

ТЕХНОЛОГІЯ ДЕРЕВООБРОБКИ

УДК 539.4.019.1: 684.4.04

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕРЕВИННОВОЛОКНИСТИХ ПЛИТ СЕРЕДНЬОЇ ЩІЛЬНОСТІ (ПЛИТ MDF) ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Л. М. БОЙКО, кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології деревообробки,
E-mail: interdesign@ukr.net

О. В. АНЦИФЕРОВА,
асистент кафедри технології деревообробки
**Національний університет біоресурсів та природокористування
України**
E-mail: antsyferova.av@gmail.com

Анотація. Деревинноволокнисті плити середньої щільності широко використовуються у будівництві (виготовлення ламінованих підлог і стінових панелей, різноманітних балок перекриття та ін.) та у меблевому виробництві (виготовлення фасадів та конструктивних елементів корпусу). Для проведення дослідження було використано стенд на базі розривної машини Р-5. У статті наведено результати експериментального дослідження довговічності деревинноволокнистих плит середньої щільності (плит MDF), на основі яких було запропоновано математичну (регресійну) модель для прогнозування довговічності плит MDF. Отримані результати прогнозу ресурсу довговічності плит MDF за регресійною моделлю було порівняно з результатами розрахунків за термоактиваційною (кінетичною) теорією міцності. Зроблено висновок про те, що термоактиваційна та регресійна моделі адекватно описують довговічність матеріалу, однак принципова відмінність кінетичної моделі від регресійних полягає в тому, що вона об'єднує вплив на довговічність не тільки зовнішніх факторів, а саме навантаження і температуру, а й термоактиваційні параметри, які характеризують внутрішній, енергетичний потенціал. Тому термоактиваційна модель більш інформативна і дає змогу дослідити поведінку матеріалів під час навантаження залежно від їхніх енергетичних властивостей.

Ключові слова: плити MDF, ресурс довговічності, математична модель, термоактиваційна теорія міцності.

Актуальність. Деревиннокомпозиційні матеріали на основі деревини демонструють стабільне зростання обсягів споживання на ринку. Сьогодні популярність на ринку мають деревинноволокнисті плити середньої щільності, або плити MDF, обсяги виробництва яких щорічно зростають на 15 % [1]. За даними [1], за 2015 р. було виготовлено 48,4

млн м³ плит МДФ, що на 15 % більше, ніж минулого року, а найбільша частка виробничих потужностей припадає на Китай та Європу. У Європі найбільшими виробниками є заводи промислових груп: Kronospan та Swiss Krono, а у Китаї – Dare Group.

Найширше застосування плити MDF мають у будівельній галузі (рис. 1), з них виготовляють ламінат або ламіновані підлоги, стінові панелі застосовують у вигляді балок, також поступово розширюється застосування плит у меблевій промисловості: з матеріалу виготовляють не лише фасадні поверхні, а й конструктивні елементи корпусу та цілі вироби.

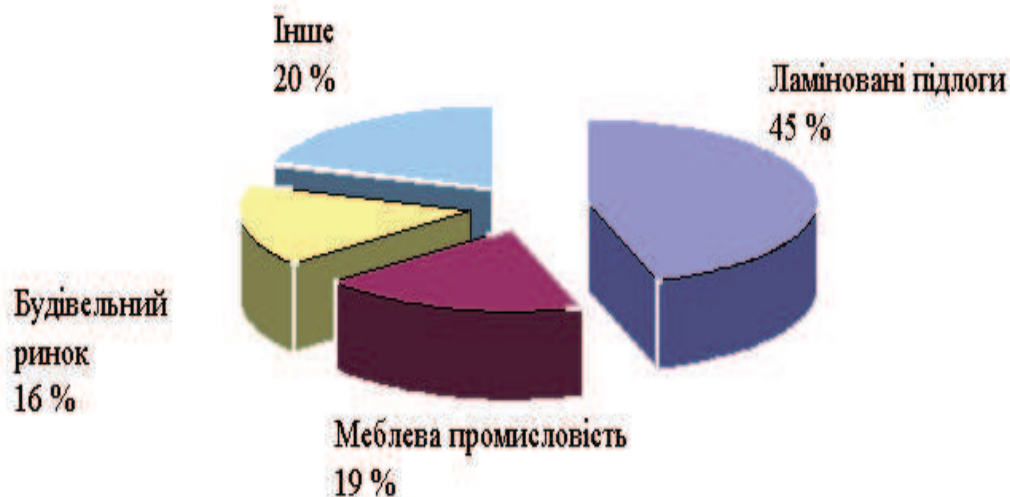


Рис. 1. Структура використання плит MDF за галузями

Плити MDF мають низку переваг порівняно з ламінованими стружковими плитами (СП). Перевагами MDF як конструкційного матеріалу є: рівномірна структура, завдяки якій матеріал можна обробляти різними видами фрез, створюючи об'ємний рельєф; показники міцності плит МДФ не набагато менші, ніж натуральної деревини; ціна матеріалу майже у 3 рази нижче, ніж ціна натуральної деревини. Але поряд із перевагами плити МДФ мають такі недоліки: процес фрезерування супроводжується рясним пилоутворенням; велика вага (плита МДФ важить більше, ніж аналогічна за розмірами панель з натуральної деревини); МДФ містять карбамідоформальдегідні смоли, які досить шкідливі для організму людини [2]. Природно, що споживачі надають перевагу плитам MDF, отже створення нетрудомісткої методики прогнозування ресурсу довговічності дасть можливість виробникам зменшити матеріалоємність, а споживачі отримають якісні та недорогі вироби.

Мета дослідження – створення нетрудомісткої методики прогнозування довговічності плит MDF на основі термоактиваційної теорії міцності шляхом визначення термоактиваційних параметрів матеріалу.

Матеріали та методи дослідження. Зразки для досліджень було виготовлено згідно з [3], вони мали такі розміри: для товщини 10 мм – 250 × 50 мм; для товщини 16 мм – 370 × 50 мм; для товщини 19 мм – 430 × 50 мм. Для визначення рівнів та інтервалів змінювання факторів на першому етапі досліджень було проведено попередні дослідження. Постійними факторами були прийняті: напружений стан; розміри зразків; схема навантаження; вологість навколишнього середовища. Змінними були прийняті: товщина плити, вид плити МДФ, а саме без покриття, опоряджені матовою фарбою, личковані шпоном фاین-лайн; напруження та температура.

Нижній рівень змінювання температури відповідає звичайним умовам експлуатації, а верхній рівень прийнятий як такий, за якого можна зафіксувати результати експериментальних досліджень.

Рівні змінювання напружень також визначали на основі проведення попередніх досліджень. Було випробувано серію зразків за верхнього та нижнього інтервалів змінювання температури та визначено середнє значення серії випробувань.

Результати дослідження та їх обговорення. З метою перевірки термоактиваційної моделі експерименти планували таким чином, щоб результати дослідження можна було обробити двома методами: першим – згідно з термоактиваційною теорією міцності, другим – за повнофакторним планом експерименту. Регресійну модель будували у вигляді $\tau = f(\sigma, T)$. Експериментальні дослідження довговічності у плоскому напруженому стані плит MDF товщиною 10 мм наведено у табл. 1, товщиною 16 мм – у табл. 2, а товщиною 19 мм – у табл. 3.

1. Експериментальні дослідження довговічності плити MDF товщиною 10 мм

№ досліджу	X_1		X_2		X_1X_2	Y_i (lgt)
	Нормалізовані	Натуральні	Нормалізовані	Натуральні		
Без покриття						
1	−1	34	−1	20	+1	3,792
2	+1	39	−1	20	−1	1,806
3	−1	34	+1	80	−1	1,991
4	+1	39	+1	80	+1	0,829
Опоряджені фарбою з матовим ефектом						
1	−1	35	−1	20	+1	3,890
2	+1	40	−1	20	−1	1,881
3	−1	35	+1	80	−1	2,101
4	+1	40	+1	80	+1	0,929
Личковані шпоном фاین-лайн						
1	−1	37	−1	20	+1	3,951
2	+1	42	−1	20	−1	1,957
3	−1	37	+1	80	−1	2,101
4	+1	41	+1	80	+1	0,916

2. Експериментальні дослідження довговічності плити MDF товщиною 16 мм

№ досліджу	X_1		X_2		X_1X_2	Y_i (lgt)
	Нормалі- зовані	Нату- ральні	Нормалі- зовані	Нату- ральні		
Без покриття						
1	-1	27	-1	20	+1	4,526
2	+1	32	-1	20	-1	1,889
3	-1	27	+1	80	-1	2,271
4	+1	32	+1	80	+1	0,829
Опоряджені фарбою з матовим ефектом						
1	-1	29	-1	20	+1	4,498
2	+1	34	-1	20	-1	2,009
3	-1	29	+1	80	-1	2,271
4	+1	34	+1	80	+1	0,936
Личковані шпоном файн-лайн						
1	-1	32	-1	20	+1	4,687
2	+1	37	-1	20	-1	2,131
3	-1	32	+1	80	-1	2,337
4	+1	37	+1	80	+1	0,860

3. Експериментальні дослідження довговічності плити MDF товщиною 19 мм

№ досліджу	X_1		X_2		X_1X_2	Y_i (lgt)
	Нормалі- зовані	Нату- ральні	Нормалі- зовані	Нату- ральні		
Без покриття						
1	−1	24	−1	20	+1	5,218
2	+1	29	−1	20	−1	2,032
3	−1	24	+1	80	−1	2,347
4	+1	29	+1	80	+1	0,571
Опоряджені фарбою з матовим ефектом						
1	−1	27	−1	20	+1	5,229
2	+1	32	−1	20	−1	2,170
3	−1	27	+1	80	−1	2,405
4	+1	32	+1	80	+1	0,677
Личковані шпоном файн-лайн						
1	−1	30	−1	20	+1	5,407
2	+1	35	−1	20	−1	2,348
3	−1	30	+1	80	−1	2,584
4	+1	35	+1	80	+1	0,860

Результатом обробки даних дослідження, які обробляли за методикою повнофакторного плану [4–6] є адекватні рівняння регресії

залежності довговічності досліджених матеріалів у плоскому напруженому стані:

- для плити MDF товщиною 10 мм без покриття –
у нормалізованих позначеннях:
 $y = 2,10 - 0,79x_1 - 0,69x_2 + 0,206x_1x_2$, (1)
у натуральних позначеннях:
 $lg \tau = 22,85 - 0,52\sigma - 0,19T + 0,041\sigma T$; (2)
- для плити MDF товщиною 10 мм, яка опоряджена фарбою –
у нормалізованих позначеннях:
 $y = 2,20 - 0,80x_1 - 0,68x_2 + 0,209x_1x_2$, (3)
у натуральних позначеннях:
 $lg \tau = 23,69 - 0,53\sigma - 0,19T + 0,0042\sigma T$; (4)
- для плити MDF товщиною 10 мм, яка личкована шпоном фін-лайн –
у нормалізованих позначеннях:
 $y = 2,23 - 0,79x_1 - 0,72x_2 + 0,20x_1x_2$, (5)
у натуральних позначеннях:
 $lg \tau = 24,58 - 0,52\sigma - 0,20T + 0,004\sigma T$; (6)
- для плити MDF товщиною 16 мм без покриття –
у нормалізованих позначеннях:
 $y = 2,38 - 1,02x_1 - 0,83x_2 + 0,298x_1x_2$, (7)
у натуральних позначеннях:
 $lg \tau = 25,28 - 0,706\sigma - 0,217T + 0,0059\sigma T$; (8)
- для плити MDF товщиною 16 мм, яка опоряджена фарбою –
у нормалізованих позначеннях:
 $y = 2,43 - 0,96x_1 - 0,82x_2 + 0,288x_1x_2$, (9)
у натуральних позначеннях:
 $lg \tau = 25,62 - 0,671\sigma - 0,223T + 0,0058\sigma T$; (10)
- для плити MDF товщиною 16 мм, яка личкована шпоном фін-лайн –
у нормалізованих позначеннях:
 $y = 2,50 - 1,01x_1 - 0,91x_2 + 0,27x_1x_2$, (11)
у натуральних позначеннях:
 $lg \tau = 25,62 - 0,67\sigma - 0,223T + 0,0058\sigma T$; (12)
- для плити MDF товщиною 19 мм без покриття –
у нормалізованих позначеннях:
 $y = 2,54 - 1,24x_1 - 1,08x_2 + 0,352x_1x_2$, (13)
у натуральних позначеннях:
 $lg \tau = 27,74 - 0,849\sigma - 0,241T + 0,0071\sigma T$; (14)
- для плити MDF товщиною 19 мм, яка опоряджена фарбою –
у нормалізованих позначеннях:
 $y = 2,62 - 1,20x_1 - 1,08x_2 + 0,333x_1x_2$, (15)
у натуральних позначеннях:
 $lg \tau = 29,26 - 0,812\sigma - 0,250T + 0,0067\sigma T$; (16)
- для плити MDF товщиною 19 мм, яка личкована шпоном фін-лайн –
у нормалізованих позначеннях:
 $y = 2,80 - 1,20x_1 - 1,08x_2 + 0,334x_1x_2$, (17)

у натуральних позначеннях:

$$\lg \tau = 29,45 - 0,812\sigma - 0,251T + 0,0067\sigma T. \quad (18)$$

Для рівнянь (1–18) було зроблено перевірку значущості коефіцієнтів рівнянь регресії та їхньої адекватності для рівня значущості $q = 0$. Аналізуючи регресійні залежності, можна зазначити, що у всіх моделях коефіцієнти рівнянь регресії x_1 та x_2 мають знак «мінус», що вказує на зменшення показника довговічності зі зростанням навантаження та температури. У регресійних залежностях у нормалізованих позначеннях коефіцієнт x_1 є більшим, ніж коефіцієнт x_2 , тому звідси випливає, що довговічність плит MDF більше залежить від навантаження, ніж від температури.

Взаємний вплив напруження та температури у регресійних залежностях описується доданком σT , який має додатній знак і свідчить про позитивний зв'язок взаємодії вищевказаних факторів, який має зворотній характер.

У табл. 4 наведено результати порівняння довговічності плит MDF товщиною 16 мм, які розраховані за термоактиваційною (використовуючи термоактиваційні параметри, які були отримані у [7], та математичну модель довговічності для композиційних матеріалів на основі деревини (19)) та регресійною моделями.

$$\tau = \tau_m \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right], \quad (19)$$

де τ_m , U_0 , γ і T_m – фізичні (термоактиваційні) параметри матеріалу: τ_m – мінімальна довговічність (період коливання кінетичних одиниць – атомів, груп атомів, сегментів), с; U_0 – максимальна енергія активації руйнування, кДж·моль; γ – структурно-механічний параметр, кДж/(моль·МПа); T_m – гранична температура існування твердого тіла (температура деструкції), К; R – універсальна газова стала, кДж/(моль·К); τ – час до руйнування (довговічність), с; σ – напруження, МПа; T – температура, К.

4. Порівняння значень показника $\lg \tau$ плити MDF товщиною 16 мм у плоскому напруженому стані залежно від виду захисно-декоративного покриття

Метод визначення	№ досліду			
	1	2	3	4
без покриття				
за регресійною моделлю	4,526	1,889	2,271	0,828
за термоактиваційною моделлю	4,514	1,875	2,277	0,841
опоряджена фарбою				
за регресійною моделлю	4,498	2,008	2,271	0,935
за термоактиваційною моделлю	4,494	1,993	2,275	0,94
личкована шпоном файн-лайн				
за регресійною моделлю	4,687	2,131	2,337	0,86
за термоактиваційною моделлю	4,699	2,117	2,329	0,849

З таблиці видно, що розрахункові дані за обома моделями мають достатню збіжність, що свідчить про адекватність регресійних моделей і про те, що термоактиваційна модель адекватно описує довговічність плит MDF.

Висновки і перспективи. Отримані в результаті обробки експериментальних даних згідно з методикою повнофакторного плану експерименту регресійні залежності дають змогу спрогнозувати довговічність плит MDF за двома параметрами: величиною напруження і температури. Також було порівняно результати розрахунків показника довговічності за термоактиваційною та регресійною моделями. Результати розрахунків показали, що термоактиваційна та регресійна моделі можуть бути використані для прогнозування показника довговічності матеріалу. Проте принципова відмінність термоактиваційної моделі від регресійної полягає в тому, що вона об'єднує вплив на довговічність не тільки зовнішніх факторів, а саме навантаження і температуру, а й термоактиваційні параметри, які характеризують внутрішній, енергетичний потенціал. Тому термоактиваційна модель більш інформативна й дає змогу дослідити поведінку матеріалів під час навантаження залежно від їхніх енергетичних властивостей.

Список використаних джерел

1. The world market of MDF [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.woodpanelsonline.com/downloads/mdf-yearbook-2013-2014/>.
2. Галузь застосування плит MDF [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.kmm.ua/ua/produkiya/plity-mdf-ua/126-galuz-zastosuvannya-mdf/>.
3. Плити деревинні. Визначення модуля пружності та границі міцності під час згинання (EN 310:2003, IDT) : ДСТУ EN 310 : 2003. – [Чинний від 01.07.2005]. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 10 с. – (Національний стандарт України).
4. Барабашук В. И. Планирование эксперимента в технике / В. И. Барабашук, Б. П. Креденцер, В. И. Мирошниченко. – К. : Техника, 1984. – 200 с.
5. Пижурин А. А. Исследование процессов деревообработки / А. А. Пижурин, М. С. Розенблит. – М. : Лесная пром-сть, 1984. – 232 с.
6. Пилипчик М. І. Основи наукових досліджень / М. І. Пилипчик, А. С. Григор'єв, В. В. Шостак. – К. : Знання, 2007. – 207 с.
7. Бойко Л. М. Вплив захисно-декоративного покриття на довговічність плит MDF / Л. М. Бойко, О. В. Анциферова // Електронний науковий журнал «Лісове і садово-паркове господарство». – К. : НУБіПУ, 2016. – Журнал № 9. – Режим доступу: <http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-9/ukr/bojko-antsyferova/>.

References

1. The world market of MDF. Available at: <http://www.woodpanelsonline.com/downloads/mdf-yearbook-2013-2014/>.

2. Galuz zastosuvannja plit MDF [Range of application MDF boards]. Available at: <http://www.kmm.ua/ua/produkiya/plity-mdf-ua/126-galuz-zastosuvannya-mdf>.
3. Plyty derevynni. Vyznachennya modulya pruzhnosti ta hranytsi mitsnosti pid chas zhynannya [Wood plate. Determination of modulus of elasticity and tensile strength in bending] (2003). DSTU EN 310:2003, IDT from 01.07.2005. – Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
4. Barabashhuk, V. I., Kredencem, B. P., Miroshnichenko, V. I., (1984). Planirovanie jeksperimenta v tehnikе [Design of experiments in engineering]. Kiev: Tekhnika, 200.
5. Pizhurin, A. A., Roznblit, M. S. (1984). Issledovanie processov derevoobrabotki [The study of the processes of woodworking]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 232.
6. Pylypchyk, M. I., Grygor'yev, A. S., Shostak, V. V. (2007). Osnovy naukovykh doslidzhen [Fundamentals of scientific research]. Kiev: Znannia, 207.
7. Bojko, L. M., Ancyferova, O. V. (2016). Vplyv zaxysno-dekoratyvnogo pokryttya na dovgovichnist plyt MDF [The influence of protective-decorative coatings on the durability of MDF]. [Electronic scientific journals «Forestry and landscape gardening», 9]. Available at: <http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-9/ukr/bojko-antsyferova/>.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕРЕВОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ (ПЛИТ MDF) С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Л. Н. Бойко, А. В. Анциферова

Аннотация. Древесноволокнистые плиты средней плотности широко используются в строительстве (изготовление ламинированных полов и стеновых панелей, различных балок перекрытия и др.) и в мебельном производстве (изготовление фасадов и конструктивных элементов корпуса). Для проведения исследования использовался стенд на базе разрывной машины Р-5. В статье приведены результаты экспериментального исследования долговечности древесноволокнистых плит средней плотности (плит MDF), на основе которых было предложена математическая (регрессионную) модель для прогнозирования долговечности плит MDF. Полученные результаты прогноза ресурса долговечности плит MDF по регрессионной модели были сравнены с результатами расчетов по термоактивационной (кинетической) теории прочности, и был сделан вывод о том, что термоактивационная и регрессионная модель адекватно описывает долговечность материала, но принципиальное отличие кинетической модели от регрессионных в том, что она объединяет влияние на долговечность не только внешние факторы, а именно нагрузку и температуру, но и термоактивационные параметры, которые характеризуют внутренний, энергетический потенциал. Поэтому термоактивационная модель более информативна и позволяет

исследовать поведение материалов при нагрузке в зависимости от их энергетических свойств.

Ключевые слова: плиты MDF, ресурс долговечности, математическая модель, термоактивационная теория прочности.

RELIABILITY ASSESSMENT METHOD MEDIUM DENSITY FIBERBOARD (BOARDS MDF) USING MATHEMATICAL MODELS

L. Bojko, O. Ancyferova

Abstract. Medium density fibreboard widely used in construction (manufacture of laminate flooring and wall panels, ceiling beams and a variety of others.) and furniture production (manufacturing facades and structural elements of the body). To conduct the study used a stand on the basis of the testing machine P-5. The results of an experimental study of the durability of medium density fibreboard (MDF board), on the basis of which it was a mathematical (regression) model to predict the durability of MDF boards. The results MDF durability resource forecast plates on the regression model were compared with the results of calculations by kinetic theory of strength, and it was concluded that the thermally activated and regression model adequately describes the durability of the material, but the fundamental difference between the kinetic model of regression that it combines the impact on the durability of not only the external factors, namely, load and temperature, but also thermally activated parameters that characterize the inner energy potential. Therefore, thermally activated, and the model allows more informative to study the behavior of materials under load, depending on their energy properties.

Keywords: MDF boards, durability life, a mathematical model, the theory of thermally activated safety.

УДК 674.047

ВПЛИВ РЕЖИМУ ОБРОБКИ НА ЯКІСТЬ СУШІННЯ ДУБОВИХ ЗАГОТОВОК

В. В. БОРЯЧИНСЬКИЙ, аспірант *

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

E-mail: Boryachinskiy@yandex.ua

Анотація. Наведено результати визначення залишкових внутрішніх напружень у дубових заготовках товщиною 50 мм, висушених осцилюючим режимом. Проведено дослідження з визначення кількісної залежності деформацій зубців силових секцій від величини перепаду внутрішніх напружень з урахуванням експериментально

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор О. О. Пінчевська.