

Введение Значительная прочность при малой плотности, сравнительно большая площадь листа, позволяющая выкраивать детали необходимого формата – все эти качества фанеры определили область ее применения как конструкционного материала строительного и поделочного значения. В настоящее время основные проблемы совершенствования технологии производства фанеры направлены на повышение экологичности процессов, а также на получение готового продукта с низкой токсичностью, повышенной долговечностью и с минимальной формоизменяемостью в условиях влажностно-температурных воздействий. Фанера – это гигроскопичный материал. Ее эксплуатация во влажной среде приводит к потере прочности, к формоизменяемости и биоповреждениям. Без специальной обработки фанерная продукция имеет ограниченный срок службы. Для производства фанеры повышенной водостойкости в России применяются фенолформальдегидные смолы (ФФС). Однако эти смолы токсичны и фанера на их основе согласно государственным стандартам запрещена к использованию внутри помещений. В то же время в последние годы можно наблюдать возрастающий интерес к улучшению качества пиломатериалов при помощи термообработки. При этом, как известно термомодифицированная древесина благодаря изменениям, прошедшим с ней на молекулярном, приобретает такие уникальные свойства, как повышенная водоотталкиваемость, низкая гигроскопичность, устойчивость к гниению и воздействию вредителей. Кроме того, в последние годы активно ведутся исследования в области создания композиционных материалов на основе термомодифицированной измельченной древесины. При этом исследований, направленных на повышение влагостойкой фанеры путем термообработки шпона до сих пор не проводилось. В связи с этим следует считать актуальной задачу исследования процесса контактного термомодифицирования шпона с последующим изготовлением из нее влагостойкой фанеры. Математическое описание процесса термомодифицирования древесного шпона Целью математического описания процесса термомодифицирования древесины является установление математической зависимости степени термомодифицирования березового шпона от температуры и времени обработки и от толщины образца. В эксперименте, проводимом в КНИТУ, был использован В-план второго порядка с полными факторными планами (ПФП) в ортогональной части для исследования влияния трех факторов на степень модифицирования шпона. Матрица этого плана для нормализованных факторов приведена в табл. 1. Таблица 1 – Матрица для нормализованных факторов № опыта x_1 x_2 x_3 $Y_{ср}$, Н 1 2 3 4 5 1 -1 -1 -1 0.35 2 -1 -1 +1 0.18 3 -1 +1 -1 0.84 4 +1 -1 -1 0.61 5 0 0 -1 0.72 6 0 0 +1 0.65 7 -1 0 0 0.44 8 +1 0 0 0.78 9 0 -1 0 0.44 10 0 +1 0 0.95 11 +1 +1 +1 0.99 12 +1 +1 -1 1 13 +1 -1 +1 0.4 14 -1 +1 +1 0.7 В В-планах второго порядка каждый фактор X_i , варьируется на трех уровнях, т. е. принимает в каждом опыте одно из трех значений: наименьшее $X_i \min$,

наибольшее $X_i \max$, среднее $X_{i0} = (X_{i\min} + X_{i\max})/2$. В нормализованных обозначениях эти уровни обозначаются, соответственно, (-1), (+1), 0.

Исследуемые факторы, их интервалы и уровни варьирования приведены в табл. 2.

2. Формулы, связывающие нормализованные и натуральные обозначения (см. формулу 1), будут в данном случае иметь следующий вид: $x_1 = (\tau - 20)/10$ $x_2 = (t - 230)/30$ $x_3 = (\delta - 1,5)/0,5$

(1) Выходная величина эксперимента - степень термомодифицирования шпона Q.

Опыты проводились на березовых образцах шпона. Число дублированных опытов равно трем.

Таблица 2 - Исследуемые факторы, их интервалы и уровни варьирования

Наименование фактора	Обозначение	Интервал варьирования фактора	Уровень варьирования фактора	Натуральное	Нормализованное
Время обработки, мин.	τ	10 10 20 30	Нижний (-1) Основной (0) Верхний (+1)	10 20 30	0 0 1
Температура обработки, °C.	T	200 230 260		200 230 260	0 0 1
Толщина шпона, мм	δ	0,5 1 1,5 2,0		0,5 1 1,5 2,0	0 0 1

В соответствии с найденным значением $n=5$ каждый опыт повторяется 3 раза. В 5 столбце табл. 1 приведены значения степени модифицирования, усредненные по трем дублированным опытам каждой серии.

Рассчитанные коэффициенты регрессии приведены во второй строке табл. 3.

Рассчитываем оценки дисперсий и ковариаций коэффициентов регрессии: $s^2 \{ b_0 \} = 0.40624/3 * 0.0036 = 0.0005$ $s^2 \{ b_i \} = 0.1/3 * 0.0036 = 0.0001$ $s^2 \{ b_{ii} \} = (0.5 - 0.09375)/3 * 0.0036 = 0.0005$ $s^2 \{ b_{ij} \} = 0.125/3 * 0.0036 = 0.0001$

В соответствии с методикой оценки значимости коэффициентов регрессии определено табличное значение t-критерия Стьюдента для числа степеней свободы $f_y = 28$. Из таблиц t-критерия для $q = 0,05$ найдено $t_{\text{табл}} = 2,05$. Для коэффициента b_0 имеем: $s \{ b_0 \} = (s^2 \{ b_0 \})^{1/2} = 0,0224$; $t_{\text{табл}} s \{ b_0 \} = 2,05 * 0,0224 = 0,0459$. Отсюда видно, что для коэффициента b_0 соотношение $b_i \leq t_{\text{табл}} s \{ b_i \}$ не выполняется, следовательно, он значим. Аналогичным образом установлена значимость всех линейных коэффициентов регрессии.

Таким образом, получено следующее уравнение регрессии:

$$Q = 0,6783 + 0,127x_1 + 0,25x_2 - 0,06x_3 + 0,0275x_2x_3 - 0,0169x_1^2 \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что реализация плана второго порядка позволяет описать зависимость выходной величины от каждого фактора в виде уравнения параболы.

Таблица 3 - Рассчитанные коэффициенты регрессии

Обозначение коэффициента регрессии	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	Оценка коэф-та регрессии
	0.68	0.13	0.25	-0.06	0.068	0.68 0.13 0.25 -0.06 0.068
Обозначение коэффициента регрессии	b_{23}	b_{13}	b_{11}	b_{22}	b_{33}	Оценка коэф-та регрессии
	-0.02	-0.01	-0.004	0.03	0.01	-0.02 -0.01 -0.004 0.03 0.01

Заключение Представленная модель позволяет прогнозировать процесс термомодифицирования шпона в зависимости от времени, температуры обработки и толщины материала. Из анализа уравнений регрессии следует, что при увеличении значений принятых переменных факторов увеличивается значения степени термомодифицирования. Анализ значений коэффициентов в уравнениях позволяет заключить, что продолжительность термообработки оказывает наибольшее влияние на выходные параметры процесса

термомодифицирования. На рис.1 представлены результаты апробации разработанной математической модели. а) Рис. 1 - Степень термомодифицирования шпона в зависимости от температуры термомодифицирования при толщине: а) 1 мм; б) 1,5 мм; в) 2 мм б) в) Окончание рис. 1