

ВПЛИВ ЗАХИСНО-ДЕКОРАТИВНОГО ПОКРИТТЯ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ПЛИТ MDF

Л. М. Бойко, кандидат технічних наук,

*О. В. Анциферова, аспірант **

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наведено аналіз даних щодо застосування композиційних матеріалів на основі деревини. Викладено результати експериментальних досліджень із визначення термоактиваційних показників плит MDF, що застосовуються у меблевому виробництві, та встановлено їхню залежність від виду личківки і захисно-декоративного покриття.

Ключові слова: плити MDF, термоактиваційні параметри, захисно-декоративне покриття, довговічність.

Деревинно-волокнисті плити середньої щільності (плити MDF) набувають дедалі більшого поширення як конструкційний матеріал. Однією з переваг цього деревинного композиційного матеріалу є їхня екологічність, тому, враховуючи цю властивість плит MDF, природно, що споживачі надають останнім перевагу перед личкованими СП при замовленні меблевих виробів.

Одним із найважливіших завдань матеріалознавства є розуміння процесу деформування та руйнування, впливу виду личківки на працездатність матеріалу, а також прогнозування довговічності матеріалів на основі деревини, що може зменшити матеріалоємність виробів із деревинних композиційних матеріалів.

Дослідження довговічності конструкційних матеріалів було започатковано завдяки роботам наукової школи С. М. Журкова [1, 2]. Він розробив та підтвердив термоактиваційну (кінетичну) теорію міцності твердих тіл, яка наголошує на необхідності врахування впливу теплового руху (флуктуацій

* Науковий керівник – кандидат технічних наук Л. М. Бойко

тепловій енергії) на процеси деформування та руйнування, особливо на їхній початковій стадії. Процес руйнування за навантажень, які нижчі ніж критичні, не може відбуватися за відсутності теплового руху атомів та молекул, які є фактором, який принципово зумовлює розрив матеріалу за таких навантажень. В основу критерію довговічності проф. С. М. Журкова покладено принцип температурно-часової суперпозиції.

Подальші дослідження довговічності конструкційних матеріалів розвиваються у роботах Р. В. Регеля та А. І. Слуцкера [3], І. Г. Грабара [4] та інших авторів [5, 6, 7]. Результатами цих досліджень є розроблення методик оцінювання довговічності матеріалів будівельного призначення [8] та кутових з'єднань у конструкціях меблів [9].

Поставлене технічне завдання вирішується таким чином: зразок руйнується за навантаження, що постійно зростає, а саме випробування проводять на однакових зразках за чотирьох фіксованих значень температури та швидкості навантаження, яка у кожній серії випробувань різна, при цьому фіксують час до руйнування кожного зразка. Потім визначають довговічність матеріалу за формулою:

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

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.

Значення термоактиваційних параметрів τ_m , U_0 , T_m , γ визначають на підставі результатів проведених випробувань шляхом розв'язування системи рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{U_0}{RT_1} - \frac{U_0}{RT_m} - \gamma \frac{\sigma_1}{RT_1} + \gamma \frac{\sigma_1}{RT_m} + \ln \tau_m = \ln t_1 \\ \frac{U_0}{RT_2} - \frac{U_0}{RT_m} - \gamma \frac{\sigma_2}{RT_2} + \gamma \frac{\sigma_2}{RT_m} + \ln \tau_m = \ln t_2 \\ \frac{U_0}{RT_3} - \frac{U_0}{RT_m} - \gamma \frac{\sigma_3}{RT_3} + \gamma \frac{\sigma_3}{RT_m} + \ln \tau_m = \ln t_3 \\ \frac{U_0}{RT_4} - \frac{U_0}{RT_m} - \gamma \frac{\sigma_4}{RT_4} + \gamma \frac{\sigma_4}{RT_m} + \ln \tau_m = \ln t_4 \end{cases} \quad (2)$$

де T_1, T_2, T_3, T_4 – температура проведення чотирьох серій випробувань, °K;

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ – максимальне руйнівне напруження за відповідної температури, МПа;

t_1, t_2, t_3, t_4 – час до руйнування зразка за відповідної температури, с.

У механічному полі процес розриву зв'язків прискорюється. Отже, спрямованість прикладеної сили забезпечує безповоротність процесу внаслідок накопичення цих розривів. Головний руйнівний фактор – це теплові флуктуації, тобто енергія руйнування тіла більшою мірою береться із запасу теплової енергії, ніж із роботи зовнішніх сил.

На міцність матеріалу, а отже і на довговічність, впливає як характер підложки, так і твердість лакофарбового покриття. У роботі [10] було визначено, що найменшу твердість мали зразки без оздоблення, а найбільшу твердість – покриття, які були вкриті яхтовим лаком. Також проведені автором дослідження показали, що найменшу твердість серед покритих лакофарбовими матеріалами мали зразки з масло-воском.

Мета дослідження – дослідити та проаналізувати вплив личківки і захисно-декоративного покриття деревинно-волокнистих плит середньої щільності на їхню довговічність.

Матеріали та методика досліджень. Зразки для досліджень, відібрані згідно з ДСТУ EN 310:2003, 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 досліджень брали зразки без покриття, личковані натуральним шпоном фан-лайн та опоряджені фарбою, яка мала матове покриття вищенаведених товщин. Зразки досліджували за температури 20, 40, 60, 80 °C та відносної вологості

65 % за таких швидкостей навантаження – 2, 7, 12 мм·хв⁻¹. Розміри зразків для дослідження визначали згідно з EN 325.

Зразки випробовували на розривній машині Р-5 за планом експерименту. Схему навантаження наведено на рис. 1.

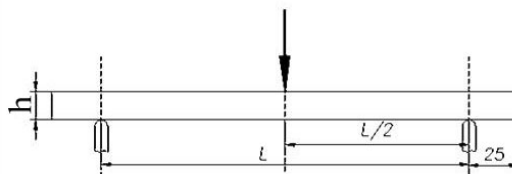


Рис. 1. Схема навантаження зразка під час дослідження довговічності залежно від температури

Зразки нагрівали за допомогою масляного радіатора, між ребрами якого їх поміщалися. Зразки витримували за заданих температур протягом 30 хв, потім поміщали на пристосування і починали навантажувати. У камері підтримували температуру ± 2 °С від заданої за допомогою теплових електричних нагрівачів. Температуру контролювали за допомогою термопари, яку встановлювали у просвердлений отвір у торці.

Результати дослідження. Умови проведення та середні результати випробувань для плити MDF наведено у табл. 1.

1. Умови проведення та результати випробувань

№ з/п	Умови випробувань				Час до руйнування зразка, <i>Int</i> , с
	Межа міцності, σ , МПа		Температура, T , К		
1	2		3		4
Плита MDF завтовшки 10 мм без покриття					
1	σ_1	39	T_1	293	4,205
2	σ_2	38	T_2	308	4,356
3	σ_3	37	T_3	323	4,376
4	σ_4	34	T_4	353	4,630
Плита MDF завтовшки 10 мм опоряджена фарбою					
1	σ_1	40	T_1	293	4,441
2	σ_2	39	T_2	308	4,596
3	σ_3	38	T_3	323	4,616
4	σ_4	35	T_4	353	4,870

продовження табл. 1

1	2	3	4
Плита MDF завтовшки 10 мм личкована шпоном фاین-лайн			
1	σ_1	43	T_1 293 4,464
2	σ_2	41	T_2 308 4,624
3	σ_3	40	T_3 323 4,646
4	σ_4	37	T_4 353 4,900
Плита MDF завтовшки 16 мм без покриття			
1	σ_1	32	T_1 293 5,360
2	σ_2	31	T_2 308 5,596
3	σ_3	30	T_3 323 5,620
4	σ_4	27	T_4 353 5,800
Плита MDF завтовшки 16 мм опоряджена фарбою			
1	σ_1	24	T_1 293 4,585
2	σ_2	23	T_2 308 4,890
3	σ_3	22	T_3 323 4,980
4	σ_4	17	T_4 353 5,240
Плита MDF завтовшки 16 мм личкована шпоном фاین-лайн			
1	σ_1	27	T_1 293 4,864
2	σ_2	26	T_2 308 5,070
3	σ_3	25	T_3 323 5,090
4	σ_4	22	T_4 353 5,347
Плита MDF завтовшки 19 мм без покриття			
1	σ_1	32	T_1 293 5,010
2	σ_2	31	T_2 308 5,270
3	σ_3	30	T_3 323 5,290
4	σ_4	27	T_4 353 5,547
Плита MDF завтовшки 19 мм опоряджена фарбою			
1	σ_1	29	T_1 293 5,019
2	σ_2	28	T_2 308 5,270
3	σ_3	27	T_3 323 5,290
4	σ_4	24	T_4 353 5,547
Плита MDF завтовшки 19 мм личкована шпоном фاین-лайн			
1	σ_1	35	T_1 293 5,420
2	σ_2	34	T_2 308 5,670
3	σ_3	33	T_3 323 5,690
4	σ_4	30	T_4 353 5,950

Аналізуючи дані табл. 1, можна встановити, що межа міцності плити MDF товщиною 10 і 19 мм із захисно-декоративним покриттям більша, аніж плити без покриття, на 9 %. Ця залежність не спостерігається тільки для плити MDF товщиною 16 мм. У цьому випадку можна говорити, що вирішальну роль відіграла щільність матеріалу, яка була вище у плити без покриття.

На довговічність об'єкта дослідження впливають не тільки зовнішні чинники (σ , T), а й внутрішні параметри конструкційного матеріалу (U_0 , T_m , γ та τ_m), які залежать від природи та складу матеріалу.

Для розрахунку термоактиваційних параметрів було використано систему рівнянь (2). Розрахунки проводили у середовищі програми MathCAD. Результати розрахунків термоактиваційних параметрів наведено у табл. 2.

2. Термоактиваційні параметри плит MDF у плоскому напруженому стані

№	Назва матеріалу	Термоактиваційні параметри ДСП виробництва Swisspan			
		$\ln\tau_m$, с	U_0 , кДж/моль	γ , кДж/ (моль·МПа)	T_m , К
1. Плита MDF товщиною 10 мм					
1.1	без покриття	-1,4	233	5,16	504
1.2	опоряджена фарбою	-1,255	244	5,30	503
1.3	личкована шпоном фاین-лайн	-1,223	259	5,39	500
2. Плита MDF товщиною 16 мм					
2.1	без покриття	-0,900	282	7,77	467
2.2	опоряджена фарбою	-0,61	290	7,53	461
2.3	личкована шпоном фاین-лайн	-1,97	304	7,11	487
3. Плита MDF товщиною 19 мм					
3.1	без покриття	-3,01	309	9,01	477
3.2	опоряджена фарбою	-2,80	326	8,69	478
3.3	личкована шпоном фاین-лайн	-2,42	351	8,66	479

Експоненціальний множник τ_m для плит MDF має коливання від $\lg\tau_m = -2,75$ до $0,5$. Це можна пояснити тим, що експериментальні значення $\ln\tau$ приймаються середніми у часі, коли у руйнуванні композитного матеріалу поступово бере участь дедалі більший об'єм твердого тіла.

За роботами [5, 11] найбільше на фізико-механічні матеріали впливає величина максимальної енергії активації. Величина енергії активації залежить від виду захисно-декоративного покриття.

Із проведених досліджень випливає, що для матеріалу, який опоряджено фарбою, величина енергії активації U_0 зросла на 10,8 %, а для зразків, які личковані шпоном фاین-лайн, – на 20,5 % порівняно з енергією активації з MDF без покриття. Значне збільшення енергії активації для матеріалу, який

личкований шпоном, вірогідно відбулося внаслідок появи додаткового зміцнюючого шару натурального шпону, який з'явився після виконання технологічної операції личкування.

За результатами експериментальних досліджень плит MDF у плоскому напруженому стані та розрахованими термоактиваційним параметрами за формулою (1) було визначено довговічність деталі, яка працює на чистий згин без впливу нестационарних умов експлуатації за таких умов: напруження, за якого експлуатують матеріал, $\sigma = 15$ МПа, експлуатаційна температура $T = 293$ К та відносна вологість повітря $W = 45$ %. Розрахунки довговічності плит MDF обраних товщин та з заданим видом захисно-декоративного покриття подано на рис. 2.

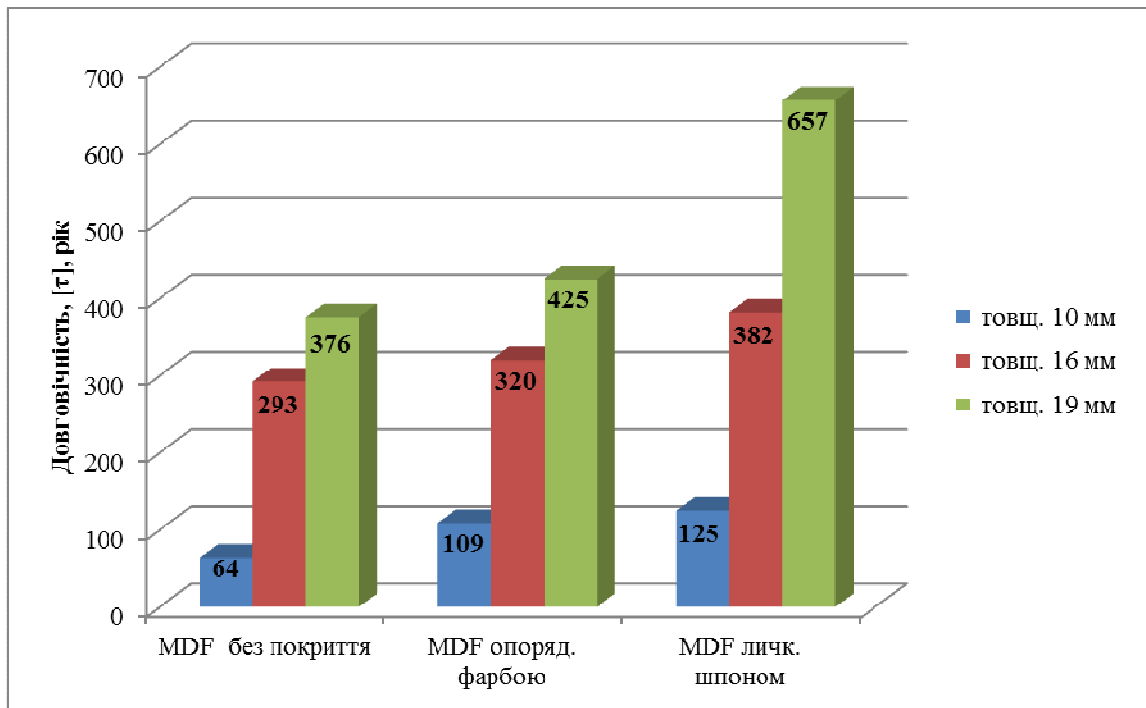


Рис. 2. Довговічність плит MDF при $\sigma = 20$ МПа, $T = 293$ К та $W = 40$ %

На підставі даних рис. 2 робимо висновок про залежність довговічності від виду личківки. Порівняно з плитою MDF без покриття довговічність MDF, оздоблених фарбою, зросла на 16 %, а довговічність MDF, личкованого натуральним шпоном, – на 78 %.

Висновки. За результатами досліджень впливу виду захисно-декоративного покриття на довговічність плит MDF було встановлено:

- найменше значення показника довговічності за стаціонарних умов експлуатації мають плити MDF товщиною 19 мм без покриття, а найбільше – плити MDF товщиною 10 мм, які личковані натуральним шпоном;

- довговічність плит, які личковані натуральним шпоном, у 1,8 разу більша, ніж плит без покриття;

- вироби з плити MDF товщиною 10 мм можуть мати у 1,2 разу більшу довговічність, ніж аналогічні вироби з плити MDF товщиною 19 мм за однакових умов експлуатації, оскільки довговічність плит MDF товщиною 10 мм, личкованих натуральним шпоном, за експлуатаційного навантаження 15 МПа та експлуатаційної температури 293 К становить 801 рік, а показник довговічності плит MDF товщиною 19 мм з аналогічним видом захисно-декоративного покриття та умовами експлуатації – 719 років.

Список літератури

1. Журков С. Н. Временная зависимость прочности твердого тела / С. Н. Журков, Б. Н. Нарзуллаев // Журнал технической физики. – 1953. – Т. 23. – Вып. 10. – С. 1677–1689.

2. Журков С. Н. Кинетическая концепция прочности твердых тел / С. Н. Журков, Т. П. Санфирова // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. – 1967. – Т. 3. – № 10. – С. 1767–1776.

3. Регель В. Р. Кинетическая природа прочности твердых тел / В. Р. Регель, А. И. Слуцкер, Э. Е. Томашевский. – М., 1979. – 560 с.

4. Грабар І. Г. Дизайн і методика прогнозування ресурсу та граничної міцності корпусних меблів / І. Г. Грабар, Л. М. Бойко, С. М. Кульман // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів, 2008. – Вип. 18.10. – С. 81–89.

5. Ратнер С. Б. Физическая механика пластмасс. Как прогнозировать работоспособность? / С. Б. Ратнер, В. П. Ярцев. – М. : Химия, 1992. – 320 с.

6. Ярцев В. П. Физико-технические основы работоспособности органических материалов в деталях и конструкциях : дис. д-ра техн. наук : спец. 05.23.05 / Виктор Петрович Ярцев. – Воронеж, 1998. – 363 с.

7. Патент на корисну модель № 46493 Україна, МПК G01D 3/00. Спосіб випробовування довговічності кутових з'єднань корпусних меблів / С. М. Кульман, Л. М. Бойко. – Номер заявки u 2009 06787; заявл. 30.06.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл. № 24.

8. Киселева О. А. Прогнозирование работоспособности древесностружечных и древесноволокнистых композитов в строительных изделиях : дис. канд. техн. наук : спец. 05.23.05 / Олеся Анатольевна Киселева. – Воронеж, 2003. – 208 с.

9. Бойко Л. М. Оцінювання довговічності личкованих стружкових плит у конструкціях меблів : дис. канд. техн. наук : спец. 05.23.06 / Бойко Людмила Миколаївна. – Житомир, 2011. – 214 с.

10. Буйських Н. В. Дослідження та оцінка твердості лакофарбових покриттів на штучно зістарених зразках / Н. В. Буйських, Д. В. Морокова // Науковий вісник НУБіП України : серія «Лісівництво та декоративне садівництво». – К., 2015. – Вип. 219. – С. 266–269.

11. Физика полимеров / Г. М. Бартнев, С. Я. Френкель ; под ред. д-ра физ.-мат. наук А. М. Ельяшевича. – Л. : Химия, 1990. – 731 с.

Приведен анализ данных по применению композиционных материалов на основе древесины. Изложены результаты экспериментальных исследований по определению термоактивационных параметров плит MDF, применяемых в мебельном производстве, и установлена их зависимость от вида облицовки и защитно-декоративного покрытия.

Ключевые слова: *плиты MDF, термоактивационные параметры, защитно-декоративное покрытие, долговечность.*

The analysis of data on the use of composite materials based on wood. The results of experimental researches on determination of different parameters of plates MDF used in furniture production and their dependence on the type of cladding and a protective and decorative coating.

Key words: *MDF plate, thermally activated parameters, protective and decorative coating, durability.*