

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.815-41

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ВЫДЕЛЕНИЕ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ
ПРИ ПРЕССОВАНИИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. В. ВАСИЛЬЕВ, Б. В. РОШМАКОВ, Е. Е. КОМАРОВА,
Л. Н. НИКАНОРОВА, А. Г. ТИХОМИРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

При прессовании древесностружечных плит (ДСП) в результате отверждения связующего и сушки пакета выделяется смесь газообразных продуктов, основными компонентами которой являются вода, формальдегид и метанол [3, 4]. Известно, что изменение условий изготовления плит существенно влияет на их свойства [5], а также на количество выделяющихся газообразных продуктов. В свою очередь, от количества и состава газообразных продуктов зависят санитарные условия труда работающих в цехе и токсичность готовых ДСП. В литературе, мы не обнаружили данных о степени влияния технологических факторов производства плит на количественный состав газообразных продуктов.

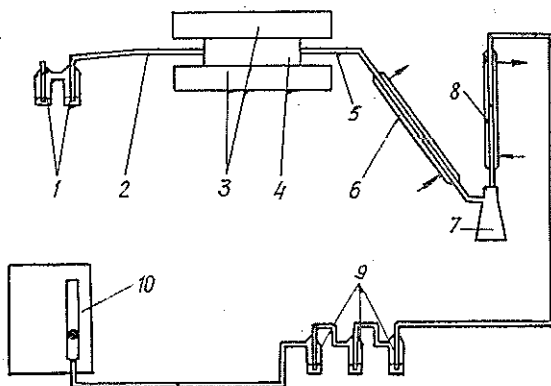
Цель настоящей работы — определить технологические факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на выделение воды, формальдегида и метанола при прессовании ДСП.

При проведении экспериментов 3-слойные плиты (размером 380 × 380 × 16 мм) изготавливали из стружки, полученной из березовых «карандашей» на лабораторном стружечном станке. После изготовления стружку дополнительно измельчали на молотковой дробилке. В качестве связующего использовали смолу КФ-МТ, имеющую следующие показатели: сухой остаток — 65,8 %, содержание метилольных групп — 17 %, содержание свободного формальдегида — 0,32 %, продолжительность желатинизации — 68 с. Прессование плит осуществляли в лабораторном прессе с автоматическим регулированием давления и температуры.

Для определения количества газообразных продуктов, выделяющихся из плиты при прессовании, и их анализа собрали установку, схема которой приведена на рис. 1.

Формирование, холодную подпрессовку и горячее прессование плит проводили в прессформе, состоящей из двух частей: металлического поддона с приваренными к нему по периметру ограничительными планками и металлического листа, накладываемого сверху. Для герметичности прессформы в ограничительных планках выбрали паз, в который перед прессованием укладывали фторопластовую прокладку. Отбор

Рис. 1. Схема установки для отбора газообразных продуктов, выделяющихся при прессовании ДСП. 1 и 9 — поглотители; 2 и 5 — штуцер; 3 — плиты пресса; 4 — прессформа; 6 — прямой холодильник; 7 — колба для сбора конденсата; 8 — обратный холодильник; 10 — аспиратор для отбора проб воздуха



газообразных продуктов со скоростью 2 л/мин начинали с момента достижения максимального давления и заканчивали после снятия давления в прессе. Смесь газов, выходящих из прессформы, пропускали через систему последовательно установленных поглотителей, наполненных дистиллированной водой в количестве 25, 10 и 5 мл. Полученный при прессовании конденсат, а также воду из поглотителей сливали в колбу с притертой пробкой, а затем в растворе определяли содержание формальдегида, метанола и воды. Полученные результаты относили к 100 г абс. сухой плиты, поэтому после прессования находили массу готовой плиты и ее влажность.

Содержание формальдегида в растворе определяли фотоколориметрически с использованием смеси ацетилацетона и уксуснокислого аммония для получения окрашиваемого продукта, содержание метанола — бихроматным методом [6], основанном на окислении метанола и формальдегида хромовой смесью до углекислоты. Количество воды, выделяющейся при прессовании, находили по разности между массой конденсата и массами формальдегида и метанола.

Для определения основных технологических факторов эксперимент проводили по методу «случайного баланса», который в составе методов математического планирования экспериментов входит в группу отсеивающих [1, 2].

Переменные факторы и уровни их варьирования приведены в табл. 1. Диапазон варьирования факторов описывает их колебания

Таблица 1

Фактор	Код	Верхний уровень (+)	Средней уровень (0)	Нижний уровень (-)
Плотность плиты, кг/м ³	X ₁	800	700	600
Доля наружных слоев в общем объеме плиты, %	X ₂	50	35	20
Количество связующего в слоях, %:				
наружных	X ₃	15	12,5	10
внутреннем	X ₄	10	8	6
Концентрация связующего, %	X ₅	60	55	50
Влажность стружки слоев, %:				
наружных	X ₆	6	4	2
внутреннего	X ₇	5	3	1
Количество отвердителя в слоях, %:				
наружных	X ₈	1,5	1,0	0,5
внутреннем	X ₉	3,0	2,0	1,0
Продолжительность прессования, мин/мм	X ₁₀	0,55	0,45	0,35
Температура прессования, °С	X ₁₁	200	170	140

Таблица 2

Номер опыта	Фактор											Количество на 100 г плиты		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	СН ₂ О, мг	СН ₃ ОН, мг	Н ₂ О, г
1	—	—	+	+	+	—	+	—	+	—	+	53,5	143	4,74
2	+	—	—	+	—	—	—	—	—	+	—	35,0	201	3,45
3	—	+	—	+	+	—	—	—	+	+	+	71,9	200	6,50
4	+	+	+	+	+	+	—	—	+	+	—	36,4	236	4,08
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	52,5	63	3,87
6	+	—	+	—	+	+	+	—	+	+	+	73,3	194	6,79
7	—	+	+	—	—	+	+	—	+	+	—	46,0	198	4,93
8	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	42,3	68	3,16
9	—	—	+	—	—	+	—	—	+	—	+	71,9	193	7,56
10	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	11,6	66	0,71
11	—	+	—	—	+	—	+	—	+	—	—	18,4	67	0,95
12	+	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—	12,5	102	1,07
13	—	—	—	+	+	+	—	—	+	—	+	71,6	205	6,70
14	—	—	+	+	—	—	+	+	+	—	+	49,7	141	3,78
15	—	+	+	+	—	—	—	—	+	+	—	45,1	233	4,73
16	+	+	—	+	+	+	+	+	—	—	—	14,1	108	0,61

в реальных условиях. Границы изменения фактора «продолжительность прессования» установили по результатам дополнительного эксперимента, в ходе которого плиты прессовали при наименее благоприятных условиях — высокой плотности плиты и влажности стружки, максимальном содержании связующего и минимальной температуре (опыт № 16, табл. 2). Минимально возможная продолжительность прессования, при которой в этом опыте не происходит расслоения плиты, составляет 0,35 мин/мм толщины готовой плиты. В связи с этим для всех опытов нижний уровень варьирования был принят равным 0,35 мин/мм.

В табл. 2 приведены матрица планирования отсеивающего эксперимента в кодированных переменных и результаты экспериментов.

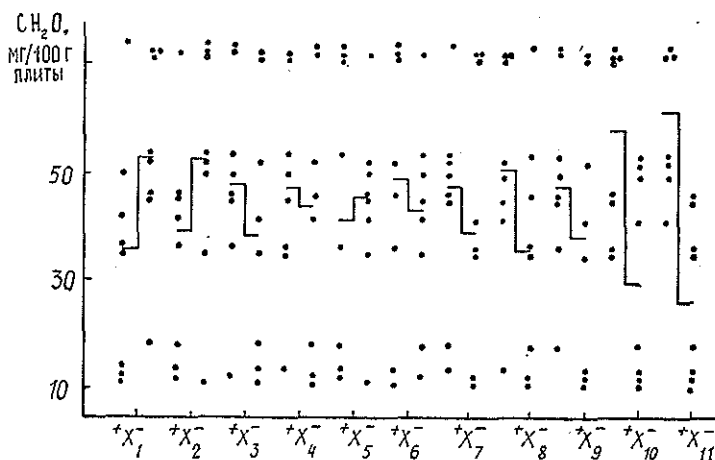


Рис. 2. Диаграмма рассеяния результатов экспериментов при определении влияния исследуемых факторов на количество выделяющегося формальдегида

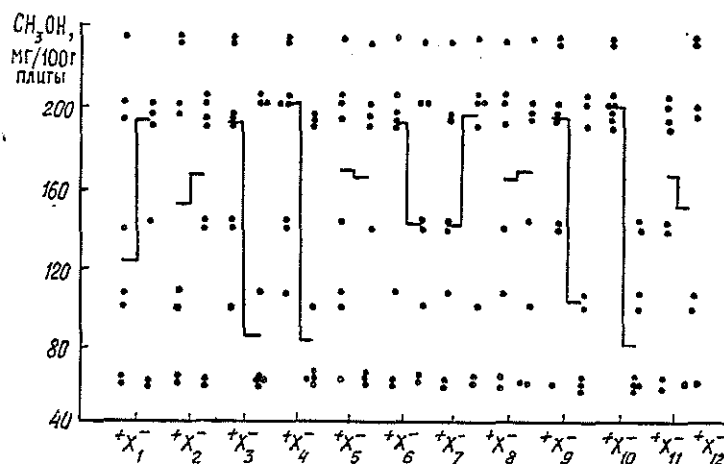


Рис. 3. Диаграмма рассеяния результатов экспериментов при определении влияния исследуемых факторов на количество выделяющегося метанола

На первом этапе обработки полученных результатов построили диаграммы рассеяния (рис. 2—4). Качественную оценку эффектов исследуемых факторов проводили визуально по разности медиан и по числу выделившихся точек. Для количественной оценки эффектов вы-

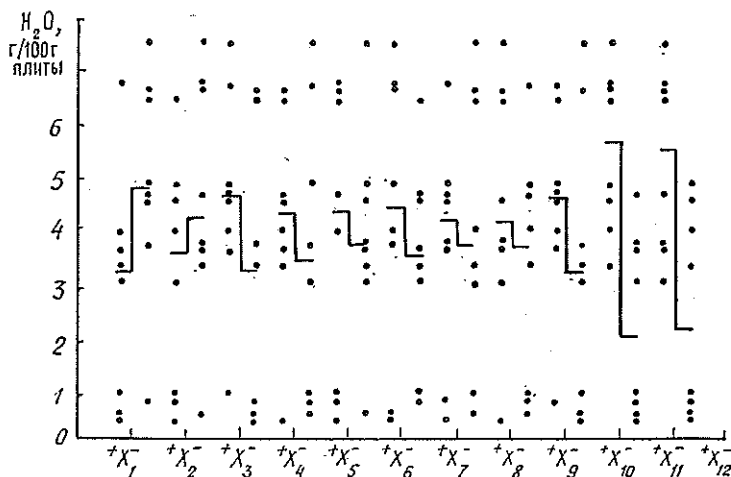


Рис. 4. Диаграмма рассеяния результатов экспериментов при определении влияния исследуемых факторов на количество выделяющейся воды

деленных факторов составляли таблицы с двумя входами [1, 2]. Статистическую значимость эффектов проверяли по критерию Стьюдента.

После анализа диаграмм эффекты факторов X_{11} и X_{10} были признаны существенно влияющими на выделение формальдегида и воды, а эффекты факторов X_{10} и X_4 — на выделение метанола. В результате расчетов получили следующие значения эффектов факторов, влияющих: на количество выделяющегося формальдегида $\Delta X_{11} = +33,4$, $\Delta X_{10} = +24,6$; на количество метанола $\Delta X_{10} = +103$, $\Delta X_4 = +39$; на количество воды $\Delta X_{11} = +2,7$, $\Delta X_{10} = +3,11$. Проверка статистической значимости показала, что все эффекты выделенных факторов значимы.

На втором этапе обработки результатов исключили влияние выделенных факторов. С этой целью произвели корректировку результатов экспериментов [1, 2], т. е. к результатам наблюдений X_{11}^- и X_{10}^- (количество формальдегида) соответственно прибавили $+33,4$ и $+24,6$, к результатам наблюдений X_{10}^- и X_4^- (количество метанола) соответственно прибавили $+103$ и $+39$, к результатам наблюдений X_{11}^- и X_{10}^- (количество воды) соответственно прибавили $+2,70$ и $+3,11$.

После корректировки результатов снова построили диаграммы рассеяния. Визуальный анализ диаграмм позволил выделить эффекты факторов, влияющих на выделение формальдегида X_7 и X_1 , на выделение метанола X_3 и X_7 и на выделение воды X_3 и X_1 .

Расчеты дали следующие величины эффектов факторов, влияющих: на количество выделяющегося формальдегида $\Delta X_7 = +5,2$, $\Delta X_1 = -3,9$; на количество метанола $\Delta X_3 = +31,5$, $\Delta X_7 = +2,5$; на количество воды $\Delta X_3 = +0,69$, $\Delta X_1 = -0,59$. Проверка статистической значимости показала, что эффекты факторов, влияющих на выделение формальдегида и воды, значимы, а из эффектов факторов, влияющих на выделение метанола, значим только ΔX_3 .

На третьем этапе обработки результатов произвели вторую корректировку и вновь построили диаграммы рассеяния. Анализ диаграмм показал, что величина эффектов всех оставшихся факторов не превышает ошибки опыта, поэтому влияние этих факторов отнесли к «шумовому полю» и на этом закончили анализ результатов экспериментов.

Итак, методом «случайного баланса» определены технологические факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на количество

Таблица 3
Сводная таблица
результатов отсеивающего эксперимента

Исследуемый параметр (выделяемый компонент)	Выделенный фактор	Оценка коэффициента регрессии
Формальдегид	X_{11}	+16,70
	X_{10}	+12,30
	X_7	+2,60
	X_1	-1,95
Метанол	X_{10}	+51,50
	X_4	+19,50
	X_3	+15,75
Вода	X_{11}	+1,35
	X_{10}	+1,56
	X_3	+0,35
	X_1	-0,30

формальдегида, метанола и воды, выделяющихся при прессовании ДСП. В табл. 3 приведены эти факторы, а также значения коэффициентов уравнений регрессии [2], по величине которых можно судить о степени влияния фактора на исследуемый параметр.

Из полученных данных следует, что на выделение формальдегида основное влияние оказывает изменение в исследуемых пределах температуры и продолжительности прессования. Количество формальдегида зависит также от влажности стружки внутреннего слоя и плотности плиты, но влияние этих факторов значительно меньше. Знаки перед коэффициентами регрессии

показывают, что чем выше температура, продолжительность прессования и влажность стружки внутреннего слоя, тем больше выделяется формальдегида из плит, в то же время повышение плотности плит снижает его выделение.

Выделение метанола зависит, главным образом, от продолжительности прессования и, в меньшей степени, от количества связующего во внутреннем и наружных слоях плиты. Чем выше значения этих факторов, тем больше выделяется метанола из плит.

Количество воды, выделяющейся при прессовании, в основном зависит от температуры и продолжительности прессования и, в меньшей мере, от количества связующего в наружных слоях и плотности плиты. Увеличение температуры, продолжительности прессования и количества связующего в наружных слоях приводит к более интенсивному выделению воды из плиты, а повышение плотности плит снижает ее выделение.

На основании полученных результатов определили дальнейшее направление исследований, цель которых — снизить выделение токсичных веществ из ДСП.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Адлер Ю. П. Введение в планирование эксперимента.— М.: Металлургия, 1969.— 178 с. [2]. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии.— М.: Высш. школа, 1985.— 327 с. [3]. Обливин А. Н., Воскресенский А. К., Семенов Ю. П. Тепло- и массоперенос в производстве древесностружечных плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 191 с. [4]. Обливин А. Н., Афанасьев Г. Н. Определение количества и состава летучих продуктов при поликонденсации мочевиноформальдегидных смол в процессе прессования древесностружечных плит // Тр. МЛТИ.— М., 1974.— № 64.— С. 24—28. [5]. Рошмаков Б. В., Эльберт А. А., Солечник Н. Я. Определение оптимальных условий получения древесностружечных плит с улучшенными гидрофобными свойствами // Лесн. журн.— 1974.— № 5.— С. 117—122. (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Цфасман А. Б. Аналитический контроль в производстве карбамидных смол.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 135 с.

Поступила 14 сентября 1987 г.

УДК 674-416 : 630*824.825.86

СКЛЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ
СТЕПЕНИ ОТВЕРЖДЕНИЯ КЛЕЕВОЙ ПЛЕНКИ

А. Г. ГОРОХОВСКИЙ

Уральский лесотехнический институт

Один из способов оперативного контроля качества склеивания шпона при запрессовке — метод физического моделирования процесса отверждения клеевого слоя, наиболее удаленного от нагревательных плит пресса [1—3, 6]. Физической моделью процесса является клеевой слой, нанесенный на металлическую пластину. Процессы нагрева данной пластины и клеевого слоя реального пакета шпона идентифицированы. В качестве способа фиксации момента завершения процесса отверждения предлагается пленки подвергать склерометрированию, т. е. царапанию жестким индентором. При достижении пленкой определенной твердости индентор не в состоянии процарапать пленку на всю ее толщину. Это приводит к нарушению электрического контакта между индентором и подложкой, о чем говорит затухание сигнальной лампы.

При исследованиях склерометрического метода использовали специальный прибор, конструкция которого в основном аналогична приведенной в работе [1]. Отличие заключается в том, что для определения продолжительности отверждения при постоянной температуре в приборе смонтирован ультратермостат, позволяющий поддерживать температуру его поверхности с точностью $\pm 0,5$ °С. В ходе исследований предполагалось решить следующие основные задачи: подобрать конструкцию индентора; установить зависимость твердости клеевой пленки от степени ее отверждения с учетом свойств клея и ряда внешних факторов; определить метрологические характеристики метода.

К индентору предъявляли следующие требования: приемлемая величина нагрузки; четкость фиксации конкретной твердости; образование царапины небольшой ширины и отсутствие задиров пленки.

В предварительных опытах было опробовано несколько типов инденторов (конические, сферические и т. п.). В результате был выбран индентор в виде двухсторонней лопаточки с углом при вершине 30° (рис. 1, а). Расчетная схема для определения твердости царапанием приведена на рис. 1, б.

Твердость вычисляли как отношение нагрузки на индентор к площади проекции поверхности разрушения клеевой пленки $S_{пр}$, мм²; последнюю определяли из соотношения:

$$S_{пр} = 2\delta \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sqrt{2\delta R}, \quad (1)$$

где δ — толщина клеевой пленки, мм;

α — двугранный угол при вершине индентора, град;

R — радиус закругления режущей кромки индентора, мм.

(В рассматриваемом случае $\alpha = 30^\circ$; $R = 4$ мм).

Расчетное выражение для определения твердости клеевой пленки, Н/мм², имеет вид:

$$H_{п} = 0,66 Q \delta^{-3/2}, \quad (2)$$

где Q — нагрузка на индентор, Н;

δ — толщина клеевой пленки, мм.