

Внедрен комбинированный способ увлажнения плит. Это дает хороший прирост прочности.

— Изменена схема переработки отходов от раскроя плит и установлено специальное устройство для равномерного распределения их в древесноволокнистой массе, после чего повысилась стабильность физико-механических показателей и улучшился внешний вид плит.

— Сотрудниками ВНИИДрев установлены автоматические толщиномеры сухих плит и мокрого ковра (толщина плит соответствует ГОСТ). Внедрено автоматическое дозирование проклеивающих веществ в древесноволокнистую массу, что способствует повышению стабильности показателей плит и рациональному расходованию материалов.

— Совместно с сотрудниками БТИ им. С.М. Кирова внедрен способ очистки сточных вод с введением флакулянтов и возвратом в производство осадка.

Указанные мероприятия позволяют получать древесноволокнистую плиту марки Т-400 со средним показателем прочности  $470-480 \text{ Вт/см}^2$ , поставлять 70 % всей выпускаемой плиты на экспорт и увеличить мощность завода ДВП-1 до 11,2 млн.  $\text{м}^2$  плиты в год вместо 10 млн.  $\text{м}^2$ , согласно проекту. В настоящее время отработана и внедрена технология производства плит с облагороженным слоем тонкоразмолотой массы. Масса тонкого размола получается в результате введения в процесс третьей ступени размола на рафинаторах.

Коллектив объединения поставил перед собой задачу по запуску цеха ДВП-2 и отработке рациональной технологии, усовершенствования системы водопотребления с учетом совместной работы двух цехов.

В 1984 г. производится монтаж линии по изготовлению и упаковке прирезных заготовок, что позволит увеличить ассортимент продукции, поставляемой на внешний рынок.

УДК 674.815

В.М. САЦУРА, канд. техн. наук,  
Е.А. БУЧНЕВА,  
В.Л. БОРОВНИКОВА,  
Л.М. БАХАР (БТИ)

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ ИЗ СТРУЖКИ-ОТХОДА

Панели стен и перегородок для малоэтажного домостроения включают между обшивками в качестве одного из основных элементов теплоизоляционный слой.

Материалом для этого слоя могут быть готовые элементы в виде плит. В отечественном производстве применяются минераловатные и стекловатные плиты на синтетической связке. Однако они имеют ряд недостатков: низкую прочность, высокую трудоемкость операций по их подготовке к укладке в панели, необходимость соблюдать специальные санитарно-гигиенические требования при работе с ними.

Поэтому различными исследователями ведутся поиски новых материалов, которые могли бы эффективно заменить эти плиты.

Цель проводимых исследований состояла в установлении технологических факторов, оказывающих наибольшее влияние на физико-механические свойства теплоизоляционных плит из стружки-отхода и карбамидоформальдегидного связующего.

Выбор стружки-отхода обусловлен тем, что значительная часть ее волокон расположена перпендикулярно пласти плиты. Поскольку сопротивление древесины растяжению вдоль волокон значительно выше, чем перпендикулярно волокнам, то применение такой стружки в сравнении со специальной способствует повышению предела прочности плит при растяжении и снижению их разбухания при водопоглощении [1].

Для подтверждения правильности выбора сырья для изготовления теплоизоляционных плит были проведены экспериментальные исследования. Прессование плит осуществляли при температуре 165–170 °С, продолжительностью 0,28 мин/мм и максимальном давлении 1,5 МПа. Содержание карбамидоформальдегидного связующего в плитах составляло 15 % к абсолютно сухой стружке.

Испытание физико-механических свойств плит проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 10633-78–ГОСТ 10636-78. Коэффициент теплопроводности определяли согласно ГОСТ 7076-66 "Материалы строительные. Метод определения коэффициента теплопроводности". Результаты обрабатывали на ЭВМ "Мир-2", среднеарифметические значения представлены на рис. 1. При анализе их видно, что плиты из стружки-отхода обладают сравнительно высокой прочностью при растяжении, перпендикулярно пласти, и низким разбуханием по толщине.

Показатель прочности при растяжении плит плотностью 600 кг/м<sup>3</sup> и толщиной 19, 25 и 30 мм находится в пределах 0,80–0,87 МПа (т.е. превышает требования ГОСТ 10632–78 в 2,5 раза). С увеличением толщины плит до 40 и 50 мм наблюдается тенденция к снижению этого показателя, что вызвано уменьшением плотности плит, а следовательно, адгезионного контакта древесных частиц.

Разбухание плит плотностью 600 кг/м<sup>3</sup> всех изучаемых толщин находится в пределах от 6,3 до 7,9 % (т.е. в сравнении с требованиями ГОСТ 10632-78 ниже в 2,8 раза).

Аппроксимация результатов экспериментальных исследований была проведена для плит плотностью 500 кг/м<sup>3</sup>. Зависимость их физико-механических свойств от толщины описывается уравнениями

$$\rho, (\sigma_{и}, \sigma_p, \Delta W_{вд}) = A + Bh + Ch^2; \quad (1)$$

$$W, (\Delta h_{вд}) = A + Bh + Ch^2 + Dh^3. \quad (2)$$

Значения коэффициентов представлены в табл. 1.

Полученные в этой серии опытов результаты были исходными для установления уровней варьирования при реализации полного факторного эксперимента, цель которого состояла в выборе наиболее значимых технологических факторов в изготовлении теплоизоляционных плит из стружки-отхода и карбамидоформальдегидного связующего.

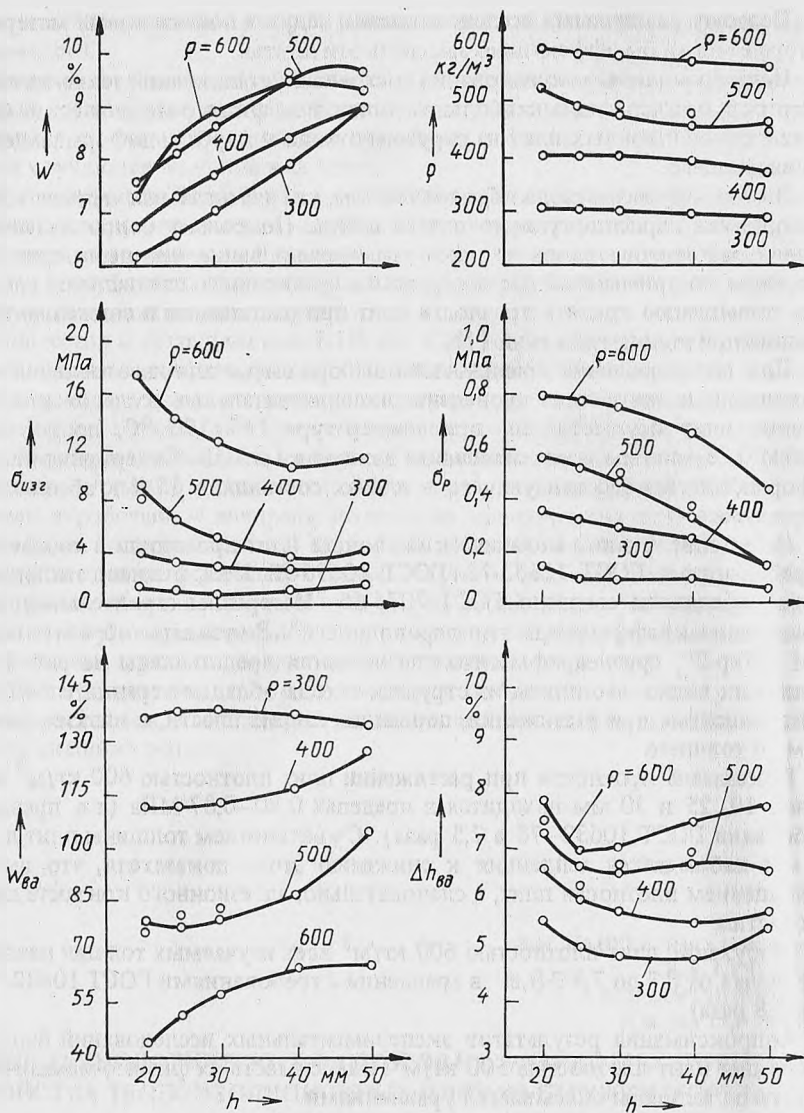


Рис. 1. Зависимость физико-механических свойств теплоизоляционных плит из стружкотхода от их толщины и плотности

В качестве независимых переменных были приняты следующие факторы, оказывающие наибольшее влияние на физико-механические свойства плит ( $x_i$ ):  $x_1$  — связующее (в %) к абсолютно сухой стружке (К, %);  $x_2$  — влажность стружки ( $W$ , %);  $x_3$  — толщина древесностружечной плиты ( $h$ , мм);  $x_4$  — плотность древесностружечной плиты ( $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>);  $x_5$  — время выдержки шкета в прессе ( $\tau$ , с);  $x_6$  — температура плит пресса ( $t$ , °C).

Т а б л и ц а 1. Значения коэффициентов А, В, С, Д в уравнениях (1) и (2)

Свойства	А	В	С	Д
W	7,6	-0,13	0,009	11·10 <sup>-5</sup>
$\rho$	574,635	-2,524	0,003	
$\sigma_{и}$	20,602	-0,782	0,009	
$\sigma_{p}$	0,582	0,0053	-0,29·10 <sup>-3</sup>	
$\Delta W_{вд}$	105,217	-1,246	0,031	
$\Delta h_{вд}$	16,130	-0,847	0,0241	22·10 <sup>-5</sup>

Т а б л и ц а 2. Уровни варьирования

Изучаемые факторы	К, %	W, %	h, мм	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\tau$ , с	t, °C
Код	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>
Основной уровень (X <sub>01</sub> )	11,5	11	40	400	0,4	180
Интервал варьирования ( $\Delta x_1$ )	3,5	5	10	100	0,2	20
Верхний уровень (+1)	15	16	50	500	0,6	200
Нижний уровень (-1)	8	6	30	300	0,2	160

Принятые при исследовании уровни и интервалы варьирования факторов приведены в табл. 2.

За параметры отклика были приняты показатели следующих физико-механических свойств плит ( $y_i$ ):  $y_1$  – предел прочности при статическом изгибе  $\sigma_{и}$ , МПа;  $y_2$  – предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты  $\sigma_p$ , МПа;  $y_3$  – модуль упругости при статическом изгибе E, МПа;  $y_4$  – коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , Вт/(м·К);  $y_5$  – влагопоглощение за 24 ч  $\Delta W_{вд}$ , %;  $y_6$  – разбухание по толщине при влагопоглощении за 24 ч  $\Delta h_{вд}$ , %;  $y_7$  – водопоглощение за 24 ч  $\Delta W_{вд}$ , %;  $y_8$  – разбухание по толщине при водопоглощении за 24 ч  $\Delta h_{вд}$ , %.

Необходимое число опытов (N) при эксперименте было определено по формуле [2]

$$N = n^K,$$

где  $n^K$  – соответственно число уровней и факторов.

Зависимость  $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$  была найдена в виде полинома первого порядка

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6.$$

Для проведения статистического анализа исследуемого процесса и расчета коэффициентов регрессии применяли программу множественной линейной регрессии для ЭВМ "Мир-2" [3].

Т а б л и ц а 3. Значимость технологических факторов в изготовлении теплоизоляционных плит

Физико-механические свойства	Технологические факторы
$\sigma_{и}$	$\rho, k, h, t, W, \tau$
$\sigma_{р}$	$k, \rho, h, \tau, W, t$
E	$\rho, h, k, t, \tau, W$
$\lambda$	$h, \rho, W, t, k, \tau$
$\Delta W_{вл}$	$\rho, h, \tau, W, k, t$
$\Delta h_{вл}$	$h, \rho, k, W, \tau, t$
$\Delta W_{вд}$	$k, \rho, W, h, \tau, t$
$\Delta h_{вд}$	$k, \rho, t, h, \tau, W$

Т а б л и ц а 4. Технологические факторы, обеспечивающие наилучшие физико-механические свойства теплоизоляционных плит

Физико-механические свойства плит	Показатель	Технологические факторы получения плит					
		к, %	W, %	h, мм	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\tau$ , мин/мм	t, °C
$\sigma_{и}$ , МПа	7,45	15	6	30	500	0,6	200
$\sigma_{р}$ , МПа	0,57	15	6	30	500	0,6	160
E, МПа	1093	15	6	30	500	0,2	200
$\lambda_{вт}$ (м·К)	0,051	15	16	30	300	0,6	200
$\Delta W_{вл}$ , %	1,1	10	8	40	400	0,35	200
$\Delta h_{вл}$ , %	0,4	15	6	50	300	0,6	160
$\Delta W_{вд}$ , %	95,4	15	6	30	500	0,2	200
$\Delta h_{вд}$ , %	3,77	15	6	50	300	0,6	160

После оценки значимости коэффициентов по t-критерию Стьюдента, определения дисперсии воспроизводимости и адекватности уравнения по F-критерию уравнения имели вид:

$$y_1 = -5,22 + 0,075 x_1 - 0,027 x_3 + 0,021 x_4;$$

$$y_2 = -0,699 + 0,018 x_1 + 0,002 x_4;$$

$$y_3 = -246,43 - 9,83 x_3 + 2,552 x_4;$$

$$y_4 = 0,0006 - 0,0018 x_2 + 0,00198 x_3 + 0,00006 x_4;$$

$$y_5 = 3,326 - 0,00299 x_4;$$

$$y_6 = 1,120 - 0,0102 x_3;$$

$$y_7 = 311,6 - 2,987 x_1 - 0,34 x_4;$$

$$y_8 = 7,733 - 0,416 x_1 - 0,0089 x_4.$$

Представленные уравнения описывают зависимость физико-механических свойств теплоизоляционных плит от исследуемых технологических факторов.

Одновременно проведение математической обработки по указанной программе позволило распределить технологические факторы в порядке уменьшения значимости влияния на физико-механические свойства плит (табл. 3).

На основании результатов экспериментальных исследований и их математической обработки был произведен выбор технологических факторов, при сочетании которых было достигнуто максимальное значение одного из показателей физико-механических свойств плит. Они представлены в табл. 4.

Наиболее рационально изготовление плит толщиной 30 мм, плотностью  $500 \text{ кг/м}^3$  из стружки-отхода влажностью 6 % и содержании карбамидоформальдегидного связующего 15 %. Прессование таких плит рекомендуется проводить при температуре  $200^\circ\text{C}$ , давлении 1,5 МПа и времени 0,2 мин/мм толщины плиты.

Эти плиты имеют предел прочности и модуль упругости при статическом изгибе соответственно 6,1 и 1093 МПа, предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти — 0,58 МПа, коэффициент теплопроводности — 0,083 Вт/(м·К). Их разбухание при водопоглощении и влагопоглощении за 24 ч равно соответственно 4,2 и 0,68 %.

Данные плиты могут использоваться в качестве теплоизоляционного материала в панельном деревянном домостроении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корчаго И.Г. Древесностружечные плиты из мягких отходов. — М.: Лесн. пром-сть, 1971. — 102 с.
2. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. — М.: Высш. шк., 1978. — 319 с.
3. Алгоритм и программы статической обработки наблюдений в почвоведении на ЭЦВМ "Мир" и "Минск-22". — М.: ВАСХНИЛ, 1973. — 222 с.

УДК 678.06-405:666.189

Н.Н. ЦЫБУЛЬКО,  
В.М. САЦУРА, канд.техн.наук,  
А.И. МАНДРИКОВА (БТИ)

#### ОГНЕСТОЙКИЕ ЖЕСТКИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Использование жестких пенополиуретанов (ППУ) в качестве связующих при изготовлении древесностружечных (ДСП) плит позволяет значительно расширить их ассортимент, получить плиты небольшой плотности с хорошими тепловоздухоизоляционными свойствами, обладающие сравнительно высокой прочностью и водостойкостью [1].

Одним из основных преимуществ при использовании ППУ в качестве связующего для ДСП является значительное снижение энергозатрат, в том числе на сушку древесных частиц и прессование плит. В отличие от традиционной технологии в данном случае возможно использование древесных частиц влаж-