

Кузьмин Сергей Иванович,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: sergey.kuzmin@mail.ru

Голышев Александр Олегович,
магистрант, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: pgs@angtu.ru

МОДЕЛЬ ПЛОТНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КАУСТИЧЕСКОГО МАГНЕЗИТА

Kuzmin S.I., Golyshev A.O.

DENSITY MODEL OF COMPOSITE MATERIAL BASED ON MAGNESIA BINDER

Аннотация. В работе представлена математическая модель плотности композиционно-го строительного материала от состава и характеристики затворителя.

Ключевые слова: магнезит, магнезиальное вяжущее, заполнитель, композит, строительный материал.

Abstract. The paper presents a mathematical model of the density of the composite building material from the composition and characteristics of the shutter.

Keywords: magnesite, magnesia binder, aggregate, composite, building material.

Большое количество накопившихся отходов целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности (опилки, щепа, лигнин) создают не только экологическую проблему, но и могут служить исходным сырьём для строительных материалов: конструктивных – балабановский брус, отделочных и декоративных. Основной проблемой в производстве таких материалов является отсутствие эффективного вяжущего. Применение химических связующих (формальдегидных смол) не отвечает условиям санитарной безопасности, а обычные минеральные вяжущие типа портландцемента не обладают удовлетворительной адгезией с органическими составляющими. В то же время использование органических отходов, в особенности древесных, обеспечивает получение практически универсальных материалов по своим механическим и тепло- и звукоизоляционным свойствам.

Одним из наиболее перспективных минеральных вяжущих, способных заменить химические смолы в композитных изделиях, является магнезитовый материал [1]. Обладая хорошей адгезией с древесиной, магнезиальный порошок является не только нейтральным по воздействию на окружающую среду, но и по некоторым исследованиям способствует созданию благоприятной для человека обстановки внутри помещений, интерьер которых выполнен из подобного материала [2].

Широкому использованию изделий на основе магнезиальных вяжущих препятствуют два основных обстоятельства. Во-первых – сложность в получении вяжущего с высоким содержанием окиси магния, и, во-вторых – высокая стоимость хлористого магния, раствором которого затворяется композиционный

материал для получения удовлетворительных механических свойств и ускорения процесса набора прочности.

Первое препятствие может быть преодолено использованием в качестве вяжущего материала отхода производства периклаза – каустического магнезита. Как показывает опыт этого производства на Восточно-Сибирском заводе огнеупоров, содержание окиси магния в каустическом магнезите, осаждаемом на электрических фильтрах, доходит до 80%, что вполне соответствует стандарту для вяжущих марок ПМК-75 и ПМК-80 [1].

Вторая проблема хотя и не устранима полностью в силу неуправляемости процесса ценообразования, но конечная стоимость композиционного материала может быть минимизирована за счёт оптимизации количества и концентрации хлористого магния.

В настоящей работе представлены результаты исследования влияния составляющих композитного материала на основе древесных отходов (опилок), каустического магнезита (содержание MgO – 78,6%) с затворением водным раствором $MgCl$ на его плотность.

Целью исследований было составление модели зависимости плотности материала от массового отношения частей вяжущего и твёрдого заполнителя В/З, отношения частей вяжущего и затворителя В/Р и плотности затворителя ρ , зависящей от концентрации хлористого магния в водном растворе. Характеристика компонентов в материале приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика входных факторов

Наименование управляемого параметра (фактора)	Ед. изм.	Обозначение (код)	Уровни варьирования	
			Верхний (+1)	Нижний (-1)
Отношение массовых частей вяжущего и затворителя	-	В/Р (x_1)	1/1	1/1,3
Отношение массовых частей вяжущего и древесного заполнителя	-	В/З (x_2)	3/1	2/1
Плотность раствора хлористого магния (затворителя)	г/м ³	ρ (x_3)	1,2	1,05

Плотность материала ρ_m является определяющей для механических и теплотехнических показателей.

Получение зависимости целевой функции от управляемых факторов проводилось по методу планирования многофакторных экспериментов [3]. В качестве плана проведения исследований выбран план полного факторного экспе-

римента с варьированием управляемых (входных) параметров на двух уровнях (таблица 1), позволяющего получить неполную квадратичную модель процесса:

$$\hat{\rho}_m = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (1)$$

где b_i – численный коэффициент;

x_i – управляемый параметр модели (входной фактор) в кодовом обозначении

$i=1,2,3$.

Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты реализации экспериментов по плану ПФЭ 2^3

№ опыта	Матрица плана (в координатах -1 - +1)			Плотность материала кг/см ³ в опыте			Средняя плотность	Дисперсия вос- производимости
	В/Р	В/З	ρ	1	2	3	$\bar{\rho}_m$	
1	-1	+1	-1	1,22	1,25	1,22	1,23	0,0003
2	+1	+1	-1	1,06	0,98	1,00	1,04	0,0028
3	-1	-1	-1	0,95	0,87	0,97	0,93	0,0028
4	+1	-1	-1	0,80	0,76	0,82	0,76	0,0016
5	-1	+1	+1	1,28	1,27	1,26	1,26	0,00045
6	+1	+1	+1	1,23	1,26	1,23	1,24	0,0003
7	-1	-1	+1	1,14	1,25	1,15	1,18	0,00037
8	+1	-1	+1	0,95	0,93	1,00	0,96	0,0013

Расчет коэффициентов производится по [3] и получены следующие значения:

$$b_0 = 1,063; b_1 = -0,0875; b_2 = 0,105; b_3 = 0,00725; b_{12} = 0,022; b_{13} = 0,015; b_{23} = -0,025; b_{123} = 0,025.$$

Среднее значение дисперсии $\bar{S}_y^2 = 0,0016$. Табличное значение критерия Стьюдента для принятого уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $f_y = 16$ составляет $t_{(16; 0,05)} = 2,12$. Дисперсия S_{bi}^2 одинаковая для всех коэффициентов составит: $S_{bi}^2 = 0,0016/8 = 0,0002$. Критическое значение коэффициентов в уравнении регрессии $b_{кр1} = 2,12 \cdot 0,014 = 0,029$. Следовательно, коэффициенты $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ можно считать незначимыми и исключить из модели. Тогда имеем следующее выражения для описания зависимости плотности материала от его компонентов в натуральной системе координат:

$$\rho_m = 0,124 - 0,76 \cdot \text{В/Р} + 0,967 \cdot \rho - 0,21 \cdot \text{В/З} \quad (2)$$

Данное линейное уравнение адекватно экспериментальным значениям при доверительной вероятности $p = 0,95$ и дисперсии воспроизводимости процесса $s^2 = 0,0016$ с дисперсией адекватности 0,0057.

На рисунке 1 представлены зависимости влияния входных факторов на целевую функцию.

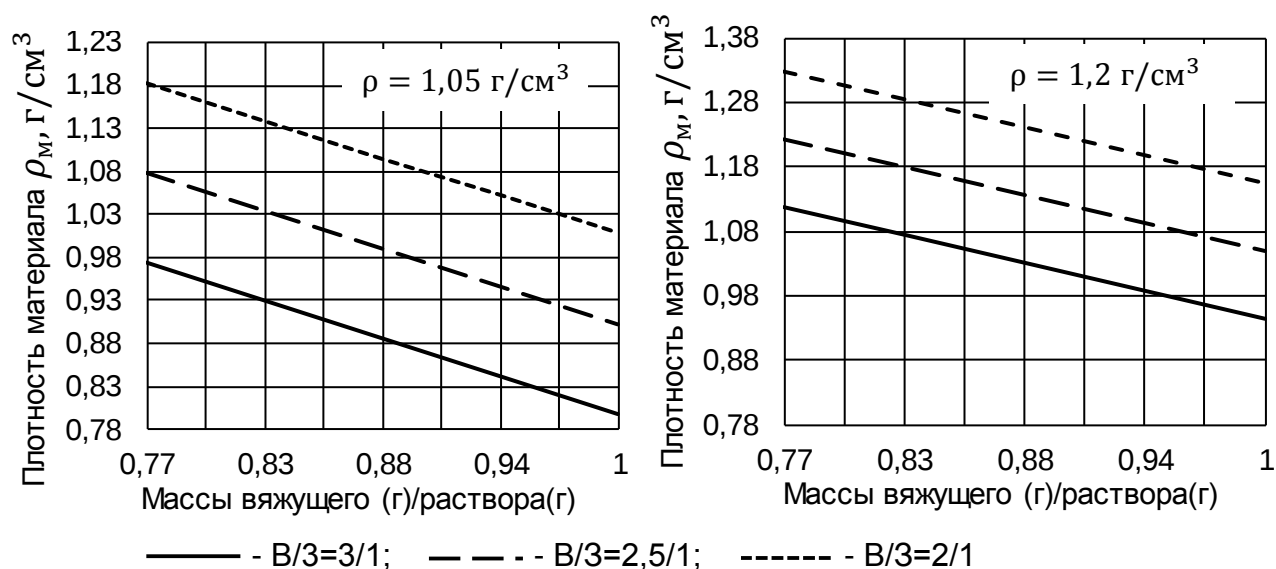


Рисунок 1 – Зависимость плотности материала от соотношения массовых частей каустического магнезита и раствора хлористого магния

Уменьшение концентрации раствора хлористого магния в вяжущем имеет устойчивую тенденцию к снижению плотности конечного материала независимо от соотношения массовых частей вяжущего и заполнителя и концентрации самого затворителя. Изменяется только интенсивность снижения. Так, при плотности затворителя $\rho = 1,05 \text{ кг/м}^3$ плотность снижается на (16-12) %, при возрастании концентрации ($\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$) материал становится не только более плотным, но и менее чувствительным к изменению доли хлористого магния в исходных компонентах (11-13) %

По полученной модели можно проводить оптимизацию состава композитного материала с целью получения заданных характеристик при приемлемых расходах дорогостоящих компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Российская Федерация. Стандарты.** ГОСТ 1216-87. «Порошок магнезитовый каустический».
2. **Хорошавин, Л.Б.** Зарубежный рынок магнезиального сырья. Плавленный, спеченный и каустические периклазовые порошки из природного сырого магнезита и брусита / Л.Б. Хорошавин, В.А. Кононов – Текст: непосредственный // Огнеупоры и техническая керамика. – 1994. – № 3. – С. 24-31.
3. **Вознесенский, А.В.** Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / А.В. Вознесенский. – Москва: Финансы и статистика, 1981. – 263 с. – Текст: непосредственный.