ПСК приводит к незначительному повышению прочности.

Плотность ПСГК увеличивается и зависит в первую очередь от содержания сечки соломы ($b_2=+15,3$) и при введении гипса ($b_1=+13,6$).

Более наглядно влияние трех факторов на свойства ПСГК можно наблюдать на графических образах этих моделей (рис. 1).

Анализ графического образа модели (рис. 1) показал, что изменение прочности на сжатие при минимальном содержании гипса 38 % и ПСК 4 % незначительно. Здесь этот показатель растет от 1,4 до 2,2 МПа при повышении содержания сечки соломы от 23 до 27 %. Т.е. максимальное наполнение даже несколько повышает прочность ПСГК. На номограммах видно, что наблюдается тенденция повышения прочности на сжатие ПСГК при увеличении концентрации полимерсиликатной композиции от 6 до 8 %. Так, при содержании гипса 38 % ($x_1=-1$) прочность возрастает от 1,4 до 2,9 и более. Дальнейшее повышение содержания гипса до 40 % ($x_1=0$) существенного влияния не оказывает. А уже при 42 % ($x_1=+1$) наблюдается рост прочности на сжатие до 3,6 МПа, но при максимальной концентрации полимерсиликатной композиции 8 %. Таким образом, увеличение конструктивных прочностных свойств ПСГК наблюдается при одновременном увеличении содержания количества гипса до 42 % и концентрации полимерсиликатной композиции 8 %.

Из рис. 1 видно, что тенденция увеличения прочности на изгиб при изменении уровней трех факторов сохраняется как и в случае с прочностью на сжатие. Однако показатель прочности на изгиб при равных уровнях трех факторов, т.е. одинаковой рецептуры несколько выше.

При минимальном содержании гипса и полимерсиликатной композиции ($x_1=x_3=-1$) прочность на изгиб $R_{изг}$ составит до 2,2 МПа и максимальное $R_{изг}$ достигает 4,2 МПа, но при максимальном содержании последних ($x_1=x_3=+1$). Т.е. прочность возрастает более чем в два раза за счет регулирования количества гипса в полимерсиликатной композиции.

На номограммах изменения плотности ПСГК видно, что плотность материала не изменяется практически при 38- и 40%-ном содержании гипса (рис.2).

Увеличение содержания сечки соломы во всех случаях приводит к уплотнению композиции на 30 кг/м^3 . При содержании гипса 38 % и минимальной концентрации ПСК 4 %

увеличение сечки соломы от 23 до 27 кг/м² вызывает рост плотности от 350 до 380 кг/м³, что соответственно отвечает критерию оптимизации по плотности $\rho(Y_3)$ кг/м³. Только увеличение концентрации ПСК до 8 % обеспечивает композиции плотность ρ , равную 400 кг/м³. На нижней номограмме эта область незначительна и расположена в правом верхнем углу. При содержании гипса 40 % эта область не увеличивается. Далее по мере увеличения

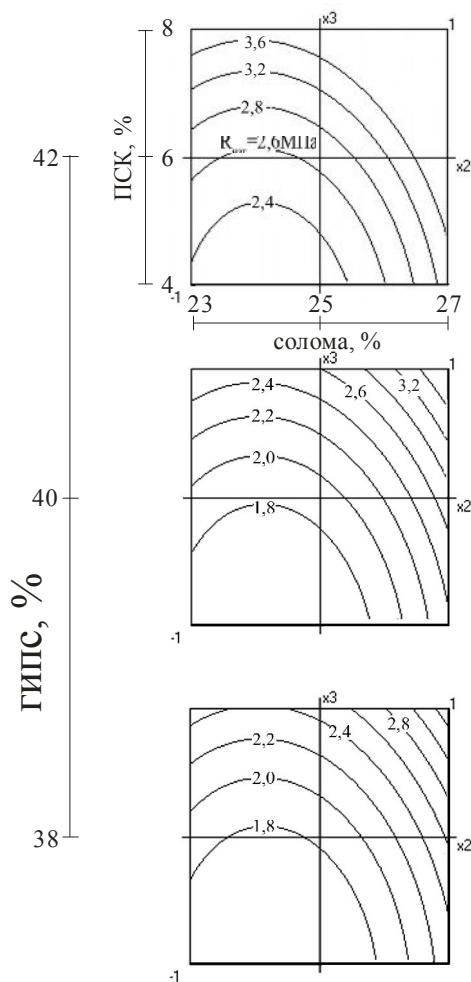


Рис. 1. Изолинии: прочности при изгибе, МПа, $R_{изг}=f(x_2, x_3)$; при $x_1=-1; 0; +1$
(содержание гипса)

содержания гипса до 42 %, сечки соломы 25-27 % и концентрации ПСК 6-8 % область допустимых значений плотности увеличивается (незаштрихованное поле).

Для принятия решения о составе ПСК по информации в моделях и проанализированных полях использовали графические методы определения допустимых зон и компромиссных решений /4, 5/.

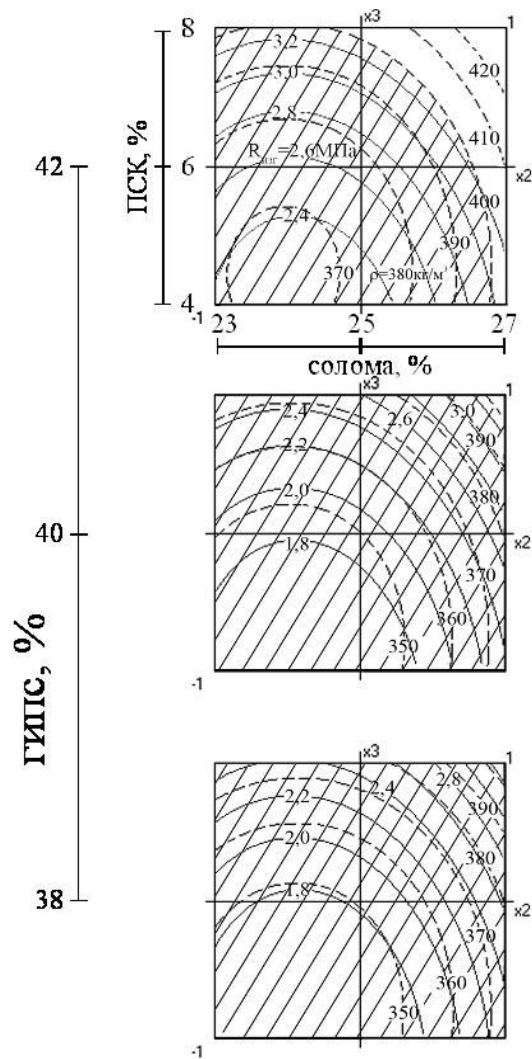


Рис. 2. Оптимальная область рецептурных факторов x_1 , x_2 , x_3 ПСКГ (незаштрихованное поле)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выровой В.Н., Абдыкалыков А.А. Моделирование и оптимизация структурообразования композиционных материалов. – Киев: Знание, 1985. – 16 с.
2. Абдыкалыков А.А., Вознесенский В.А., Мавлянов А.С., Лященко Т.В. Моделирование и оптимизация свойств композиционных строительных материалов. – Фрунзе: ФПИ, 1988. – 109 с.
3. Абдыкалыков А.А. Экспериментально-теоретические основы оптимизации реологических и прочностных свойств наполненных композиционных строительных материалов. – Бишкек: КГУСТА, 2000. – 252 с.
4. Вознесенский В.А., Лященко Т.В., Иванов Я.П. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов. – Киев: Будивельник, 1989. – 240 с.

5. Матыева А.К. Оптимизация состава и свойств поризованного арболита на основе местного сырья для сейсмостойкого строительства //Вестник КГУСТА. – Бишкек. – 2008. – № 4. – С. 189-204.