

УДК 684.4.04

**ВИКОНАННЯ ПРИНЦИПУ ЛІНІЙНОГО СУМУВАННЯ
ПОШКОДЖЕНЬ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ДОВГОВІЧНОСТІ
ДЕРЕВИННОКОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

О.В. Анциферова, аспірант¹
(НУБіП України)

Стаття присвячена дослідженню впливу лінійного сумування пошкоджень деревиннокомпозиційних матеріалів, зокрема деревинноволокнистих плит середньої щільності та ламінованих стружкових плит (СП) під час вивчення довговічності. Аналізуються різні підходи до вивчення принципу лінійного сумування пошкоджень та розглядається прискорений метод досліджень поведінки деревиннокомпозиційних матеріалів під час дискретного навантаження.

Довговічність конструкційного матеріалу – це його властивість зберігати працездатність до настання граничного стану при визначених умовах експлуатації. Згідно з роботою [1] існує фізична та споживча довговічність. Фізична довговічність характеризується часом до її повного руйнування, а функціональна – визначається часом до моменту втрати матеріалом або виробом своїх споживчих та функціональних властивостей. Проблема лінійного сумування пошкоджень композиційних матеріалів на основі деревини має важливе значення як при конструюванні нових матеріалів так і для визначення функціональної довговічності виробів, які знаходяться в експлуатації. Важливо дослідити та описати поведінку деревиннокомпозиційних матеріалів під час дискретного навантаження, так як вироби у процесі експлуатації не весь час перебувають під навантаженням, періоди навантаження чергуються з періодами відпочинку.

Під час дослідження процесів навантаження та релаксації твердого тіла можна використати принцип лінійного сумування пошкоджень або принцип Бейлі: часом до руйнування (фізична довговічність) чи до заданого рівня деформації (споживча довговічність) вважається час існування твердого тіла, який не залежить від часу релаксації, тобто під час загального часу навантаження у матеріалі накопичуються незворотні зміни, які викликають поділ тіла на частини. Цей процес описується рівнянням, яке носить назву рівняння Бейлі:

$$\int_0^{\tau} \frac{dt}{\tau[\sigma(t)]} = 1 \quad (1)$$

де τ – довговічність, с; σ – навантаження, МПа; t – час дії навантаження, с

¹ Науковий керівник – кандидат технічних наук Л. М. Бойко

Рівняння характеризує принцип накладання або сумування руйнувань твердого тіла у моменти часу від початку навантаження до того моменту, коли сума витрачених частин ресурсу довговічності буде дорівнювати одиниці. Цей принцип справедливий не тільки для процесів руйнування, але також для процесу деформування. Але при багатократному навантаженні значно втрачається міцність (критерій Майнера) і принцип Бейлі не виконується [1, 3].

Для стружкових плит без покриття виконання принципу Бейлі було перевірено у роботі [2]. Згідно з описаною методикою були випробувані зразки на поперечний згин. Одна партія зразків випробовувалася при неперервному навантаженні, а для іншої створювалося дискретне навантаження – дія сили (60 хвилин) чергувалася з відпочинком (60 хвилин). Експеримент проводився при температурі 40 °С. При опрацюванні результатів досліджень виявилось що для стружкових плит принцип Бейлі виконується, адже довговічність зразків у обох випадках однакова та під навантаженням накопичуються руйнування, які не заліковуються після її зняття, тому час навантаження додається.

Метою роботи є дослідження поведінки деревиннокомпозитних матеріалів по схемі “навантаження – відпочинок”. Випробування проводили за допомогою стенду на базі розривної машини Р5 для дослідження матеріалів на міцність за методикою визначення межі міцності на згин згідно ДСТУ EN 310:2003 [5]. На згин випробували деревинноволокнисту плиту середньої щільності товщиною 10, 16, 19 мм та ламіновану стружкову плиту товщиною 10 та 16 мм. Потім починали навантажувати зразок до величини, яка складала 3/4 максимальної руйнуючої сили, після досягнення цієї величини машину зупиняли та чекали 5 хвилин, а після зупинки знову навантажували до повного руйнування зразка. Зразки були згідно описаної схеми були випробувані при температурах 20, 40, 60, 80 °С. Діаграма руйнування зразка наведена на Рисунок 1.

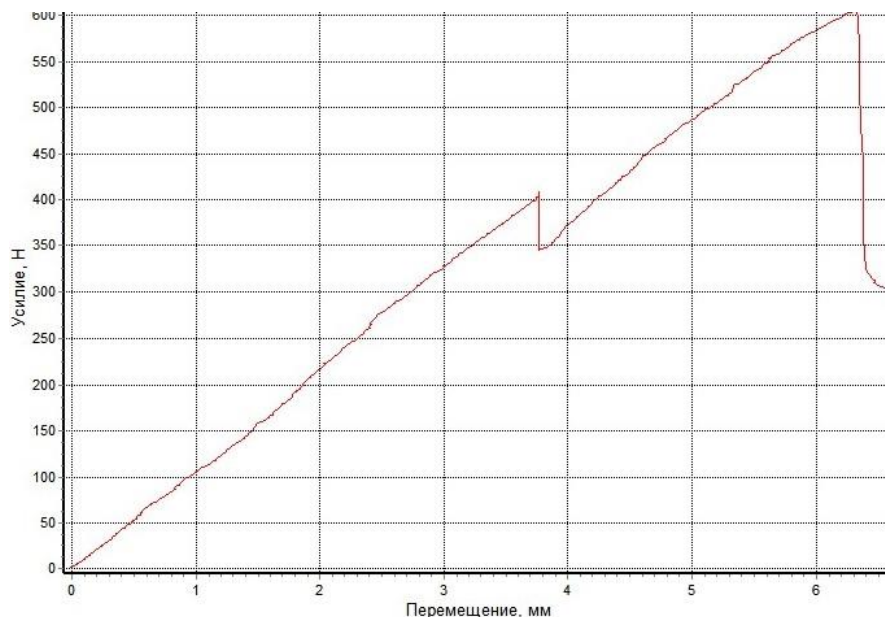


Рисунок 1 – Діаграма руйнування деревинноволокнистої плити середньої щільності товщиною 10 мм

Діаграма ілюструє зниження сили навантаження під час зупинки, а потім сила навантаження зростає до руйнування зразка. Слід зазначити, що випробування проводилися зі зразками різної щільності. Залежність, що спостерігається на діаграмі справедлива для матеріалів з однаковою щільністю, якщо щільність буде меншою, тоді зразок може не досягти 3/4 сили руйнування або зламатися під час зупинки. Отримані результати досліджень наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 - Вплив характеру навантаження на межу міцності деревиннокомпозиційних матеріалів

Матеріал та схема навантаження	Межа міцності, МПа при температурі випробувань			
	20 °С	40 °С	60 °С	80 °С
МДФ товщиною 10 мм без покриття (звичайна схема навантаження)	39	38	37	34
МДФ товщиною 10 мм без покриття (схема навантаження по принципу Бейлі)	35	30	29	19
МДФ товщиною 16 мм без покриття (звичайна схема навантаження)	32	31	30	27
МДФ товщиною 16 мм без покриття (схема навантаження по принципу Бейлі)	30	29	27	23
МДФ товщиною 19 мм без покриття (звичайна схема навантаження)	32	31	30	27
МДФ товщиною 19 мм без покриття (схема навантаження по принципу Бейлі)	28	27	20	16
Ламінована СП товщиною 10 мм без покриття (звичайна схема навантаження)	11	10	9	6
Ламінована СП товщиною 10 мм без покриття (схема навантаження по принципу Бейлі)	9	8	6	4
Ламінована СП товщиною 16 мм без покриття (звичайна схема навантаження)	18	17	16	13
Ламінована СП товщиною 16 мм без покриття (схема навантаження по принципу Бейлі)	17	16	13	9

З таблиці можна встановити, що зі зміною схеми навантаження зменшується межа міцності матеріалів на декілька одиниць. Більш наглядно це

видно на

Рисунок 2. Такий характер залежності спостерігається для всіх випробуваних матеріалів.

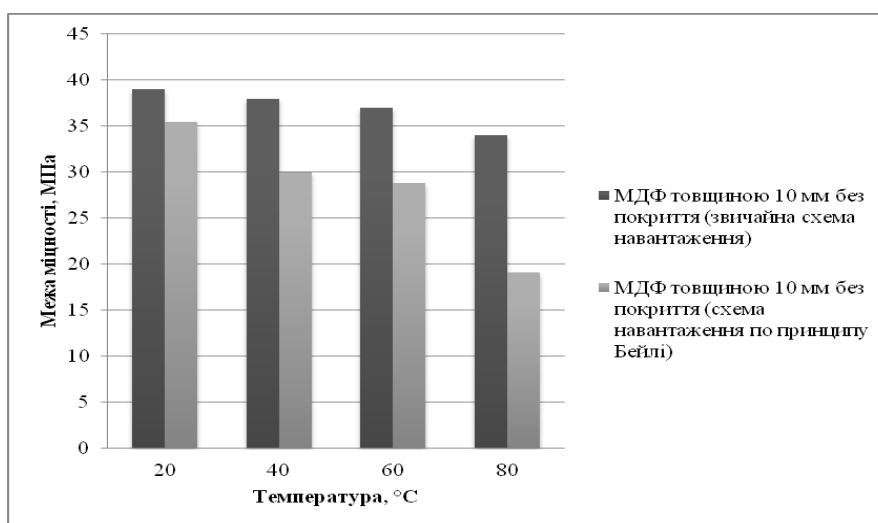


Рисунок 2 – Значення межі міцності при різних схемах навантаження та температурах для деревинноволокнистої плити товщиною 10 мм без покриття

У роботі [6] було запропоновано прискорений спосіб прогнозування довговічності та розраховані термоактиваційні параметри для вище вказаних матеріалів. Згідно з вище наведеною роботою було визначено довговічність матеріалу, який працює на згин за звичайною схемою навантаження та схемою за принципом Бейлі при таких експлуатаційних параметрах: $T = 293$ К; $\sigma = 5$ МПа Для розрахунків було використано наступну формулу:

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

де τ_m – мінімальна довговічність, 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.

Результати розрахунків наведено у табл. 2.

Таблиця 2 - Розрахунок довговічності за звичайною схемою навантаження та схемою за принципом Бейлі

Термоактиваційні параметри МДФ товщиною 10 мм без покриття				Довговічність за звичайною схемою навантаження, рік	Довговічність за схемою за принципом Бейлі, рік
$\lg\tau_m, \text{с}$	$U_0, \text{кДж/моль}$	$\gamma, \text{кДж/ (моль·МПа)}$	$T_m, \text{К}$		
-0,72	213	4,7	511	1,63	1,56

Проведені дослідження підтвердили гіпотезу про те, що процес руйнування деревиннокомпозиційних матеріалів є термоактиваційним та підкоряється принципу лінійного сумування пошкоджень. З таблиці 2 видно, що довговічність матеріалу залежить від схеми навантаження, але вона незначно впливає на значення довговічності. Довговічність матеріалу, з якого виготовлений виріб, при схемі постійної дії навантаження та його поступового збільшення з деякою заданою швидкістю на 4 % більше ніж довговічність матеріалу, який експлуатується за схемою “навантаження – релаксація під заданим значенням навантаження”. Також з проведених досліджень можна зробити висновок про зниження міцності матеріалу під час експлуатації за дискретною схемою. Подальші дослідження будуть присвячені розробці методу прогнозування довговічності, який враховує особливості роботи конструктивних елементів корпусних меблів при дискретному навантаженні та вивченню впливу кліматичних факторів на срок служби конструкційних матеріалів.

Список літератури

1. Бойко Л. М. Методика оцінки довговічності личкованих стружкових плит у конструкціях корпусних меблів / Л. М. Бойко // Вісник ХНУ / Технічні науки. – Хмельницький, 2012. – № 1. – С. 24 – 28.
2. Ратнер С. Б. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? / С. Б. Ратнер, В. П. Ярцев. – М. : Изд-во “Химия”, 1992. – 320 с.
3. Богословский В. Н. О возможности прогноза долговечности строительных материалов и конструкций на основе кинетического подхода / В. Н. Богословский, В. М. Райтман, Н. А. Парфентьева. // Известия вузов. Строительство. – Новосибирск, 1982. – № 9. – С. 62 – 68.
4. Киселева О. А. Прогнозирование работоспособности древесно-стружечных и древесноволокнистых композитов в строительных изделиях: дис. кандидата техн. наук : 05.23.05 / Киселева Олеся Анатольевна. – Воронеж, 2003. – 208 с.
5. Плити деревинні. Визначення модуля пружності та границі міцності під час згинання (EN 310:2003, IDT) : ДСТУ EN 310:2003. – [Действует от 01.07.2005]. – К. : Госпотребстандарт України, 2003. – 10 с. – (Національний стандарт України).
6. Патент на корисну модель № 100484 Україна, МПК (2015.01) G01N 3/00. Спосіб прогнозування довговічності виробів із деревини та деревних композиційних матеріалів. / С. М. Кульман, Л. М. Бойко, О. В. Анциферова. – Номер заявки u 2015 01371; заявл. 18.02.2015; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 24.

Аннотация

**ВЫПОЛНЕНИЕ ПРИНЦИПА ЛИНЕЙНОГО СУММИРОВАНИЯ
ПОВРЕЖДЕНИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ
ДРЕВЕСНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

О.В. Анциферова

Статья посвящена исследованию влияния линейного суммирования повреждений древеснокомпозиционных материалов, в частности древесных плит средней плотности и ламинированных стружечных плит (СП) при изучении долговечности. Анализируются различные подходы к изучению принципа линейного суммирования повреждений и рассматривается ускоренный метод исследований поведения древеснокомпозиционных материалов при дискретной нагрузке.

Abstract

INVESTIGATION OF DURABILITY MEDIUM DENSITY FIBERBOARD

O.V. Antsyferova

The article investigates the influence of linear summation of damage to wood composites, including medium density fibreboards and laminated chipboard in the study of durability. Different approaches to the study of the principle of linear summation of damage and accelerated research examined the behavior of wood composite materials during discrete loads.

УДК 674.093

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПИЛОВКИ БРЕВЕН НА
ШПАЛЫ**

Янушкевич А. А., доцент, кандидат технических наук

Бабич Д. П., ассистент

(Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь)

Предложена методика составления несимметричных поставов. Выполнен сравнительный анализ способов распиловки бревен на шпалы и обрезные доски. Разработана технологическая схема лесопильного потока на базе ленточнопильных станков с комплексной механизацией транспортных операций.