

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТАВА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПО МЕТОДУ СИМПЛЕКС-РЕШЕТЧАТЫХ ПЛАНОВ ШЕФФЕ

The article is about complex mark of more effective the fluid glass and Na_2SiF_6 on the method of simplex-crossing plan of Sheffe.

Сегодня все больше внимания уделяется развитию производства композиционных материалов на основе древесины. В результате поисковых исследований на кафедре разработан композиционный материал, который обладает повышенной био- и огнестойкостью и не является токсичным [1].

В качестве наполнителя использовались опилки с фракцией 5/2 и влажностью $10 \pm 2\%$. В качестве связующего применялось жидкое стекло с плотностью 1450 кг/м^3 и модулем 3,21. Модификатором жидкого стекла служил кремнефторид натрия [2].

С целью комплексной оценки влияния соотношений компонентов смеси на физико-механические свойства получаемого материала был использован метод симплекс-решетчатого планирования Шеффе, позволяющий получить диаграммы «состав – свойство» [3].

При планировании эксперимента предполагалось, что изучаемое свойство является непрерывной функцией аргументов и может быть с достаточной точностью представлено полиномом [3].

Факторное пространство при изучении свойств составов, зависящих только от соотношения компонентов, представляет собой правильный $(q-1)$ -мерный симплекс. При этом для системы выполняется соотношение

$$\sum_{i=1}^q x_i = 1,$$

где $x_i \geq 0$ – концентрация компонентов; q – количество компонентов.

Планы Шеффе [3] обеспечивают равномерный разброс экспериментальных точек по $(q-1)$ -мерному симплексу, которые представляют (q, n) -решетку на симплексе, где n – степень полинома.

Для описания зависимости показателей прочности и водоразбухания получаемого материала от соотношения компонентов состава был принят полином полного третьего порядка. Он обеспечивает достаточную степень кривизны поверхности отклика и имеет следующий вид:

$$y = b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{123} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3.$$

Матрица планирования эксперимента представлена в табл. 1.

В ходе реализации матрицы планирования эксперимента определялись такие свойства ДСтП, как предел прочности при статическом изгибе ($Y\sigma_n$), растяжении перпендикулярно пласти плиты ($Y\sigma_p$), выдергивании шурупов из пласти плиты ($Y\sigma_{пл}$) и выдергивании шурупов из кромки плиты ($Y\sigma_{кр}$).

Результаты экспериментальных исследований, проведенных на основании данных, представленных в табл. 1, даны в табл. 2.

Расчет коэффициентов регрессии и построение диаграмм состав – свойство выполнялись с помощью ПЭВМ по программе «Statistic. Version 5.00». В результате получены следующие уравнения регрессии для исследуемых свойств композиционного материала:

предел прочности при статическом изгибе

$$Y\sigma_n = 6,925 \cdot x_1 + 6,379 \cdot x_2 + 6,116 \cdot x_3 - 5,184 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,808 \cdot x_1 \cdot x_3 - 3,589 \cdot x_2 \cdot x_3 + 54,315 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3;$$

Матрица планирования эксперимента полного третьего порядка

№ опыта	Компоненты						Функция отклика
	В кодированных величинах			В натуральных величинах			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	
1	1	0	0	110	60	14	У ₁
2	0	1	0	90	80	14	У ₂
3	0	0	1	90	60	18	У ₃
4	2/3	1/3	0	103,3	66,7	14	У ₄
5	1/3	2/3	0	96,6	73,36	14	У ₅
6	0	2/3	1/3	90	73,36	15,3	У ₆
7	0	1/3	2/3	90	66,7	16,6	У ₇
8	2/3	0	1/3	103,3	60	15,3	У ₈
9	1/3	0	2/3	96,6	60	16,6	У ₉
10	1/3	1/3	1/3	96,6	66,7	15,3	У ₁₀

Примечание. X₁ – доля опилок, мас. ч; X₂ – доля жидкого стекла, мас. ч; X₃ – доля кремнефторида натрия, мас. ч.

Таблица 2

Результаты исследований матрицы планирования эксперимента

№ опыта	Предел прочности композиционного материала, МПа			
	При статическом изгибе У _{σ_н}	При растяжении перпендикулярно пласти плиты У _{σ_р}	При выдергивании шурупов из пласти плиты У _{σ_{пл}}	При выдергивании шурупов из кромки плиты У _{σ_{кр}}
1	6,9	0,47	85	53
2	6,48	0,40	48	40
3	6,04	0,36	46	39
4	5,8	0,31	72	45
5	5,2	0,30	46	37
6	5,4	0,37	40	39,8
7	5,5	0,40	31,2	28
8	6,7	0,42	59	42
9	6,8	0,48	75	47
10	7,6	0,49	80	49

предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты

$$У_{\sigma_p} = 0,381 \cdot x_1 + 0,39 \cdot x_2 + 0,36 \cdot x_3 + 0,021 \cdot x_1 x_2 + 0,111 \cdot x_1 x_3 + 0,092 \cdot x_2 x_3 - 1,395 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3;$$

предел прочности при выдергивании шурупов из пласти плиты

$$У_{\sigma_{пл}} = 82,81 \cdot x_1 + 47,21 \cdot x_2 + 48,981 \cdot x_3 - 27,043 \cdot x_1 x_2 + 4,971 \cdot x_1 x_3 - 56,229 \cdot x_2 x_3 + 783,9 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3;$$

предел прочности при выдергивании шурупов из кромки плиты

$$У_{\sigma_{кр}} = 52,143 \cdot x_1 + 41,114 \cdot x_2 + 38,743 \cdot x_3 - 25,329 \cdot x_1 x_2 - 4,243 \cdot x_1 x_3 - 27,129 \cdot x_2 x_3 + 305,1 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3;$$

На рис. 1–4 представлены графические диаграммы «состав – свойство» для всех исследуемых показателей, построенные на основании полученных уравнений регрессии. Как следует из рисунков, наиболее оптимальным содержанием компонентов в составе,

обеспечивающем улучшение показателей прочности плит, является состав, содержащий 92–98% опилок, 64–70% жидкого стекла и 14,8–16,6% кремнефторида натрия. Таким образом, применение симплекс-решетчатых планов Шеффе позволило определить оптимальное соотношение компонентов в составе для направленного улучшения свойств композиционных материалов на основе опилок, жидкого стекла и кремнефторида натрия.

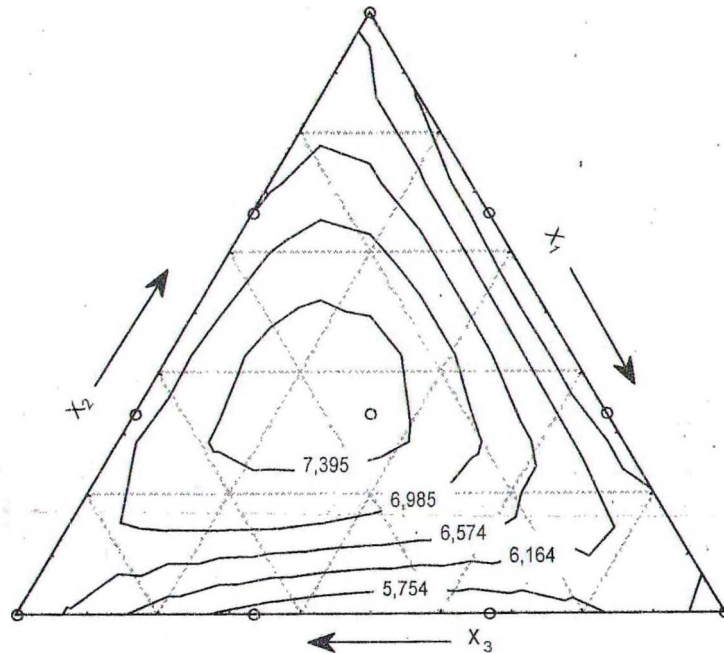


Рис. 1. Предел прочности при статическом изгибе. Состав: опилки (X_1), жидкое стекло (X_2), кремнефторид натрия (X_3)

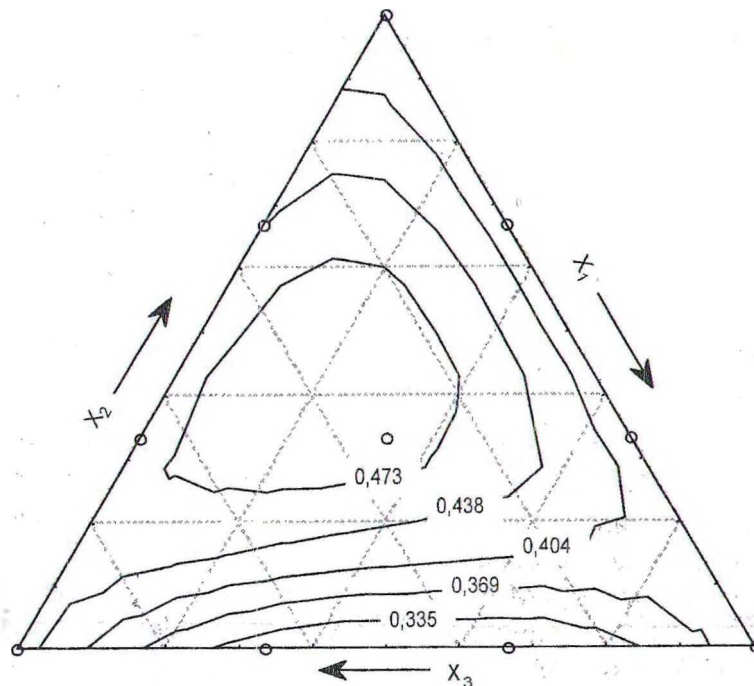


Рис. 2. Предел прочности при разрыве перпендикулярно пласти. Состав: опилки (X_1), жидкое стекло (X_2), кремнефторид натрия (X_3)

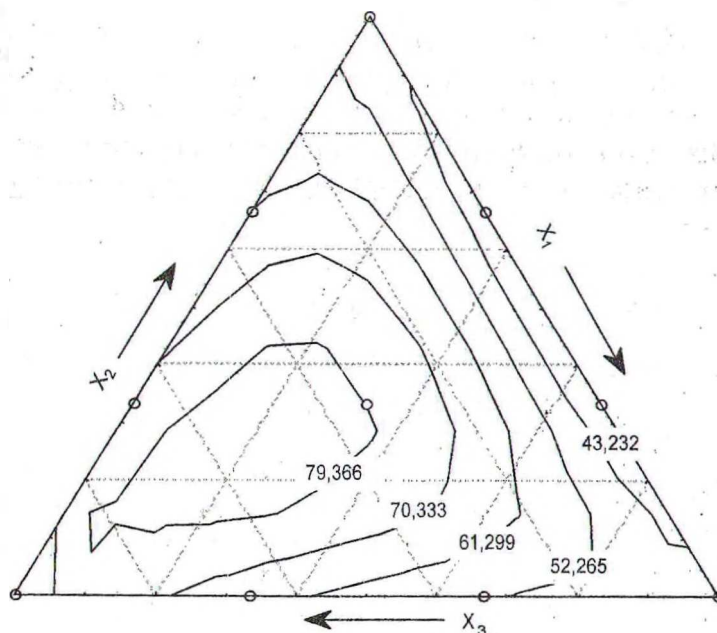


Рис. 3. Удельное сопротивление выдергиванию шурупов из пласти. Состав: опилки (X_1), жидкое стекло (X_2), кремнефторид натрия (X_3)

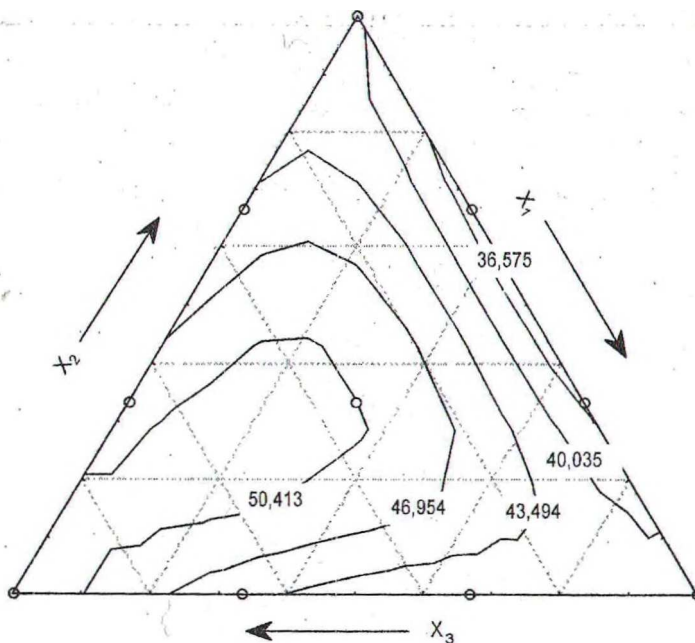


Рис. 4. Удельное сопротивление выдергиванию шурупов из кромки. Состав: опилки (X_1), жидкое стекло (X_2), кремнефторид натрия (X_3)

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубовская Л.Ю., Вихров Ю.В. Определение оптимального количества кремнефторида натрия, вводимого в жидкое стекло для его отверждения при получении ДСтП // Труды БГТУ. Серия II. Лесн. и деревообаб. пром-сть. – Мн.: БГТУ, 1997.
2. Григорьев П.Н., Матвеев М.А. Растворимое стекло. – М.: Промстройиздат, 1956.
3. Рузинов Л.П., Слободчикова Р.И. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1980.