

Т. В. Соловьева, профессор; Т. П. Шкирандо, науч. сотрудник; Т. А. Снопкова, мл. науч. сотрудник;  
Е. В. Дубоделова, мл. науч. сотрудник; И. А. Хмызов, доцент

### СОКРАЩЕНИЕ РАСХОДА ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

The opportunity of lowering of expense of phenol-formaldehyde oligomers, used as the strengthening additive by manufacture of fibreboards due to overlapping with the modified starch is shown.

В настоящее время белорусские предприятия по выпуску древесноволокнистых плит (ДВП) мокрым способом в качестве упрочняющей добавки используют резольные фенолоформальдегидные олигомеры различных марок, из которых СФЖ-3014 нашла наиболее широкое применение [1–3]. При этом расход смолы составляет в среднем 52–62 кг/1000 м<sup>2</sup> (0,8–1,2% от массы а. с. в.). В связи с тем, что фенолоформальдегидные олигомеры импортируются в Республику Беларусь из-за рубежа, стоимость упрочняющей добавки в структуре себестоимости ДВП составляет довольно большую величину. Поэтому сокращение их расхода является весьма актуальной задачей.

С этой целью на кафедре химической переработки древесины БГТУ была разработана технология, позволяющая снизить расход синтетических олигомеров до 40% путем их совмещения с модифицированным природным гидрофильным полимером отечественного производства – крахмалом. Известно, что механизм упрочнения древесных плит фенолоформальдегидными смолами основан на поликонденсационных или полимеризационных превращениях с участием функциональных групп компонентов древесного комплекса и метилольных групп олигомеров [4, 5]. При введении в состав связующего дополнительного компонента – крахмала в макромолекулах резольных олигомеров

могут образовываться дополнительные функциональные группы, которые повысят реакционную способность связующего и, как следствие, создадут возможность снижения расхода фенолоформальдегидной смолы с сохранением прочностных показателей плит.

Для проведения исследований в лабораторных условиях использовали картофельный крахмал в виде модифицированного клейстера 4%-ной концентрации. Ферментативную обработку нативного крахмала проводили препаратом BAN 480 L (Novozymes, Германия). Фермент амилолитического действия гидролизует 1-4-альфа-глюкозидные связи в амилозе и амилопектине крахмала. Предполагается, что в процессе горячего прессования ДВП снижаются стерические затруднения в ходе реакции конденсации амилозы и амилопектина с фенолоформальдегидной смолой. Для определения оптимального соотношения компонентов связующего был реализован многофакторный эксперимент на основе плана Коно [6]. Варьировали два фактора: X1 – расход крахмала в интервале от 0,5 до 1,1% к а. с. в.; X2 – расход фенолоформальдегидной смолы марки СФЖ-3014 в интервале от 0,5 до 0,9% к а. с. в. Гидрофобизирующие добавки для чистоты эксперимента не вводили. Критериями оптимизации являлись предел прочности при изгибе (Y1), разбухание (Y2). Полный план эксперимента представлен в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость физико-механических свойств ДВП от расхода смолы и крахмала

№ опыта	Расход крахмала X1, %	Расход смолы X2, %	Предел прочности при изгибе Y1, МПа	Разбухание Y2, %
1	0,5	0,5	34,8	29,1
2	0,5	0,7	44,1	34,2
3	0,5	0,9	49,6	28,4
4	0,8	0,5	44,2	36,1
5	0,8	0,7	39,9	38,9
6	0,8	0,9	45,0	31,9
7	1,1	0,5	33,6	31,6
8	1,1	0,7	37,8	32,5
9	1,1	0,9	38,1	28,5

Обработка данных в среде Excel подтвердила достаточную стабильность показателей. После реализации плана эксперимента были получены математические модели, адекватно описывающие зависимость физико-механических свойств ДВП от расхода смолы и крахмала. Были получены следующие уравнения регрессии 2-го порядка:

а) для предела прочности при изгибе:

$$Y1 = -4,825\ 231 + 79,003704 \cdot x1 + 41,3 \cdot x2 - 43,166\ 67 \cdot x1 \cdot x2 - 37,092\ 59 \cdot (x1)^2 + 7,041667 \cdot (x2)^2;$$

б) для разбухания:

$$Y2 = -55,204\ 954 + 77,967\ 593 \cdot x1 + 190,950\ 000 \cdot x2 - 9,9166\ 67 \cdot x1 \cdot x2 - 45,8148\ 15 \cdot (x1)^2 - 136,708\ 333 \cdot (x2)^2.$$

С применением пакета MathMAD были построены двумерные сечения поверхностей отклика уравнений регрессии для исследуемых показателей (см. рисунок).

Анализ поверхности отклика основного показателя, свидетельствующего об эффективности применения нового связующего, – предела прочности при изгибе показал, что при варьировании расходов крахмала в пределах от 0,5 до 0,7% и фенолоформальдегидной смолы от 0,5 до 0,9% предел прочности при изгибе возрастает и соответствует требованиям ГОСТ 4598. При этом необходимо стремиться к минимальным значениям разбухания. Однако наибольшие значения разбухания наблюдаются в интервале расходов дополнительного компонента связующего 0,6–0,95%, смолы 0,57–0,76%.

Учитывая сложный характер факторов на показатели качества, задачу оптимизации параметров технологического процесса решали с применением пакета Eureka. Доверительная вероятность составила 96,8%.

В результате были установлены следующие оптимальные расходы компонентов клеевой композиции:

– расход фенолоформальдегидной смолы марки СФЖ-3014 – 0,50%

– расход крахмала – 0,62%;

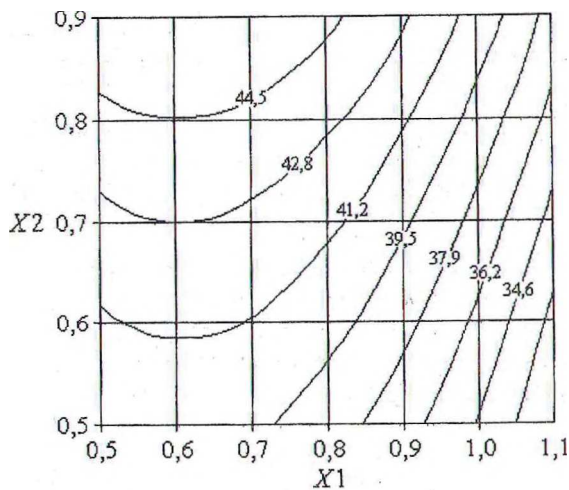
При этом достигаются следующие физико-механические показатели ДВП:

– предел прочности при изгибе ( $Y1$ ) – 40,1 МПа;

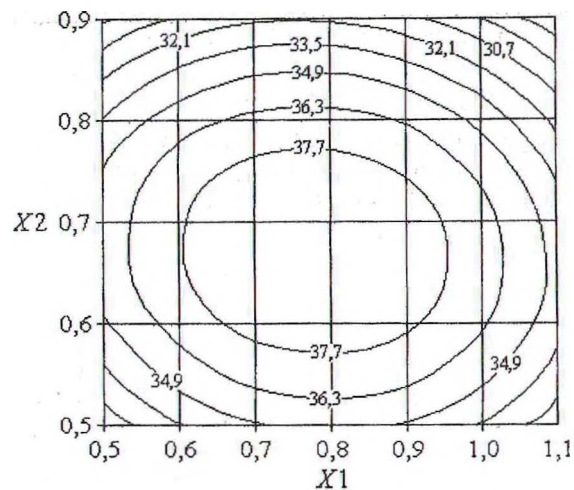
– разбухание ( $Y2$ ) – 36,7%.

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности использования крахмала в виде модифицированного клейстера в композиции связующего для ДВП. При этом появляется возможность значительного сокращения расхода фенолоформальдегидной смолы. Технология прошла апробацию в промышленных условиях цеха ДВП ОАО «Витебскдрев», который рабо-

тует непрерывно в две смены. Опытные промышленные испытания проводились в течение трех суток. С учетом посменной работы цеха было выпущено 5 опытных партий плит. Средний расход фенолоформальдегидной смолы составил 35 кг/1000 м<sup>2</sup> (0,54% к а. с. в.), крахмала – 7,1 кг/1000 м<sup>2</sup>.



а



б

Рисунок. Двумерные сечения поверхности отклика, отражающие зависимость физико-механических показателей ДВП от состава связующего:

а – для предела прочности при изгибе, МПа;

б – для разбухания, %

Физико-механические показатели плит, полученные при проведении промышленных испытаний, представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что свойства выпущенных с сокращенным расходом смолы плит, отобранных из опытных партий № 1, 2 и 4, соответствовали требованиям ГОСТ 4598 для марки Т-С группы А, опытные партии № 3 и 5 соответствуют ГОСТ 4598 для марки Т-С группы Б.

**Физико-механические показатели ДВП, полученных  
в период опытно-промышленных испытаний**

Показатель	Требования ГОСТ 4598 для марки Т-С		Показатели для плит, отобранных из опытных партий				
	гр. А	гр. Б	1	2	3	4	5
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	850–1000	800–950	940	930	920	950	890
Предел прочности при изгибе, МПа	Не менее 38	Не менее 33	40,5	39,8	36,8	40,4	36,6
Разбухание, %	Не более 20	Не более 23	19,7	19,8	22,8	19,9	23,0

Результаты лабораторных и промышленных испытаний показали целесообразность использования крахмала для сокращения расхода дорогостоящей импортной фенолоформальдегидной смолы.

#### Литература

1. Ребрин С. П., Мерсов Е. Д., Евдокимов В. Г. Технология древесноволокнистых плит. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 272 с.
2. Тришин С. П. Технология древесных плит. – М.: МГУЛ, 2002. – 188с.
3. Разиньков Е. М. Производство древесных плит и пластиков. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 1998. – 224 с.
4. Соловьева Т. В. Превращение компонентов лигноуглеводной матрицы в технологии древесноволокнистых плит: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.03. – Минск, 1998. – 259 с.
5. Пиргач А. А., Сомова А. И., Стехун А. И. Использование гидрофобизирующих и упрочняющих добавок в производстве древесноволокнистых плит // Обзор. информ. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987. – № 8. – 40 с.
6. Колесников В. Л. Математические основы компьютерного моделирования химико-технологических систем. – Минск: БГТУ, 2003. – 312 с.