

УДК 674.815-41

А.А. Леонович  
(Лесотехническая академия имени  
С.М. Кирова)

## СВЕРХТВЕРДЫЕ ОГНЕЗАЩИТНЫЕ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫЕ ПЛИТЫ

Для ряда отраслей народного хозяйства требуются огнезащитные древесноволокнистые плиты (О-ДВП) повышенной прочности, стабильные в условиях переменной влажности воздуха и обладающие высокой жесткостью при изгибе. Жесткость пластины оценивают показателем  $EJ$ , где  $E$  - модуль упругости при изгибе,  $J$  - момент инерции. Поскольку  $J = \frac{b h^3}{12}$ , где  $b$  и  $h$  соответственно ширина и толщина материала, то для повышения жесткости увеличение толщины О-ДВП имеет существенное значение.

Известен эффективный способ изготовления твердых О-ДВП, основанный на использовании продукта нейтрализации фосфорной кислоты (3, 10). Технология разработана и проверена на Балабановской экспериментальной фабрике (9). Прочность и водостойкость О-ДВП может быть повышена введением связующих (4). Требуется, чтобы связующие при прессовании плит взаимодействовали с компонентами древесного волокна, характеризовались высокой скоростью отверждения и пониженной горючестью. Из доступных связующих указанным требованиям в наибольшей мере отвечают фурановые связующие, которые предложены нами для древесноволокнистых плит (1, 8). Относительно горючести фурановых смол известно, что стеклопластики на их основе являются менее горючими, чем стеклопластики других типов (11).

В настоящей статье впервые приводятся данные о получении древесноволокнистых плит сухим способом с использованием огнезащитного состава (10) и связующего фуранового типа (1). Особое внимание уделено влиянию основных технологических параметров на показатели утолщенных О-ДВП.

## Экспериментальная часть<sup>х/</sup>

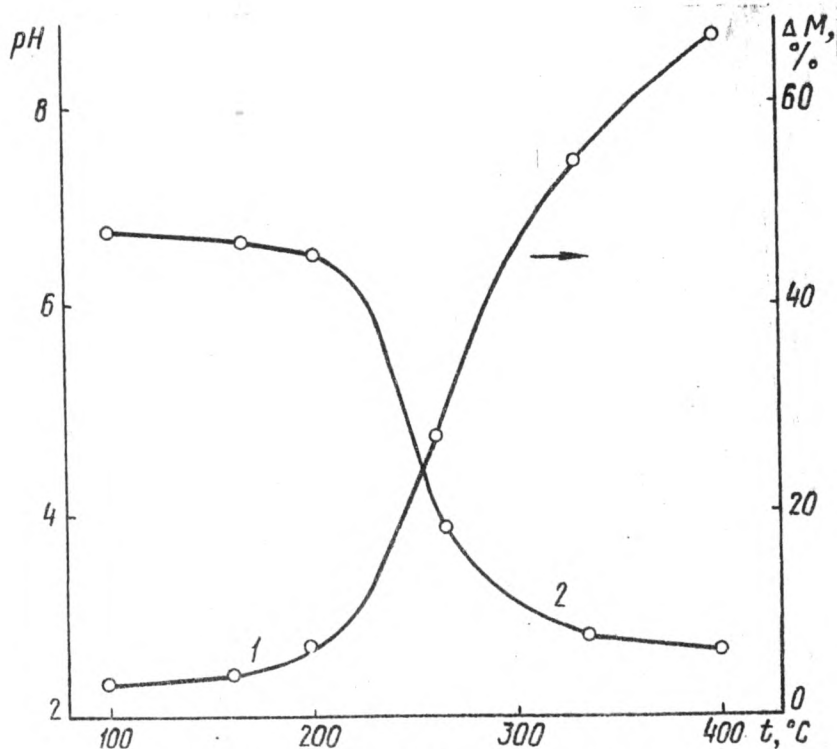
Древесное волокно вырабатывали на промышленном дефибраторе с одноминутной пропаркой. 50%-ный водный раствор огнезащитного состава вводили распылением в лабораторном смесителе в волокно в количестве 28,8%, считая на сухие вещества. Волокно высушивали до влажности 10% и обрабатывали фенолофурфуролформальдегидной смолой ФМ-2 с катализатором бензолсульфокислотой. Содержание смолы в волокне - 6%. Древесноволокнистый ковер формировали на вакуум-формирующей машине. Прессовали по графику: подъем давления до максимального в течение  $0,1 \tau_{\text{пр}}$  ( $\tau_{\text{пр}}$  - время полного прессования), сдувка -  $0,05 \tau_{\text{пр}}$ , стоянка при максимальном давлении ( $P_{\text{max}}$ ) в течение  $0,4 \tau_{\text{пр}}$ , спуск давления до половины максимального в течение  $0,05 \tau_{\text{пр}}$ , стоянка  $0,3 \tau_{\text{пр}}$ , плавный спуск давления до нуля за время  $0,1 \tau_{\text{пр}}$ . Последующую термообработку проводили при температуре  $170^{\circ}\text{C}$ .

О-ДВП испытывали по ГОСТ 4598-74. Ускоренное старение проводили в климатической камере ИП-1-3 при нагревании, периодическом воздействии воды, облучении дуговыми и кварцевыми лампами. pH водных вытяжек из измельченных образцов плит определяли при гидромодуле 1:50. Огневые испытания проводили в огневой трубе по (2).

## Результаты и их обсуждение

Введение олигомерной смолы ФМ-2 в огнезащитное древесное волокно не изменяет характера его терморазложения, которое при нагревании получает заметное развитие начиная с температуры  $200^{\circ}\text{C}$ . Этому же значению соответствует резкое возрастание активной кислотности водных вытяжек (рисунок). Поведение образцов при нагревании подобно образцам твердых О-ДВП, изготовленных без введения связующих. Присутствие фуранового полимера в количестве 6% не сказывается при испытании образцов в огневой трубе. В обоих вариантах самостоятельное горение отсутствует, потери массы составляют  $9 \pm 2\%$  (допустимое значение - не более 20%).

х) в проведении экспериментов принимала участие студентка М. Карева



Потеря массы и повышение активной кислотности водных вытяжек при разложении измельченных образцов О-ДВП:  
1 - потеря массы; 2 - pH водных вытяжек

Из опубликованных результатов исследований известно, что фурановые полимеры относительно стабильны до температуры 390-400<sup>o</sup>C. Следовательно, отвержденный полимер ФМ-2 остается инертным на стадии интенсивного пиролиза, характер которого предопределяет последующее пламенное горение. Можно было ожидать некоторое различие в пользу О-ДВП с ФМ-2, обусловленное стабильностью последнего и взаимодействием олигомера с древесным комплексом при изготовлении плит, которое было показано совместно с Эрдман в работе (?). Однако относительно низкое содержание полимера и низкая чувствительность метода огнестойкого ис-

пытания не позволяют с достоверностью обнаружить это различие.

В табл. I приведены данные по О-ДВП, изготовленным со смолой ФМ-2,

Таблица I

Ускоренное старение О-ДВП, модифицированных  
совмещенной олигомерной смолой ФМ-2

Показатели	Циклы старения		
	0	2	10
Прочность при изгибе, МПа	73,5	58,5	45,0
Статический модуль упругости, МПа.10 <sup>2</sup>	112,5	84,5	62,3
Водопоглощение, %	14,8	25,5	43,1
Набухание, %	10,8	15,6	18,6
Коэффициент формостабильности	1,37	1,64	2,32

при температуре 180<sup>0</sup>С и давлении прессования 5,5 МПа (в качестве параметра прессования здесь и далее указывается максимальное давление прессования). Толщина термообработанных плит 3,7 мм. Плотность 1120 кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент формостабильности показывает количество поглощенной воды, необходимой для набухания образцов на 1%.

Полученные плиты относятся к сверхтвердым, причем прочность и модуль упругости их значительно превосходят соответствующие показатели стандартных сверхтвердых плит. В этой же таблице приведены данные по ускоренному старению, которые свидетельствуют о стабильности материала. В отсутствие связующего О-ДВП при старении в течение 10 циклов теряют половину исходной прочности, а стандартные твердые древесноволокнистые плиты еще больше (4, 5, с.60).

Набухание изучаемых плит продолжает оставаться низким, что важно при использовании плит в качестве конструкционного материала с точки зрения возникновения в нем давления набухания. В этом отношении рост показателя водопоглощения имеет гораздо меньшее значение, поскольку вода проникает в поры и пустоты материала, не вызывая его набухания. Показатель формостабильности отражает эту особенность увлажнения плит.

# Электронный архив УГЛТУ

Существенное влияние на характеристику модифицированных плит оказывают основные параметры прессования и термообработки. Количественная закономерность установлена статистической обработкой данных полного факторного эксперимента типа  $2^4$  (табл.2). Плиты изготавливали толщиной 7 мм. Возможность снижения давления горячего прессования обусловлена пластифицирующим действием огнезащитного состава. Плотность плит при этом сохраняется в пределах норм на сверхтвердые плиты и составляет 1100-1150 кг/м<sup>3</sup>.

В результате получены уравнения регрессии для прочности ( $Y_6$ ) и водопоглощения ( $Y_A$ ) в виде:

$$Y_6 = 71,1 - 3,31x_1 + 5,04x_3 - 5,03x_4 - 2,22x_1x_2 + 2,86x_1x_3 + 3,01x_2x_4 \quad (1)$$

$$Y_A = 16,9 - 1,06x_1 - 1,18x_2 - 1,73x_3 - 1,64x_4 \quad (2)$$

Анализ уравнения (1) показывает, что повышение температуры прессования отрицательно влияет на прочность плит, как и тепловое воздействие при термообработке. Это обусловлено тем, что в основном

Таблица 2

Интервалы варьирования факторов процесса

Факторы	Натуральные переменные			
	Температура прессования, °C	Время прессования, мин	Давление прессования, МПа	Термообработка, ч
Основной уровень	195	7,5	3	1
Интервал варьирования	15	2,5	1	1
Верхний уровень ( $x_i = +1$ )	210	10	4	2
Нижний уровень ( $x_i = -1$ )	180	5	2	0

отверждение связующего завершается на стадии прессования, причем из-за высокой реакционной способности смолы ФМ-2 достаточ-

ной является температура 180°C. Повышение давления прессования до 4 МПа повышает прочность плит, ограничивающим фактором является опасность расслоения их при избыточном количестве парогазов.

Увеличение продолжительности прессования проявляет свое положительное действие при последующей термообработке и интерпретируется на основе концентрации остаточных напряжений (6). С увеличением времени выдержки плит в прессе релаксация возникающих при запрессовке напряжений в клеточных стенках древесных волокон проходит более полно и последующее нагревание при термообработке не нарушает достигнутой сомкнутости материала. Структура его сохраняется в виде, близком к тому, как она возникла при прессовании. В этом случае за счет снижения коэффициента концентрации остаточных напряжений наблюдается определенный рост прочности, несмотря на то обстоятельство, что термообработка сама по себе вызывает деструкцию компонентов древесного комплекса и, как это следует из опыта и уравнения (1), снижает прочность плит.

Аппроксимирующее уравнение водопоглощения (2) среди статистически значимых коэффициентов не содержит взаимодействий факторов. Снижение водопоглощения образцов при увеличении выдержки в прессе также может рассматриваться как следствие теплового воздействия.

В определенной мере концентрация остаточных напряжений подтверждается соизмеримостью коэффициентов  $x_1$  и  $x_2$ . При выдержке образцов в воде благодаря пластифицирующему действию ее увеличивается подвижность структурных элементов. Остаточные напряжения получают возможность частично реализоваться, и материал как бы дополнительно набухает. Выдержка же под давлением во время прессования снижает величину остаточных напряжений, повышает прочность и водостойкость материала.

При переходе от кодированных переменных к действительным ( $x_i = \frac{z_i - z_0}{\Delta z_i}$ ) уравнения регрессии примут вид:

$$\begin{aligned} y_6 &= 138 - 0,335 z_1 + 10,3 z_2 - 32,2 z_3 - 14,1 z_4 - \\ &= 0,053 z_1 z_2 + 0,172 z_1 z_3 + 1,3 z_3 z_4 \end{aligned} \quad (3)$$

$$y_A = 41,05 - 0,07 z_1 - 0,47 z_2 - 1,73 z_3 - 1,64 z_4 \quad (4)$$

# Электронный архив УГЛТУ

Оценка этих уравнений, произведенная с помощью критерия Фишера ( $F$  - критерий), показывает, что полученные выражения можно использовать в качестве интерполяционных. В частности, для вариантов изготовления модифицированных плит без операции термообработки (вариант 1) и с обработкой (вариант 2) получают утолщенные сверхтвердые огнезащищенные древесноволокнистые плиты плотностью  $1125 \text{ кг/м}^3$ . Режим и показатели плит приведены ниже :

## Параметры изготовления и показатели утолщенных сверхтвердых О-ДВП

	Вариант 1	Вариант 2
Температура греющих плит пресса ( $T_{\text{пр}}$ ), $^{\circ}\text{C}$ .	210	190
Полное время прессования ( $\tau_{\text{пр}}$ ), мин . . .	10	10
Максимальное давление прессования ( $P_{\text{max}}$ ), МПа .	4	4
Продолжительность термообработки при температуре воздуха на входе $170^{\circ}\text{C}$ ( $\tau_{\text{т/о}}$ ), час .	-	2
Прочность при изгибе , МПа . . . . .	75,0	74,3
Водопоглощение, % . . . . .	14,5	12,8

## Выводы

Показана возможность изготовления сверхтвердых огнезащищенных древесноволокнистых плит утолщенных с применением состава - продукта нейтрализации фосфорной кислоты органическими основаниями и фенолфурфуролформальдегидной смолы ФМ-2. Благодаря пластифицирующему действию состава представляется возможным снизить давление прессования, а высокая реакционная способность смолы ФМ-2 позволяет отказаться от операции термообработки плит. Смола ФМ-2 не оказывает отрицательного влияния на процесс огнезащиты, который, как и в отсутствие связующего (5), реализуется по механизму каталитической дегидратации. Плиты характеризуются высокой прочностью, жесткостью и стабильностью.

## Литература

1. Солечник Н.Я., Холькин Ю.И., Леонович А.А., Эрдман М.М., Бровкина В.И., Соломаха А.И., Авдеев Г.А. Состав для изготовления древесноволокнистых плит сухим способом. Авторское свид. № 518364 с приор. от 2 дек. 1974 г - "Открытия, Изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1976, № 23.
2. ГОСТ 17088-71. Пластмассы. Методы определения горючести. М., Изд-во стандартов, 1974.
3. Леонович А.А. Огнезащита древесноволокнистых плит. М., "Лесная промышленность", 1969.
4. Леонович А.А. О свойствах огнезащищенных твердых древесноволокнистых плит. - В кн.: Сборник трудов ВНИИЭКИТУ. Калуга, изд. ВНИИЭКИТУ, 1969, вып. 5.
5. Леонович А.А., Шалун Г. Б. Огнезащита древесных плит и слоистых пластинов. М., "Лесная промышленность", 1974.
6. Леонович А.А., Бровкина В.И. Влияние температуры горячего прессования на эффективность заделки древесноволокнистых плит. - "Механическая обработка древесины", 1971, № 10.
7. Леонович А.А., Эрдман М.Э. Исследование превращений фенолоформальдегидной смолы при изготовлении древесноволокнистых плит. - В об.: Технология древесных плит и пластиков. Свердловск, изд. УПИ, 1976.
8. Леонович А.А., Бровкина В.И., Холькин Ю.И., Эрдман М.Э., Соломаха А.И., Авдеев Г.А. Применение фурановых смол при изготовлении древесноволокнистых плит сухим способом. - "Деревообрабатывающая промышленность", 1975, № 6.
9. Леонович А.А., Мирецкий Ю.Ю., Бенетов В.Д., Авдеев Г.А., Пашков Н.М. Производство огнестойких древесноволокнистых плит сухим способом. - "Фанера и плиты", 1976, № 2.
10. Солечник Н.Я., Леонович А.А. Способ изготовления твердых древесноволокнистых плит. Авторское свид.



# Электронный архив УГЛТУ

СССР 195626 с приор. от 28 марта 1966. "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки" . 1967. № 10 .

II. Radcliffe A.T., Lens T.J. *Glass fibre reinforced furane resin laminates - a unique combination of properties* . - "Reing. plast.", 1973, vol. 17, № 9.