

ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

УДК 674.076/.077

Л. В. Игнатович, канд. техн. наук, доцент,
А. А. Барташевич, академик РАЕН, профессор, А. В. Вильчицкий, инженер, БГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ MDF ПЛИТ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛАМИНИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

There is described the modern form of substitute of the natural parquet – laminated flooring board. There are physical-mechanical researches of laminated products on the base of wood-fiber panels of the middle density. There is the analysis of physical-mechanical exponents of the laminated flooring board, imported to the Byelorussian domestic market.

Введение. В условиях ассортиментного изобилия строительных материалов вообще и напольных покрытий в частности покупатель часто сталкивается с проблемой выбора нужного ему вида продукции. Важным условием выбора товара является соответствие его потребительских качеств ряду требований. Основными из них считаются эстетические показатели, долговечность и отсутствие особых проблем в процессе эксплуатации.

Рост малоэтажного строительства, наблюдаемый в последнее время, дал толчок к развитию производства композиционных материалов на основе древесных частиц и различного рода связующих. Неоспорима роль древесно-плитных материалов в производстве столярно-строительных изделий. Поэтому в настоящее время приобретают актуальность исследования качественных показателей изделий на основе древесноволокнистых плит сухого способа производства (MDF), пригодных для использования в строительстве. Особенно перспективными следует считать ламинирование плит MDF, так как в этом случае возрастает производительность труда в процессе их дальнейшей переработки и сокращаются трудозатраты.

В соответствии с поставленной задачей проведены физико-механические испытания MDF плит для производства ламинированных изделий (паркета и стеновых панелей). Ниже представлены их результаты.

Основная часть. По качеству поверхности ламинированные плиты должны соответствовать образцам-эталонам, согласованным между изготовителем и потребителем. Контроль внешнего вида и качества поверхности производят визуально, путем сравнения с образцом-эталонам. Физико-механические испытания проводят в соответствии нормативными документами.

Для определения особенностей применения MDF плит в качестве конструкционного мате-

риала при изготовлении ламинированных изделий, в частности при разработке конструкции и режимов технологических процессов, необходимо учитывать способность плит сопротивляться воздействию внешних факторов.

Различия в свойствах ламинированных изделий, поступающих на внутренний рынок Беларуси от разных производителей, существенны, что объясняется рядом факторов (видом сырья, способом производства и др.).

В рекламных проспектах фирм – производителей MDF и ламинированных MDF даются такие характеристики плит, как объемная плотность, набухание по толщине, прочность при растяжении поперек пласти, прочность при изгибе, модуль упругости при изгибе, предел прочности при разрыве, удельное сопротивление выдергиванию шурупов из пласти, удельное сопротивление выдергиванию шурупов из кромки, отрыв поверхности, объемная истираемость. При проверке приводимые данные часто не подтверждаются. Из-за отсутствия нормативной базы, регламентирующей методы испытаний и предельные значения показателей MDF для определенного использования, затруднен контроль технических характеристик.

Отечественной системы оценки показателей свойств ламинированных изделий на основе MDF плит нет. Поэтому для сравнительных испытаний использовали стандартизированные методы, применяемые в Республике Беларусь для конструкционных плитных и облицовочно-отделочных материалов.

Для испытаний применялись плиты, изготовленные на предприятиях Восточной Европы (фирма «Kronospan», «Tarkett» – Германия, Россия) с использованием древесного сырья, аналогичного произрастающему в Беларуси.

Испытания образцов проводились по методикам, близким к европейскому стандарту. Достоверность результатов, полученных в ходе проведения исследований, определяли по

ГОСТ 16483.0 «Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям» [1–5].

Прочность и модуль упругости при изгибе. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 19592–80 [4]. Правила отбора, количество, точность изготовления, кондиционирование образцов и статистическую обработку опытных данных выполняли по ГОСТ 16483.0 [3].

Необходимое число наблюдений в каждом опыте n определяли по формуле

$$n = \frac{t^2 \cdot S^2}{\Delta^2}, \quad (1)$$

где Δ^2 – разность между средним арифметическим данной выборки и математическим ожиданием; t – критерий Стьюдента, который при уровне значимости $P = 0,95$ и числе степеней свободы $f = 11$ равен 2,2; оценка дисперсии, которая определяется по формуле

$$S^2 = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{k - 1}, \quad (2)$$

где Y_i – значение Y в i -м параллельном опыте ($i = 1, 2, \dots, k$); \bar{Y} – среднее значение Y в серии параллельных опытов.

Необходимое число наблюдений в опыте в соответствии с расчетом принято $n = 10,0$. Испытания проводили на разрывной машине Р-0,5, обеспечивающей точность 1% разрушающей нагрузки. Машина имеет приспособление с индикатором по ГОСТ 9696 для определения прогиба с погрешностью измерения перемещения не более 0,01 мм.

Предел прочности при изгибе σ , МПа, определяли по формуле

$$\sigma = \frac{3 \cdot P \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}, \quad (3)$$

где P – сила нагружения, действующая на образец в момент разрушения, Н; l – расстояние между центрами опор, мм; b – ширина образца, мм; h – толщина образца, мм.

Результаты округляли с точностью до первого десятичного знака.

Модуль упругости при изгибе E , ГПа, определяли по формуле

$$E = \frac{l^3 \cdot P}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot f}, \quad (4)$$

где P – усилие нагрузки, действующее на образец в момент разрушения, Н; f – прогиб образца, мм.

Результаты опытов по определению предела прочности и модуля упругости при изгибе ДСтП, MDF плит (ламинированных и необлицованных) приведены в табл. 1.

Прочность при растяжении перпендикулярно пласти. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 26988–86. Правила отбора, количество, точность изготовления, кондиционирование образцов и статистическую обработку данных выполняли по ГОСТ 16483.0 [7, 8, 9].

Необходимое количество опытов рассчитывали по формуле (1). Критерий Стьюдента t при уровне значимости $P = 0,95$ и числе степеней свободы $f = 19$ равен 2,09. При выполнении экспериментальных исследований принято двадцатикратное повторение опыта.

При испытаниях нагрузка на образец возрастала равномерно в течение 60 ± 15 с до разрушения образца, или со скоростью перемещения подвижного захвата испытательной машины 10 ± 1 мм/мин.

Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, σ , МПа, вычисляли по формуле

$$\sigma = \frac{P}{b \cdot l}, \quad (5)$$

где P – максимальная разрушающая нагрузка, Н; b – ширина образца, мм; l – длина образца, мм;

Результаты округляли с точностью до второго десятичного знака.

Результаты опытов по определению предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти MDF и древесностружечных плит, а также их статистические параметры сведены в табл. 2.

Удельное сопротивление выдергиванию шурупов из пласти. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 10637 [4, 6]. Использовали шурупы размером 4×40 мм. При испытании MDF использовали также шурупы диаметром 3 и 5 мм.

Таблица 1

Предел прочности и модуль упругости при изгибе пласти ламинированных плит MDF и ДСтП

Материал	Толщина, мм	Плотность кг/м ³	Экспериментальные данные		Показатели европейского стандарта	
			Предел прочности, МПа	Модуль упругости, ГПа	Предел прочности, МПа	Модуль упругости, ГПа
MDF	8,0	774 / 780	23,0	2,5	23,0	2,7
MDF ламинированная	7,8	780 / 780*	23,0	2,4	23,0	2,7
ДСтП	10,0	750	16,4	3,8	16,0	3,5

* Плотность для материалов по показателям европейского стандарта.

Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти ламинированных плит MDF и ДСтП

Материал	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Выборочное среднее y , МПа	Среднее квадратическое отклонение s , МПа	Коэффициент вариации v , %	Доверительный интервал Δ , МПа
Ламинированная MDF	7,8	780 / 780*	0,87 / 0,8*	0,04	9,8	0,019
ДСтП	10,0	750	0,40	0,05	12,5	0,023

* Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти для ламинированной плиты MDF по показателям европейского стандарта.

Отбор, количество, точность изготовления, кондиционирование образцов и статистическую обработку опытных данных выполняли по ГОСТ 16483.0.

Необходимое число наблюдений определяли по формуле (1). Критерий Стьюдента t при уровне значимости $P = 0,95$ и числе степеней свободы $f = 11$ составляет 2,2. При выполнении экспериментальных исследований по определению сопротивления выдергиванию шурупов было принято двенадцатикратное повторение каждого опыта.

Шуруп диаметром 4 мм завинчивали в предварительно просверленное отверстие диаметром 2 мм на глубину $40 \pm 0,5$ мм.

Испытательный блок устанавливали в захватах приспособления на испытательной машине так, что ось шурупа совпадала с осью приспособления.

Выдергивание шурупов производили в направлении их оси со скоростью перемещения подвижного захвата испытательной машины 10 мм/мин или в течение 60 ± 15 с.

Удельное сопротивление выдергиванию шурупов $F_{уд}$, Н/мм, вычисляли по формуле

$$F_{уд} = \frac{P_{\max}}{l}, \quad (6)$$

где P_{\max} – наибольшая нагрузка, Н; l – длина, на которую завинчен шуруп в образец.

Для выборочной совокупности определяли статистические параметры по формулам (2)–(3) [1, 2, 3]. Результаты опытов по определению удельного сопротивления по выдергиванию гвоздей и шурупов из MDF, древесностружеч-

ных плит и древесины сосны, а также их статистические параметры сведены в табл. 3.

Удельное сопротивление нормальному отрыву облицовочного материала. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 23234 [7–9]. Отбор, количество, точность изготовления, кондиционирование образцов и статистическую обработку опытных данных выполняли по ГОСТ 16483.0. Из каждой отобранной для испытания плиты вырезали 8 образцов.

Необходимое количество опытов определяли по формулам (2)–(3) [1, 2, 3]. Критерий Стьюдента t при уровне значимости $P = 0,95$ и числе степеней свободы $f = 11$ оставляет 2,2. При выполнении экспериментальных исследований было принято двенадцатикратное повторение каждого опыта.

Образцы имели форму прямоугольника в плите длиной 60 мм и шириной 50 мм.

К выделенной кольцевой канавкой площади на пласти образца приклеивали цилиндрическую испытательную головку диаметром, равным внутреннему диаметру кольцевой канавки. Склеивание производили при давлении не более 0,2 МПа, которое не оказывало влияния на структуру образца.

Нагрузка на образец возрастала равномерно при скорости перемещения подвижного захвата испытательной машины 10 мм/мин.

Удельное сопротивление нормальному отрыву наружного слоя σ , МПа, вычисляли с точностью до 0,01 МПа по формуле

$$\sigma = \frac{P}{F}, \quad (7)$$

Удельное сопротивление выдергиванию шурупов пласти ламинированных плит MDF и ДСтП

Материал	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Выборочное среднее y , Н/мм	Среднее квадратическое отклонение s , Н/мм	Коэффициент вариации v , %	Доверительный интервал Δ , Н/мм
MDF	8,0	774 / 780	90	4,2	4,7	2,7
MDF ламинированная	7,8	780 / 780*	103 / 80,0*	4,9	4,80	3,1
ДСтП не облицованная	10,0	750	102	5,4	5,1	2,7

* Удельное сопротивление выдергиванию шурупов для ламинированной плиты MDF по показателям европейского стандарта.

Удельное сопротивление отрыву наружного слоя ламинированных плит MDF и ДСтП

Материал	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Выборочное среднее y , МПа	Среднее квадратическое отклонение s , МПа	Коэффициент вариации v , %	Доверительный интервал Δ , МПа
MDF ламинированная	8,0	774 / 780	0,4 / 1,0*	0,04	9,8	0,019
ДСтП ламинированная	7,8	780 / 780*	0,91	0,08	8,8	0,051

* Удельное сопротивление отрыву наружного слоя для ламинированной MDF по показателям европейского стандарта.

где P – наибольшая нагрузка, действующая на образец в момент разрушения, Н; F – рабочая площадь испытательной головки, мм².

Для выборочной совокупности определяли статистические параметры по формулам (2)–(3).

Результаты опытов по определению сопротивления нормальному отрыву наружного слоя ламинированных плит MDF и древесностружечных плит, а также их статистические параметры сведены в табл. 4.

Водопоглощение и набухание по толщине. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 19592–80 «Плиты древесноволокнистые. Методы испытаний» [8].

Отбор, количество, точность изготовления, кондиционирование образцов и статистическую обработку опытных данных выполняли по ГОСТ 16483.0.

Необходимое количество опытов определяли по формулам (1) [1, 2, 3]. Критерий Стьюдента t при уровне значимости $P = 0,95$ и числе степеней свободы $f = 11$ равен 2,2. При выполнении экспериментальных исследований по определению сопротивления выдерживанию гвоздей и шурупов было принято двенадцатикратное повторение каждого опыта.

Использовали образцы в форме прямоугольного параллелепипеда с сечением 25×25 мм. Взвешивали их с погрешностью не более 0,1% не позднее чем через 0,5 ч после кондиционирования. Толщину образца измеряли по центру пласти. Толщина составила 8,0 мм, плотность – 774 кг/м³.

Образцы погружали в сосуд с водой при температуре 20±1°C, при этом они не соприкасались друг с другом, а также с дном и боковыми стенками сосуда. Образцы удерживали на 20±2 мм ниже уровня поверхности воды. Время выдержки (120±5) мин. После выдержки образцы извлекали из воды и осушали их поверхности от капель воды фильтрованной бумагой. Образцы вторично взвешивали и измеряли толщину не позднее чем через 10 мин после извлечения их из воды.

Водопоглощение и разбухание вычисляли с точностью до 0,1.

Водопоглощение ΔW , %, определяли по формуле

$$\Delta W = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1 \cdot 100}, \quad (8)$$

где m_2 – масса образца после выдержки в воде, г; m_1 – масса образца перед выдержкой в воде, г.

Разбухание ΔW , %, определяли по формуле

$$\Delta W = \frac{(t_2 - t_1)}{t_1 \cdot 100}, \quad (9)$$

где t_1 – толщина образца после выдержки в воде, мм; t_2 – толщина образца перед выдержкой в воде.

Для выборочной совокупности определяли статистические параметры по формулам (1)–(2) [1, 2, 3].

Результаты опытов по определению водопоглощения и разбухания MDF и древесностружечных плит, а также их статистические параметры сведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Водопоглощение ламинированных плит MDF и древесностружечных плит за 24 ч

Материал	Выборочное среднее y , %	Среднее квадратическое отклонение s , %	Коэффициент вариации v , %	Доверительный интервал Δ , %
MDF ламинированная	18 / -	1,6	8,9	1,016
ДСтП	46	6,5	14,1	4,128

Таблица 6

Разбухание ламинированных плит MDF и древесностружечных плит

Материал	Выборочное среднее y , %	Среднее квадратическое отклонение s , %	Коэффициент вариации v , %	Доверительный интервал Δ , %
MDF ламинированная	6,0 / 15*	0,43	7,2	0,273
ДСтП	18	3,2	17,8	2,032

* Разбухание для ламинированной MDF по показателям европейского стандарта

Заключение. 1. В результате анализа сравнительных физико-механических показателей ламинированных плит по европейским требованиям и показателей физико-механических свойств ламинированных плит, ввозимых на рынок Беларуси из Восточной Европы (фирма «Kronospan», «Tarkett» – Германия, Россия), установлено, что:

– водопоглощение за 24 ч ламинированных MDF при толщине плит 8,0 мм практически в 3,0 раза меньше, чем ламинированных ДСтП;

– разбухания, исследованных ламинированных MDF меньше аналогичных показателей плит по европейским требованиям приблизительно в 2,5 раза и в 3,0 раза ДСтП;

– данные по пределу прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты MDF совпадают, но выше, чем ДСтП в 2,0 раза;

– модуль упругости и коэффициенты поперечной деформации у испытанных образцов и у плит MDF по показателям согласно европейским требованиям примерно одинаковые;

– удельное сопротивление отрыва наружного слоя у экспериментальных образцов в 2,0 – 2,5 раза ниже, чем у ДСтП и плит MDF (по показателям согласно европейским требованиям);

Таким образом, исследования показали, что ламинированные плиты MDF имеют как более высокие, так и менее высокие показатели свойств по сравнению с ДСтП.

2. Для оценки качества плит MDF (ламинированных) для внутреннего рынка, целесообразно принять апробированные на кафедре технологии и дизайна изделий из древесины методики испытаний физико-механических свойств.

3. При поставке ламинированных MDF плит на экспорт рекомендуется проверять соответствие требований показателей физико-механических свойств плит по Европейскому стандарту.

Литература

1. Ахназарова, С. Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии: учеб. для вузов / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1978. – 318 с.

2. Пижурич, А. А. Методика планирования экспериментов и обработки их результатов при исследовании технологических процессов в лесной и деревообрабатывающей промышленности / А. А. Пижурич. – М.: МЛТИ, 1972. – 280 с.

3. Методы отбора образцов и общие требования при физико-механических испытаниях. ГОСТ 16483.0-93. – Введ. 01.01.93. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1993. – 4 с.

4. Плиты древесноволокнистые. Методы испытаний: ГОСТ 19592–1980. – Введ. 31.01.80. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1980. – 7 с.

5. Развитие производства древесно-волоконных плит: плиты и фанера // Экспресс-информация. Зарубежный опыт. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1981. – № 8. – С. 7–10.

6. Плиты древесностружечные. Метод определения удельного сопротивления выдергиванию гвоздей и шурупов: ГОСТ 10637–1978. – Введ. 01.01.90. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.

7. Плиты древесностружечные. Технические условия: ГОСТ 10632–2007. – Введ. 01.07.08. – М.: Межгосударственный стандарт: Изд-во стандартов, 2008. – 12 с.

8. Плиты древесноволокнистые. Технические условия: ГОСТ 4598–1986. – Введ. 31.01.86. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1988. – 12 с.

9. Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения прочности клеевого соединения на неравномерный отрыв облицовочных материалов: ГОСТ 15867–1979. – Введ. 01.07.80. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1980. – 6 с.