МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ЗАВОРОТНЮК ОЛЕКСАНДРА ВІКТОРІВНА

УДК 674.817-027.45:624

ДОВГОВІЧНІСТЬ ДЕРЕВИННОВОЛОКНИСТИХ ПЛИТ СЕРЕДНЬОЇ ЩІЛЬНОСТІ

05.23.06 «Технологія деревообробки,
виготовлення меблів та виробів з деревини»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Пінчевська Олена Олексіївна,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
завідувач кафедри технологій
та дизайну виробів з деревини

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Грабар Іван Григорович,
Житомирський національний
агроекологічний університет,
завідувач кафедри процесів,
машин і обладнання

кандидат технічних наук
Ортинська Галина Євгенівна,
Державний вищий навчальний заклад
«Національний лісотехнічний університет України»,
доцент кафедри технологій
деревинних композиційних матеріалів,
целюлози та паперу

Захист відбудеться «04» грудня 2019 року о 10^{00} годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.004.11 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано «01» листопада 2019 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Н. В. Буйських

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Як перспективний напрям використання деревини нині виокремлюється її комплексна переробка. Серед таких виготовлення деревинноволокнистих плит середньої щільності або плит MDF (плити MDF – англ. *Medium density fiberboard*), для яких притаманна низка переваг. Найбільшою мірою застосовуються плити MDF як покриття для підлоги, у меблевій промисловості та будівельній галузі. Крім того, їх використовують для виготовлення декоративних елементів інтер'єру, товарів побутового вжитку тощо. Обробляються вони практично так само добре, як і масивна деревина, при цьому не мають її головного недоліку – неоднорідності будови та вади, що пов'язано з природнім біологічним походженням деревини. За виробництва плит MDF одержують суттєву економію ділової деревини.

Виготовлення виробів із плит MDF неможливо без процесу проектування, що базується на фізико-механічних характеристиках матеріалу та забезпечує раціональне використання матеріальних цінностей підприємства. Процес проектування виробів із плит MDF відзначається складністю через високу неоднорідність розподілу компонентів за об'ємом, що впливає на механічні властивості матеріалу. Нині при проектуванні меблевих конструкцій використовують емпіричний метод граничних станів, тоді як усі ускладнення враховуються поправочними коефіцієнтами. Це призводить до багаторазового запасу міцності та збільшення матеріалоємності виробу, що впливає на собівартість готової продукції. Водночас, на фоні зменшення лісових ресурсів подібна ситуація не сприяє збереженню та раціональному використанню останніх.

Сучасні дизайнерські тенденції свідчать про мінімалізм у меблевих конструкціях. Для впевненості у спроможності плит MDF різної товщини витримувати відповідні навантаження необхідне визначення закономірностей їх макроскопічного руйнування.

Розуміння процесу деформування і руйнування, а також прогнозування довговічності цих матеріалів, вважається одним із головних завдань матеріалознавства, і частиною завдань проектування виробів з них. Створення не трудомісткої методики прогнозування довговічності дозволить виробникам зменшити матеріалоємність виробів із плит MDF, а споживачів забезпечить якісними й недорогими корпусними виробами. Визначення прогнозованого терміну експлуатації на етапі проектування меблевих виробів з плит MDF різного ґатунку залишається актуальним завданням промисловості.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертацію виконано у межах науково-дослідної роботи згідно з основними напрямами наукової діяльності кафедри технологій та дизайну виробів з деревини Національного університету біоресурсів і природокористування України, зокрема: «Розробити методику оцінювання довговічності деревинноволокнистих плит середньої щільності» (номер державної реєстрації 0116u001751, 2016–2020 рр.).

Мета та завдання дослідження. Мета досліджень полягала у розробленні методу прогнозування довговічності виробів із деревинно-волокнистих плит середньої щільності, який враховує довготривалу дію механічного навантаження та факторів старіння, що базується на кінетичній теорії міцності.

Для досягнення мети було поставлено наступні завдання:

– проаналізувати методи дослідження довговічності деревноволокнистих плит середньої щільності та сформулювати напрям досліджень;

– побудувати математичну модель прогнозування довговічності плит MDF на основі кінетичної теорії міцності із урахуванням основних факторів впливу на термін служби виробів;

– запропонувати методику визначення термоактиваційних параметрів плит MDF прискореним методом;

– визначити термоактиваційні параметри плит MDF прискореним методом;

– провести експериментальну перевірку запропонованої методики визначення термоактиваційних параметрів;

– перевірити результати отриманих досліджень у промислових умовах та впровадити їх у виробництво.

Об'єкт дослідження – процес макроскопічного руйнування деревинно-волокнистих плит середньої щільності у меблевих конструкціях.

Предмет дослідження – встановлення залежності між довговічністю деревинноволокнистих плит середньої щільності та умовами їх експлуатації.

Методи дослідження: експериментальні – для отримання фактичних значень показників міцності плитного матеріалу на статичний згин; статистичного аналізу – для обробки даних експериментального дослідження; рандомізації – для зменшення системних похибок при виконанні експериментального дослідження; кінетичної теорії міцності – для побудови теоретичної моделі втрати ресурсу довговічності плит MDF; математичного моделювання за допомогою програмного забезпечення на персональному комп'ютері; кінцевих елементів – для розрахунку напружень у меблевих конструкціях.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі кінетичної теорії міцності твердих тіл вирішено науково-практичне завдання визначення терміну служби деревинноволокнистих плит середньої щільності у меблевих конструкціях.

Доведено можливість застосування кінетичної теорії міцності твердих тіл для визначення терміну служби деревинноволокнистих плит середньої щільності у меблевих конструкціях.

Розроблено методику визначення термоактиваційних параметрів матеріалу, в основу якої покладено положення кінетичної теорії міцності твердих тіл.

Уперше визначено термоактиваційні параметри плит MDF різної товщини та виду захисно-декоративного покриття.

Отримано значення коефіцієнта, що враховує старіння полімерного в'яжучого матеріалу у процесі експлуатації.

Запропоновано метод визначення терміну служби виробів, який враховує час дії температури та вологості.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано спосіб розрахунку коефіцієнтів, що враховують старіння полімерного в'яжучого у процесі експлуатації і вплив вологості матеріалу, а також спосіб визначення термоактиваційних параметрів на основі розв'язання рівняння довговічності стосовно часу руйнування.

Розроблено спосіб визначення терміну використання меблевих конструкцій з урахуванням фактора старіння смоли та часу дії факторів впливу на них. Впровадження методики прогнозування довговічності на підприємствах дозволить зменшити матеріалоємність меблевих конструкцій відповідно до запланованого строку служби та обґрунтувати гарантійний термін експлуатації меблевих виробів.

Спосіб прогнозування довговічності виробів із деревини й композиційних матеріалів прийнято до використання при розробленні конструкцій наборів меблів для кухні у ТОВ «Комод» і ТОВ «Партнер».

Отримані результати дисертації запроваджено у навчальний процес кафедри технологій та дизайну виробів з деревини Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства Національного університету біоресурсів і природокористування України під час викладання дисциплін «Конструювання виробів з деревини» для ОС «Бакалавр», «Актуальні проблеми механічного оброблення деревини», «Проектування та дизайн виробів з деревини» для ОС «Магістр».

Особистий внесок здобувача. Усі дослідження проведено особисто здобувачем. Автором виконано огляд джерел літератури за темою дисертації, експериментальні дослідження, узагальнення та статистичну обробку результатів експериментів, їх апробацію. Аналіз й обговорення результатів досліджень, інтерпретацію та формулювання основних положень висновків, підготовку публікацій за результатами досліджень було здійснено за участю наукового керівника.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень та основні положення дисертації обговорювалися на: Міжнародній науково-практичній конференції «Лісове і садово-паркове господарство XXI сторіччя: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» (м. Київ, 2014 р.); Міжнародній заочній науково-практичній конференції «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика» (м. Вороніж, Російська Федерація, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми опорядження і захисту деревини» (м. Київ, 2015 р.); Міжнародній заочній науково-практичній конференції «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика» (м. Вороніж, Російська Федерація, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання» (м. Київ, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції

«Сучасні технології та матеріали деревообробки» (м. Київ, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи науково-практичного співробітництва у вирішенні сучасних проблем переробки низько товарної деревини» (м. Київ – Вінниця, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Здоров'я лісів, екосистемні послуги та лісові продукти для суспільства» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні тенденції та технології в інтер'єрі та виробництві меблів» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Contribution of young scientists on forestry, wood processing technologies and horticulture» (м. Київ, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» (м. Чернігів, 2018 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження викладено у 20 наукових працях, з яких 2 статті у наукових фахових виданнях України, 7 статей у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 2 статті у науковому виданні іншої держави, патент України на корисну модель, 8 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, огляду наукової літератури, матеріалів і методів дослідження, результатів експериментальних досліджень та їх обговорення, висновків і списку використаних джерел (168 найменувань, з яких 56 латиницею) та додатків. Загальний обсяг роботи становить 196 сторінок, що містить 59 рисунків та 25 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та завдання дослідження, показано наукову новизну і практичне значення виконаної роботи, наведено дані про апробацію отриманих результатів та визначено особистий внесок здобувача.

У першому розділі **«Стан питання та завдання дослідження»** проаналізовано існуючі підходи до прогнозування міцності конструкційних матеріалів, попередні дослідження щодо прогнозування довговічності композиційних матеріалів на основі деревини та наведено характеристику плитам MDF.

Серед переваг застосування деревинноволокнистих плит середньої щільності розрізняють: показники міцності плит MDF, які не набагато нижчі, ніж у натуральної деревини; плити MDF вологостійкі, що досягається за рахунок однорідної структури й достатньої щільності; довготривалий термін використання, який виражений у незмінності форми і габаритних розмірів та збереженні декоративного покриття; широка палітра поверхневих матеріалів оздоблення забезпечує високі естетичні властивості виробам із плит MDF, що дозволяє використовувати їх у найрізноманітніших інтер'єрах; монтажні роботи виконуються у короткий строк і не потребують залучення вузькопрофільних спеціалістів або спеціалізованого обладнання; завдяки рівномірній структурі плит MDF їх можна обробляти різними видами фрез,

створюючи об’ємний рельєф; ціна матеріалу майже у три рази нижча, ніж ціна натуральної деревини. До недоліків плит MDF можна віднести велику масу; обробка плити вимагає використання респіраторів, оскільки процес фрезерування супроводжується рясним пилоутворенням; у складі плит MDF присутні карбамідо-формальдегідні смоли, достатньо шкідливі для організму людини, хоча якісним плитам MDF надається клас емісії Е1.

Перші дослідження довговічності твердих тіл проводилися у різних країнах ще на початку минулого століття. Інтерес зосереджувався переважно на з’ясуванні поведінки матеріалів під час розвитку тріщин (Griffith A., Smekal A., Orowan E.) та фізичного сенсу внутрішніх констант матеріалів, що входять до формулу довговічності професора С. Н. Журкова. (Регель В. Р., Слуцкер А. И., Ратнер С. Б.); розробленні методик прогнозування довговічності для конструкційних матеріалів (Caillard D., Martin J.-L., Ярцев В. П., Грабар І. Г., Кульман С. М., Бойко Л. М.).

Плити MDF застосовують у меблевій галузі як матеріал для виготовлення фасадних поверхонь, кухонних стільниць, фасадне наповнення розсувних систем тощо. Дослідження довговічності плит MDF та створення не трудомісткої методики оцінювання довговічності залишається актуальним питанням, адже особливості структури плит MDF малодосліджені.

У другому розділі **«Обґрунтування методу прогнозування довговічності деревинноволокнистої плити середньої щільності»** теоретично обґрунтовано застосування кінетичної теорії міцності для дослідження довговічності плит MDF та запропоновано прискорений спосіб визначення термоактиваційних параметрів.

Довговічність плит MDF залежить від механічних характеристик, які, у свою чергу, залежать від трьох факторів: міцності й пружності волокна, міцності та хімічної стабільності смоли і міцності зв’язку між смолою та волокном, від якої залежить ефективність передачі напружень через поверхню поділу.

Кінетика розвитку процесу руйнування визначається імовірністю подолання енергетичного бар’єра атомами, що містять надлишкову енергію у результаті виникнення теплової флуктуації та дії механічного навантаження. Рівняння (1) використовують для обчислення теоретичної довговічності, оскільки у ньому не враховується вплив коливань температури, вологості повітря та матеріалу і механічних навантажень.

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

де τ–час до руйнування (довговічність), с; τ_m – період коливання атомів у твердому тілі, с; U_0 – максимальна енергія активації руйнування, кДж/моль; γ – структурно-механічний параметр, кДж/(моль·МПа); R – універсальна газова стала, кДж/(моль·К); σ – напруження, МПа; T – температура, К; T_m – гранична температура існування твердого тіла, К.

Тому у формулу вводять поправки, що враховують фактори експлуатації. Найбільшою мірою на фізико-механічні властивості деревини і деревних плит впливає вологість. При розбуханні плитного матеріалу його деформація

складатиметься з розбухання деревних волокон, тоді як розбухання в'яжучого буде значно меншим. З позиції кінетичної теорії міцності твердих тіл, розпаду полімеру притаманна температурно-часова залежність. Фактором, який сприяє ймовірності руйнування плити, виступає вологість, що викликає збільшення внутрішніх напружень.

Плити MDF містять у своєму складі полімерне в'яжуче (смола), яке забезпечує збереження цілісності матеріалу. Логічно припустити, що втрата працездатності матеріалу може настати з початком втрати одним із компонентів своїх механічних властивостей. У процесі експлуатації на полімерне в'яжуче впливає багато зовнішніх факторів, які спричиняють складну систему перетворень всередині полімерної матриці, що, у свою чергу, під дією температури зокрема призводить спочатку до зміцнення матеріалу через дозатвердження смоли, а потім до погіршення його форми та механічних властивостей. Це важливо враховувати при прогнозуванні довговічності композиційних матеріалів.

Висунуто гіпотезу, що реальну довговічність плит MDF, які піддаються у процесі експлуатації тривалому впливу підвищеної температури, можна визначити за допомогою поправки на природне старіння полімерного в'яжучого. Запропоновано рівняння довговічності (2) із додаванням коефіцієнта β, що враховує деструкцію полімерного в'яжучого:

$$\tau=\tau_m \exp\left[\frac{U_0-\gamma\sigma}{R}\left(T^{-1}-T_m^{-1}\right)\right]\exp\left(\alpha\beta\frac{W}{Wm}\right), \quad (2)$$

де W – поточна вологість матеріалу при його експлуатації, %; W_m – гранично допустима вологість матеріалу, %; α – коефіцієнт, що враховує вплив вологості матеріалу на довговічність.

Для отримання кількісного значення величини коефіцієнта β, що враховує вплив старіння, слід врахувати вплив температури і часу дії такої на стан полімерного в'яжучого й встановити залежність між ними.

На основі формули (1) запропоновано спосіб розрахунку термоактиваційних параметрів, який полягає у випробуванні зразка на розривній машині при чотирьох фіксованих значеннях температури, з фіксацією часу до руйнування кожного зразка. Значення термоактиваційних параметрів τ_m, U_0, T_m, γ для матеріалів розраховують за допомогою системи рівнянь (3).

$$\left\{\frac{U_0}{RT_{1\ldots4}}-\frac{U_0}{RT_m}-\gamma\frac{\sigma_{1\ldots4}}{T_{1\ldots4}}+\gamma\frac{\sigma_{1\ldots4}}{RT_m}+\ln\tau_m=\ln t_{1\ldots4}\right., \quad (3)$$

де $T_{1\ldots4}$ – температура проведення чотирьох серій випробувань, К; $\sigma_{1\ldots4}$ – максимальне руйнівне напруження при відповідній температурі, Мпа; $t_{1\ldots4}$ – час до руйнування зразка при відповідній температурі, с.

Запропонований метод прогнозування довговічності матеріалів на основі кінетичної теорії міцності твердих тіл є прискореним порівняно із графоаналітичним, що застосовувався для стружкових плит попередніми дослідниками і включає: визначення величини коефіцієнта α, що враховує вплив вологості матеріалу та коефіцієнта β, що враховує деструкцію смоли; визначення величин термоактиваційних параметрів, що ґрунтується на

розв'язанні системи рівнянь із чотирма невідомими за результатами випробувань.

У третьому розділі **«Методика експериментальних досліджень»** наведено методику відбору зразків для дослідження, визначення термоактиваційних матеріалів плит MDF без покриття, фарбованих і личкованих натуральним шпоном файн-лайн; методики визначення коефіцієнтів впливу вологи α та деструкції смоли β (рис. 1).

Рис. 1. Етапи експериментальних досліджень

Для визначення термоактиваційних параметрів матеріалів за прискореним методом обрано зразки плити MDF без покриття, опоряджені фарбою та личковані натуральним шпоном файн-лайн виробництва ПраТ «Коростенський завод МДФ». Товщина плит дорівнювала 10 мм, 16 та 19 мм, що відповідає товщині плит, які найбільшою мірою застосовуються при виготовленні корпусних меблів. Постійними факторами на цьому етапі досліджень було прийнято: розміри зразків, які визначали згідно з ДСТУ EN 310:2003; схема навантаження на статичний згин.

Змінними факторами прийнято: вид плити MDF, а саме, опоряджених фарбою, личкованих натуральним шпоном файн-лайн; товщина плит MDF; межа міцності та температура (табл. 1).

Для випробування зразків використовували розривну машину Р-5 (рис. 2). Дослідження проводили при чотирьох температурах. Перед навантаженням зразки термостабілізували у сушильній шафі СНОЛ 67/350 протягом 30 хв (рис. 3). Упродовж досліду за допомогою секундоміра фіксували час до руйнування зразка (довговічність за заданої температури та при збільшенні сили, з якою навантажували зразок).

Таблиця 1

Умови проведення дослідження плит MDF із захисно-декоративним покриттям для визначення термоактиваційних параметрів

Номер серії дослідів	Умови випробувань		
	Межа міцності [σ], Мпа	Температура [t], °С	
1	σ_1	t_1	*20*
2	σ_2	t_2	*40*
3	σ_3	t_3	*60*
4	σ_4	t_4	*80*

Примітка. σ_1 – середнє арифметичне межі міцності зразків, що випробувані за t_1; σ_2 – середнє арифметичне межі міцності зразків, що випробувані за t_2; σ_3 – середнє арифметичне межі міцності зразків, що випробувані за t_3; σ_4 – середнє арифметичне межі міцності зразків, що випробувані за t_4

Рис. 2. Розривна машина Р-5

Рис. 3. Сушильна шафа СНОЛ 67/350

Один з термоакваційних параметрів, а саме, енергію активації визначили за стандартом СТБ 1333.0-2002 за втратою маси навіски матеріалу виробу при дії температури під час нагрівання із заданою швидкістю у певному діапазоні температур за допомогою дериватографа (рис. 4). Було досліджено деревину сосни при вологості W=8 %, плити MDF та карбамідо-формальдегідну смолу марки КФ-МТ, яка використовується при виготовленні плит MDF.

Рис. 4. Дериватограф марки ОД-109

На довговічність матеріалу впливає кількість вологи, що матеріал поглинає та час зволоження. Вологість плит MDF, за якої вони експлуатуються, становить 6 %, тоді як свою працездатність матеріал втрачає при досягненні вологості 20 %. Тому було вирішено обмежитися цими значеннями вологості матеріалу. Для здійснення експериментальних досліджень впливу часу дії зволоження на швидкість набрякання плит MDF застосовано повнофакторний план із наступними факторами: час дії зволоження в межах 1 доба <$X1$< 5 діб, та досягнута вологість матеріалу 6 % <$X2$< 20 % (табл. 2). Як постійний фактор обрано середовище, в якому знаходиться матеріал.

Таблиця 2

Матриця ПФП 2^2 для визначення швидкості набухання плит MDF із змінними факторами

Номер серії досліду	X_1	X_2	Вологість матеріалу [W], %	Час, необхідний для досягнення показників вологості [τ], діб	Крок варіації	
					[W], %	[τ], діб
1	–1	+1	6	5	13	3
2	–1	–1	6	1		
3	+1	+1	20	5		
4	+1	–1	20	1		

Для проведення експериментальних досліджень впливу основних факторів старіння (температура та час її дії) карбамідо-формальдегідної смоли на довговічність плит MDF застосовано повнофакторний план із наступними факторами: температура в межах 20 °С<X_1<90 °С та тривалість дії температури 0,083 год <X_2< 5 год (табл. 3). Як постійні фактори обрано середовище, в якому знаходиться в’яжуче та його початкова життєздатність.

Таблиця 3

Матриця ПФП 2^2 для визначення втрати маси карбамідоформальдегідної смоли із змінними факторами

Номер серії досліду	X_1	X_2	Температура [t], °С	Час дії температури [τ], год	Крок варіації	
						[τ], год
1	–1	+1	20	0,08	35	2,46
2	–1	–1	20	5		
3	+1	+1	90	0,08		
4	+1	–1	90	5		

У четвертому розділі **«Результати експериментальних досліджень»** наведено результати визначення межі міцності плит MDF різної щільності, термоактиваційних параметрів плит MDF та їх довговічності, коефіцієнтів впливу вологи α та деструкції смоли β на довговічність плит MDF.

Для підтвердження можливості застосування кінетичної теорії міцності виконано попередні експериментальні дослідження. Встановлено, що межа міцності плит MDF лінійно залежить від температури, що свідчить про наявність термоактиваційного процесу.

Можливість використання прискореного методу визначення термоактиваційного процесу матеріалів перевірено на ламінованій стружковій плиті товщиною 16 мм (ρ=680 кг/м³) виробника Swisspan. За результатами випробувань зафіксовано середній час руйнування серії зразків при відповідній температурі та за системою рівнянь (3) розраховано термоактиваційний процес ламінованої стружкової плити товщиною 16 мм (табл. 4).

Таблиця 4

Порівняння величин термоактиваційних параметрів ламінованої стружкової плити товщиною 16 мм

Величина	Метод визначення термоактиваційних параметрів	
	Прискорений метод	Графоаналітичний метод
Енергія активації [U_0], кДж/моль	189	196
Температура деструкції [T_m], К	481	486
Температура деструкції [T_m], °С	208	213
Структурно-механічний параметр [γ], кДж/ моль·Мпа	8,83	9,1
Логарифм мінімальної довговічності [$ln\ \tau_m$]	−0,53	−0,7

Розрахована за різними методами довговічність за умов: величина рівномірно розподіленого навантаження, що діяло на деталь, 150 кг, викликала внутрішні напруження у матеріалі σ=5 Мпа, температура Т=293 К за рівнянням (1), що відрізняється на 1,3 %, знаходиться у межах допустимого відхилення. Усе це вказує на можливість використання запропонованого методу для визначення термоактиваційних параметрів композиційних матеріалів на основі деревини (рис. 5).

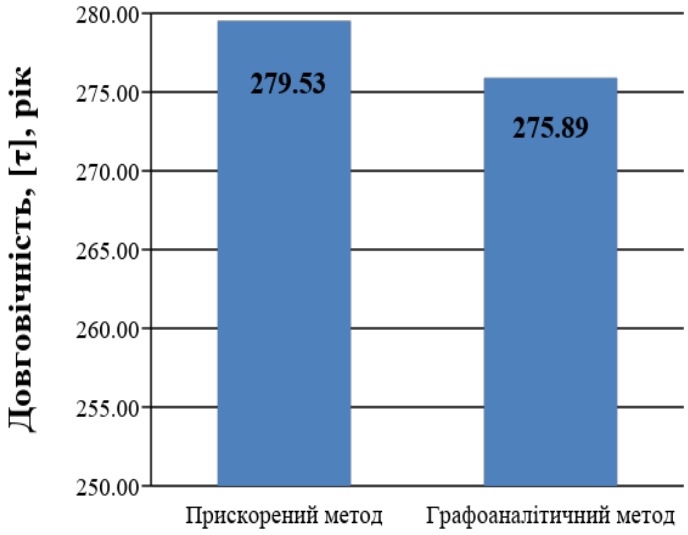


Рис. 5. Довговічність ламінованої стружкової плити товщиною 16 мм при σ=5 Мпа, температурі T=293 К

На основі проведених експериментальних досліджень визначено термоактиваційні параметри плит MDF і підтверджено, що найвпливовішою характеристикою комплексу фізико-механічних властивостей матеріалу на його довговічність виступає енергія активації (табл. 5). Її вплив залежить від виду личківки. Енергія активації для MDF, личкованої шпоном порівняно з MDF без покриття у середньому практично не втрачається. Це можна пояснити структурою матеріалу, яка з товщиною майже не змінюється. Також, для деревинноволокнистих плит середньої щільності величина енергії активації вказує на розрив хімічних зв'язків і близька за величиною енергії активації целюлози. Гранична температура T_m змінилася суттєво, в межах від 409 К для плити без покриття до 484 К для плити, опорядженої фарбою. Це пов'язано із взаємодією лакофарбового покриття зі складовими плити MDF та утворенням хімічних зв'язків між ними, що відзначаються більшою енергією, яка протидіє розриву зв'язків між молекулами. Так, температура деструкції плит MDF має менше значення, ніж гранична температура руйнування карбамідо-формальдегідної смоли, що пояснюється малим вмістом синтетичної клееєної композиції у матеріалі. У разі руйнування композиційного матеріалу тріщина, що виникає внаслідок руйнування зв'язків між атомами, збільшується за рахунок частинок наповнювача, який входить до складу клееєної композиції. Значення τ_m характеризує час, за який відбувається процес руйнування композиційних матеріалів за величини температури деструкції.

Таблиця 5

Термоактиваційні параметри деревинноволокнистих плит середньої щільності

Матеріал із плити MDF, товщина	Енергія активації $[U_0]$, кДж/моль	Температура деструкції $[T_m]$, К	Температура деструкції $[T_m]$, °С	Структурно-механічний параметр $[\gamma]$, кДж/ моль·Мпа	Логарифм мінімальної довговічності $[ln\ \tau_m]$	Мінімальна довговічність, τ_m, с
10 мм без покриття	206	409	136	5,15	−0,20	0,819
10 мм опоряджений фарбою	162	484	211	5,72	−0,31	0,733
10 мм личкована шпоном	183	425	152	2,65	−0,25	0,779
16 мм без покриття	179	440	167	5,07	−0,15	0,861
16 мм опоряджений фарбою	174	437	164	4,73	−0,21	0,811
16 мм личкована шпоном	198	432	159	4,98	−0,35	0,705
19 мм без покриття	207	411	138	6,83	−0,77	0,463
19 мм опоряджений фарбою	202	423	150	6,24	−0,10	0,905
19 мм личкована шпоном	213	396	123	5,67	−0,87	0,419

За результатами випробувань розраховано значення енергії активації для деревини сосни, плити MDFтовщиною 10 мм та карбамідоформальдегідної смоли марки КФ-МТ та побудовано графік залежності подвійного логарифму

від величини зворотньої температури для досліджених матеріалів (рис. 6), з якого визначено значення енергії активації досліджених матеріалів (табл. 6).

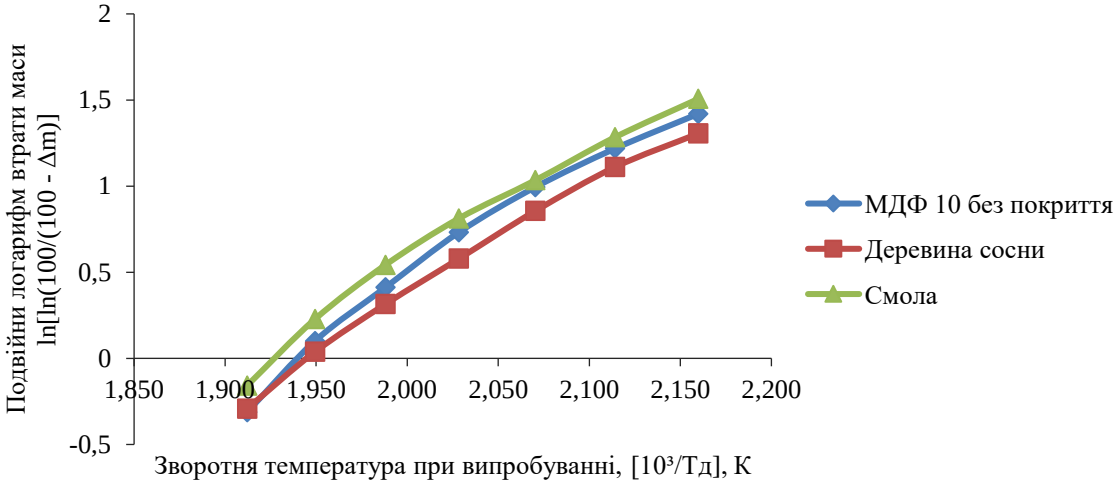


Рис. 6. Графік залежності подвійного логарифму втрати маси від зворотньої температури

Таблиця 6

Значення енергії активації для досліджених матеріалів

Матеріал, що підлягав дослідженню	Енергія активації [Е], кДж/моль
Плита MDF товщиною 10 мм без покриття	186
Деревина сосни	148
Карбамідо-формальдегідна смола марки КФ-МТ	110

Визначено, що розраховані показники енергії активації у середньому менше на 10 %, ніж визначений прискореним методом для MDF товщиною 10 мм без покриття (U_0=206кДж/моль).

Видно (табл. 6), що енергія активації в'яжучого має найменше значення, тому процес руйнування починається саме зі смоли. Це підтверджує гіпотезу про вплив старіння смоли на довговічність плит MDF, також обґрунтовує введення у формулу (2) коефіцієнту β, який враховує вплив старіння карбамідо-формальдегідної смоли.

Одержано адекватні експериментальним даним залежності для розрахунку коефіцієнта α плит MDFтовщиною 10 мм, 16 і 19 мм без покриття:

для плити MDF без покриття товщиною 10 мм:

$$\alpha = 0{,}02 - 0{,}0008 \cdot W + 0{,}0028 \cdot \tau - 0{,}00015\ W \cdot \tau, \quad (4)$$

для плити MDF без покриття товщиною 16 мм:

$$\alpha = 0{,}02 - 0{,}0011 \cdot W + 0{,}0055 \cdot \tau - 0{,}0003\ W \cdot \tau, \quad (5)$$

для плити MDF без покриття товщиною 19 мм:

$$\alpha = 0{,}04 - 0{,}0017 \cdot W + 0{,}0042 \cdot \tau - 0{,}0002\ W \cdot \tau, \quad (6)$$

де W – вологість матеріалу, %; τ – час дії підвищеного значення відносної вологості повітря, год.

Перевірка одержаних рівнянь для рівня значущості 5 % підтвердила адекватність моделей (для плити MDF товщиною 10 мм без покриття $F_{розр.}$=1,376<$F_{табл.}$=3,03; для плити MDF товщиною 16 мм без покриття

$F_{розр.}$=0,265<$F_{табл.}$=3,03; для плити MDF товщиною 19 мм без покриття $F_{розр.}$=0,813<$F_{табл.}$=3,03).

На основі результатів досліджень отримано регресійну залежність для визначення коефіцієнта деструкції смоли β від температури та часу її дії:

$$\beta = 8{,}14 - 0{,}0082 \cdot t - 0{,}0049 \cdot \tau - 0.005 \cdot t \cdot \tau, \quad (7)$$

де t – температура, ^{0}C, τ – час дії температури, год.

Звідси стає зрозуміло, що обидва фактори та їх взаємодія чинять потужний негативний вплив на деструкцію смоли. Перевірка рівнянь підтвердила адекватність моделі на рівні значущості 5 % ($F_{розр.}$=2,22<$F_{табл.}$=6,0), усі коефіцієнти рівняння є значимими.

У п’ятому розділі **«Реалізація результатів дослідження довговічності деревинноволокнистих плит середньої щільності»** запропоновано метод розрахунку терміну служби меблевих виробів із плит MDF, обґрунтовано ефективність використання запропонованого методу для обчислення раціональної кількості матеріалу на виріб.

Додаток «SolidWorks Simulations» дозволив змоделювати процес дії температури у зоні варильної поверхні та духової шафи на матеріал (рис. 7).

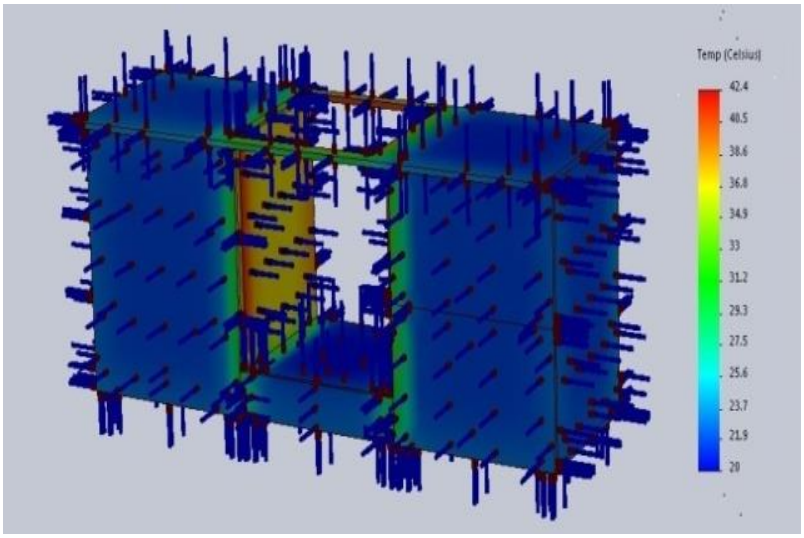
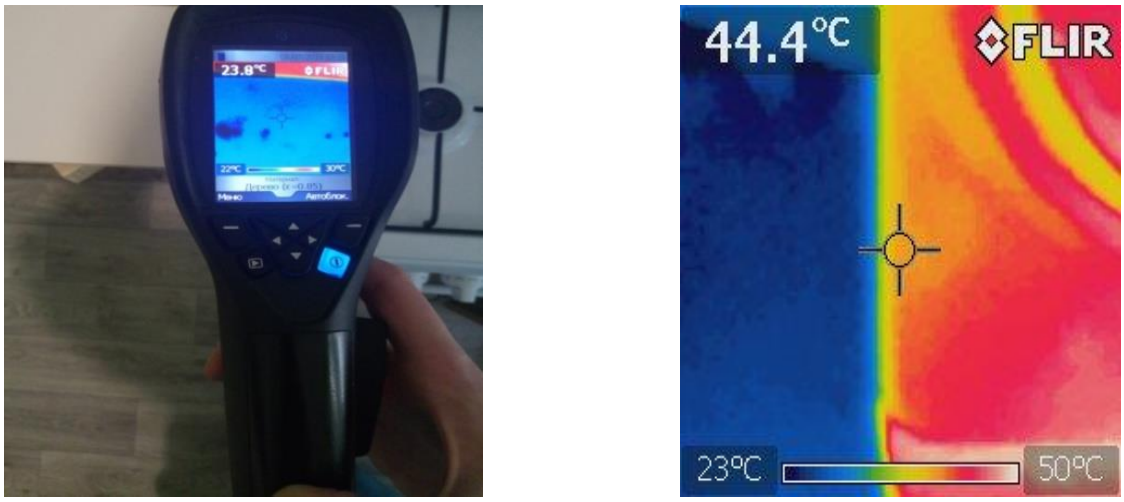


Рис. 7. Моделювання теплового впливу у додатку «SolidWorks Simulations»

Визначено, що найбільшою мірою температура впливає на бокові стінки секції із духовою шафою у місці, де вони прилягають до дверей останньої, та у зоні контакту стільниці з варильною поверхнею. При використанні духової шафи та варильної поверхні одночасно упродовж години максимальна температура становить 42,4 °C. Для експериментального визначення показника температури у зоні нагрівальних приладів використали тепловізор марки «FLIRi3» (Естонія). При цьому було увімкнуто духову шафу та конфорки варильної поверхні. Температуру кухонної стільниці вимірювали на межі «плита – стільниця» (рис. 8).

Як виявилося температури, отримані експериментальним шляхом ($t_{експ.}$=44,4 °C) незначно відрізняються із значеннями температури, отриманими методом імітаційного моделювання (рис. 8, б). Із спостережень за роботою у

кухонних приміщеннях житлових будинків встановлено, що тривалість впливу температури на кухонну стільницю у середньому становить близько двох годин на добу.



а) б)

Рис. 8. Зразок кухонної стільниці під час визначення її температури: а) температура зразка на межі «плита – стільниця» на початку нагрівання; б) температура зразка на межі «плита – стільниця» після однієї години роботи духової шафи та конфорок варильної поверхні

Для визначення довговічності кухонної стільниці за формулами (1) і (2) прийнято: навантаження на плиту – 20 кг, що викликають внутрішні напруження в матеріалі σ=0,16 МПа, температура t=44 °С або T=317 К, сумарний час впливу температури та вологості на кухонні меблі – 30 діб. Результати розрахунку за формулами (1) і (2) були такими (рис. 9).

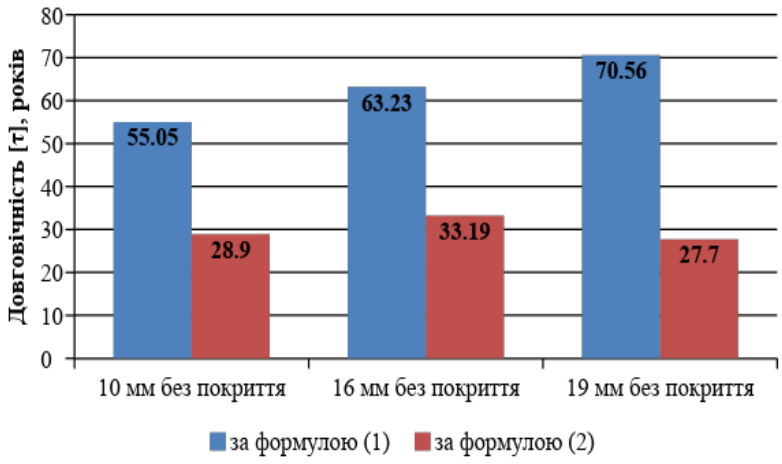


Рис. 9. Зіставлення розрахованих показників довговічності

Як показав аналіз матеріалів для виготовлення кухонних стільниць на виробництві, споживачі переважно обирають стільниці товщиною 32 та 38 мм, що виготовляються склеюванням по пласті двох деталей товщиною 16 та 19 мм відповідно та опоряджені фарбою на водній основі.

Термоактиваційні параметри склеєних по пласті плит MDF визначили за прискореним методом. Для розрахунку терміну служби стільниць задані наступні вихідні параметри: навантаження – 20 кг (для визначення внутрішніх напружень, що виникають у кожному матеріалі застосували програмне забезпечення SolidWorks Simulation), значення температури також визначили за допомогою SolidWorks Simulation, сумарний час впливу температури та вологості на кухонні меблі – 30 діб. Результати розрахунків довговічності кухонних стільниць за формулою (2), що виготовлені з різних матеріалів, зведено у табл. 7.

Таблиця 7

Довговічність кухонних стільниць із різних матеріалів

№ з/п	Матеріал стільниці	Довговічність [τ], рік
1	Плита MDF товщиною 16 мм опоряджена фарбою	35,2
2	Плита MDF товщиною 19 мм опоряджена фарбою	38,6
3	Плита MDF товщиною 32 мм опоряджена фарбою	121,1
4	Плита MDF товщиною 38 мм опоряджена фарбою	147,8

З табл. 7 видно, що розрахований показник довговічності значно перевищує рекомендовані терміни служби меблів у кухонних приміщеннях. Отже, можливе зменшення матеріалоємності стільниць за рахунок зменшення її товщини без втрати експлуатаційних властивостей.

Економічний ефект від використання личкованих натуральним шпоном файн-лайн плит MDF для виготовлення кухонних стільниць у порівнянні із ламінованою стружковою плитою становить 704 грн/м пог. за рахунок більшого терміну служби, а з меблевим щитом – 5216 грн/м пог. за рахунок меншої вартості та мінімальних додаткових витратах на експлуатацію.

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено науково-практичне завдання раціонального використання деревиннокомпозиційних матеріалів у виробництві меблів та прогнозування їх реального терміну використання залежно від умов експлуатації.

1. Процес проектування виробів із деревинноволокнистих плит, а саме плит MDF, відзначається складністю через високу неоднорідність розподілу компонентів за об’ємом, що впливає на механічні властивості матеріалу. Нині плити MDF використовують як робочі поверхні у кухонних гарнітурах, у меблях для ванних кімнат. Оскільки все більшого поширення набувають конструкційні рішення, де застосовують тонкі стільниці, необхідне встановлення терміну використання робочих поверхонь різної товщини при експлуатації у кухонних приміщеннях та ванних кімнатах. У процесі проектуванні меблевих конструкцій використовується емпіричний метод граничних станів, а всі ускладнення враховуються поправочними коефіцієнтами. Це призводить до багаторазового запасу міцності та збільшення

ефективного об’єму матеріалу виробу, що впливає на собівартість готової продукції.

2. Існуюча кінетична модель має обмежене застосування, оскільки графоаналітичний (традиційний) метод розрахунку термоактиваційних параметрів трудомісткий та тривалий у часі. Запропоновано значення термоактиваційних параметрів розраховувати за допомогою системи рівнянь, що виведена на основі розв’язання рівняння Ратнера-Ярцева відносно довговічності τ для чотирьох термоактиваційних параметрів.

3. Розроблено математичну модель прогнозування довговічності виробів із композиційних матеріалів, що враховує природне старіння смоли.

4. Експериментальним шляхом встановлено кінетичний характер руйнування плит MDF при короткочасних випробуваннях. Серед основних факторів, що спричиняють руйнування матеріалу, температура і механічне навантаження. Щільність впливає на механічні властивості (межу міцності) плит MDF, але під час дії температури цей вплив значно послаблюється. Отримано адекватну експериментальним даним залежність довговічності від товщини та щільності матеріалу.

5. Визначено вплив виду захисно-декоративного покриття плит MDF на термоактиваційні параметри. Енергія активації для плити MDF личкованої шпоном, порівняно з плитою MDF без покриття зменшилася, хоча у середньому майже не змінилася. Для усіх товщин енергія активації матеріалу, опорядженого фарбою, зменшилася у середньому на 1 %. Як показав аналіз термоактиваційних параметрів під час зміни виду захисно-декоративного покриття у межах однієї товщини температура деструкції T_m змінилася на 15 % для плити, опорядженої фарбою та на 4 % для плити, личкованої натуральним шпоном файн-лайн порівняно з плитою без покриття.

6. Отримані параметри дозволили розрахувати теоретичну довговічність. Перевірка теоретичного рівняння довговічності підтвердила його можливість для використання в інженерних розрахунках. Водночас, за результатами експериментальних досліджень, рівняння при короткочасному руйнуванні дає відхилення при прогнозуванні, тому формулу було доповнено коефіцієнтом деструкції смоли та визначено, що отримані результати теоретичної довговічності кухонних стільниць з урахуванням старіння полімерного в’яжучого близькі до рекомендованих термінів експлуатації кухонних меблів, що становить у середньому 15–20 років.

7. Проведені розрахунки терміну використання кухонних стільниць із досліджених матеріалів виявили зменшення такого терміну у 4 рази, порівняно з кухонними стільницями збільшеної товщини, що поширені у серійному виробництві. При визначенні максимальних внутрішніх напружень за методом кінцевих елементів виявилося, що при цьому максимальне внутрішнє напруження набагато менше за допустиме.

8. Для реалізації проектування меблів для кухонних і ванних приміщень у програмі MS Excel запропоновано шаблон для швидкого визначення довговічності стільниці з врахуванням умов експлуатації. Встановлено, що за рахунок зменшення товщини матеріалу меблева конструкція легша та дешевша.

9. Розрахований економічний ефект від застосування личкованих натуральним шпоном файн-лайн плит MDF для виготовлення кухонних стільниць. Порівняно з ламінованою стружковою плитою це становить 659 грн/м пог. за рахунок більшого терміну використання, а з меблевим щитом – 2426 грн/м пог. у зв'язку з меншою вартістю та мінімальними додатковими витратами на експлуатацію.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Бойко Л. М., **Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.)** Дослідження довговічності деревноволокнистих плит середньої щільності. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2014. Вип. 147. С. 128–132. *(Здобувачем особисто проведено аналіз методів дослідження довговічності композиційних матеріалів та обґрунтовано використання кінетичної теорії міцності для прогнозування довговічності композиційних матеріалів)*.

2. Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.) Виконання принципу лінійного сумування пошкоджень при дослідженні довговічності деревинно-композиційних матеріалів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2016. Вип. 169. С. 69–74.

Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

3. Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.) Щодо прогнозування довговічності композиційних матеріалів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво. 2014. № 4. Режим доступу до статті: http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-4/zhurnal-4-ukrajinska-versiya/o-v-antsyferova.

4. Бойко Л. М., **Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.)** Вплив щільності на межу міцності деревноволокнистих плит середньої щільності при зміні температури. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2015. № 25.10. С. 221–225. *(Здобувачем особисто поставлено завдання, проведено експериментальні дослідження)*.

5. Бойко Л. М., **Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.)** Вплив захисно-декоративного покриття на довговічність плит MDF. Лісове і садово-паркове господарство. 2016. № 9. Режим доступу до статті: http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc_2016_9_3. *(Здобувачем особисто розраховано термоактиваційні параметри досліджених матеріалів, проведено аналіз впливу термо-активаційних параметрів на довговічність плит MDF)*.

6. Бойко Л. М., **Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.)** Метод оцінювання довговічності деревинноволокнистих плит середньої щільності у будівельних конструкціях. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2016. № 26.6. С. 245–249. *(Здобувачем особисто*

поставлено завдання, запропоновано алгоритм оцінювання довговічності плит MDF у будівельних конструкціях).

7. Бойко Л. М., **Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.)** Методика оцінки довговічності деревинноволокнистих плит середньої щільності (плит MDF) за допомогою математичної моделі. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природо-користування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво. 2016. Вип. 238. С. 215–223. *(Здобувачем особисто проведено експериментальні дослідження, проведено аналіз експериментальних досліджень та їх статистичну обробку, здійснено розрахунок коефіцієнтів рівнянь регресії)*.

8. Чаусов М. Г., Сагаль С. З., Бойко Л. М., **Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.)** Феноменологічна модель прогнозування довговічності деревиннокомпозиційних матеріалів середньої щільності у виробах різного призначення. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво. 2016. Вип. 255. С. 295–303. *(Здобувачем особисто поставлено завдання раціонального використання деревиннокомпозиційних матеріалів)*.

9. Пінчевська О. О., **Заворотнюк О. В.** Вплив старіння полімерного в'яжучого на довговічність деревинноволокнистих плит. Український журнал лісівництва та деревинознавства. 2019. Т. 10. № 2. С. 103–112. *(Здобувачем особисто проведено та опрацьовано результати експериментальних досліджень)*.

Статті у науковому виданні іншої держави:

10. Бойко Л. Н., **Анциферова А. В. (Заворотнюк А. В.)** Оценивание долговечности композиционных материалов на основе древесины. Annals Warsaw University of Life Sciences. SGGW Forestry and Wood Technology. 2014. № 88. С. 28–32. *(Здобувачем особисто проведено експериментальні дослідження)*.

11. Kulman S., Boiko L., **Antsyferova A. (Zavorotniuk A.)** Bending strength (modulus of rupture) and modulus of elasticity of MDF different density at various temperature. Annals Warsaw University of Life Sciences. SGGW Forestry and Wood Technology. 2015. № 91. С. 101–106. *(Здобувачем особисто проведено експериментальні дослідження)*.

Патент України на корисну модель

12. Кульман С. М., Бойко Л. М., **Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.)** Патент на корисну модель № 100484 Україна, МПК (2015.01) G01N 3/00 Спосіб прогнозування довговічності виробів із деревини та деревних композиційних матеріалів; заявник та патентовласник С. М. Кульман; № 2015 u 01371; заявлено 18.02.2015; опубліковано 27.07.2015; Бюл. № 14. *(Здобувачем особисто розроблено формулу винаходу на корисну модель)*.

Тези наукових доповідей:

13. Бойко Л. М., **Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.)** Щодо визначення довговічності деревноволокнистих плит. Лісове і садово-паркове господарство XXI сторіччя: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 13–14 березня 2014 року: тези доповіді. К., 2014. С. 200–201. *(Здобувачем особисто проаналізовано проблему довговічності композиційних матеріалів на основі деревини)*.

14. Бойко Л. Н., **Анциферова А. В. (Заворотнюк А. В.)** Экспериментальное исследование древесноволокнистых плит средней плотности в плоском напряженном состоянии. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Международная заочная научно-практическая конференция, г. Воронеж, Российская Федерация, 3–5 июня 2014 года: тезисы доклада. Воронеж, 2014. № 5. Ч. 4. С. 282–286. *(Здобувачем особисто проведено експериментальні дослідження та проаналізовано їх результати)*.

15. Бойко Л. Н., **Анциферова А. В. (Заворотнюк А. В.)** Экспериментальное исследование прочности соединений винт – гайка-втулка в конструкциях мебели. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Международная заочная научно-практическая конференция, г. Воронеж, Российская Федерация, 17–19 марта 2015 года: тезисы доклада. Воронеж, 2015. С. 359–363. *(Здобувачем особисто проведено експериментальні дослідження та проаналізовано їх результати)*.

16. Бойко Л. М., **Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.)** Щодо методики оцінювання довговічності композиційних матеріалів на основі деревини. Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 23–24 квітня 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 186. *(Здобувачем особисто поставлено завдання, проведено аналіз результатів експериментальних досліджень)*.

17. Бойко Л. М., **Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.)** Щодо впливу матеріалу личківки на довговічність деревинноволокнистих плит середньої щільності. Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 14–15 квітня 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 196. *(Здобувачем особисто поставлено завдання і проаналізовано результати експериментальних досліджень)*.

18. Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.) Щодо методики оцінювання довговічності плит MDF у конструкціях виробів. Здоров’я лісів, екосистемні послуги та лісові продукти для суспільства: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 6–7 квітня 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 134.

19. Анциферова О. В. (Заворотнюк О. В.) Довговічність плит MDF у складальних вузлах виробів. Contribution of young scientists on forestry, wood processing technologies and horticulture: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 11–12 травня 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 45.

20. Заворотнюк О. В. Практичні рекомендації щодо прогнозування довговічності плит MDF. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: Міжнародна науково-практична конференція, м. Чернігів, 10–12 травня 2018 року: тези доповіді. Чернігів, 2017. С. 214.

АНОТАЦІЯ

Заворотнюк О. В. Довговічність деревинноволокнистих плит середньої щільності. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальністю 05.23.06 «Технологія деревообробки, виготовлення меблів та виробів з деревини». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2019.

Дисертацію присвячено вирішенню науково-практичного завдання зменшення матеріалоємності конструкцій з деревинноволокнистої плити середньої щільності за рахунок прогнозування терміну експлуатації за методикою, що ґрунтується на кінетичній теорії міцності твердих тіл. Розроблено спосіб прогнозування довговічності виробів з композиційних матеріалів на основі деревини та прискорену методику визначення термоактиваційних параметрів. Визначено термоактиваційні параметри для деревинноволокнистих плит середньої щільності товщиною 10 мм, 16, 19 мм без покриття, опоряджених фарбою і личкованих шпоном файн-лайн та розраховано термоактиваційні параметри матеріалів залежно від виду захисно-декоративного покриття. Визначено, що волога зменшує довговічність виробів із плит MDF і запропоновано метод розрахунку параметрів, що дозволяють розрахувати довговічність при нестаціонарних умовах експлуатації. Визначено вплив природного старіння в'яжучого на довговічність меблевих виробів із плит MDF. Розраховано економічний ефект від використання личкованих натуральним шпоном файн-лайн плит MDF для виготовлення кухонних стільниць. Порівняно з ламінованою стружковою плитою це становить 659 грн/м пог. за рахунок більшого терміну служби, а з меблевим щитом – 2426 грн/м пог. у зв'язку з меншою вартістю та мінімальними додатковими витратами на експлуатацію.

Ключові слова: плити MDF, довговічність, кінетична теорія міцності, метод оцінювання, прискорений спосіб.

АННОТАЦИЯ

Заворотнюк А. В. Долговечность древесноволокнистых плит средней плотности. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.06 «Технология деревообработки, изготовление мебели и изделий из древесины». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Киев, 2019.

Диссертация посвящена решению научно-практического задания уменьшения материалоемкости конструкций из древесноволокнистой плиты

средней плотности за счет прогнозирования срока эксплуатации по методике, основанной на кинетической теории прочности. Разработан способ прогнозирования долговечности изделий из композиционных материалов на основе древесины и ускоренная методика определения термоактивационных параметров.

При проектировании мебельных конструкций пока используется эмпирический метод предельных состояний, а все осложнения учитываются поправочными коэффициентами. Это приводит к многократному запасу прочности и увеличению материалоемкости конструкций вместе с уменьшением лесных ресурсов, и подобная ситуация не способствует их сохранению и рациональному использованию.

В работе предлагается новый подход к изучению закономерностей разрушения древеснокомпозиционных материалов, а также прогнозированию параметров работоспособности композиционных материалов на основе древесины, который связан с изучением поведения констант материала, которые определяют эти параметры. Предложенный метод позволит, кроме нагрузки, действующей на конструкцию или материал, учитывать влияние температуры и влажности окружающей среды. Поскольку плита MDF состоит из древесных волокон, которые, в свою очередь, из целлюлозы и ее производных, это делает возможным использование кинетической теории для определения долговечности композиционных материалов на основе древесины. Из известных методов наиболее достоверные значения долговечности материалов можно получить с помощью кинетической теории прочности твердых тел, которая основана на термоактивационном механизме разрушения.

На основе формулы термоактивационной теории прочности был предложен способ определения термоактивационных параметров, который заключается в испытании образца на разрывной машине при четырех фиксированных значениях температуры, при этом фиксируется время до разрушения каждого образца. Термоактивационные параметры определяют на основе решения предложенной системы уравнений.

Сравнение значений термоактивационных параметров для ламинированной стружечной плиты толщиной 16 мм, которые были рассчитаны по ускоренной методике со значениями соответствующих термоактивационных параметров, определенных предыдущими исследователями графоаналитическим методом, показывают незначительное расхождение значений на 1–2 %, что подтвердило возможность применения нового метода.

Установлено, что энергия активации для плиты MDF, облицованной шпоном, по сравнению с плитой MDF без покрытия уменьшилась, хотя в среднем почти не изменилась. Для всех толщин энергия активации материала, облицованного краской, уменьшилась в среднем на 1 %. Дальнейший анализ термоактивационных параметров при изменении вида защитно-декоративного покрытия в пределах одной толщины показал, что температура деструкции T_m изменилась на 15 % для плиты, облицованной краской и на 4 % для плиты,

облицованной натуральным шпоном файн-лайн по сравнению с плитой без покрытия.

Получены адекватные экспериментальным данным зависимости для расчета коэффициента влияния влажности α и коэффициента деструкции смолы β для плит MDF без покрытия, которые показали, что время действия влаги и температуры способствует потере ресурса долговечности.

Рассчитан экономический эффект от использования облицованных натуральным шпоном файн-лайн плит MDF для изготовления кухонных столешниц. По сравнению с ламинированной стружечной плитой это составляет 659 грн/шт. за счет большего срока службы, а с мебельным щитом – 2426 грн/шт. в связи с меньшей стоимостью и минимальными дополнительными затратами на эксплуатацию.

Ключевые слова: плиты MDF, долговечность, срок службы, кинетическая теория прочности, ускоренный метод.

ANNOTATION

Antsyferova O. V. Durability of Medium Density Fiberboard. – The Manuscript.

The thesis for Candidate Degree of Technical Sciences with the spesiality 05.23.06 «Wood Technology, Furniture and Wooden Goods Production». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2019.

This thesis is devoted to the solution of the scientific and practical problem of reducing the material intensity of structures from a wood-fiber density plate at the expense of forecasting the life of the operation based on the method based on the kinetic theory of strength of solids. A method for predicting the durability of products made from composite materials based on wood and an accelerated method for determining thermoactivation parameters has been developed. The thermoactivation parameters were determined for wood-fiber boards of average density 10 mm, 16, 19 mm without coating, painted with veneered linen and linen, and the dependence of thermoactivating parameters depending on the type of protective and decorative coating was determined. It has been established that moisture reduces the durability of products from MDF boards and suggests and determines the parameters allowing to calculate durability under non-stationary conditions of operation. The influence of natural aging of the binding agent on the durability of furniture products made of MDF boards is determined.

Estimated economic effect from the use of glued natural veneer of false-layered MDF boards for the manufacture of kitchen worktops. Compared to a laminated chipboard, it is 659 UAH/m long due to longer service life, and with a furniture shield – 2426 UAH/m long due to lower cost and minimum additional operating costs.

Key words: MDF boards, durability, strength the kinetic theory of strength, the accelerated method.