

Також можна зробити висновок, що ударний метод надійно виявляє у фанері розшарування розміром 0,06×0,04 м і його можна використати на заводі-виробнику, для забезпечення кількісних даних про наявність браку до надходження фанери до споживача.

### Література

1. Пижурич А.А. Основы научных исследований в деревообработке : учебник [для студ. ВУЗов лесотехн. спец.] 260200 "Технология деревообработки", 170400 "Машины и оборудование лесного комплекса" / А.А. Пижурич, А.А. Пижурич; Моск. гос. ун-т леса. – М. : Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2005. – 304 с.
2. Зашук И.В. Электроника и акустические методы испытания строительных материалов / И.В. Зашук. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1967. – 248 с.
3. Баранова О.С. Дефектоскопия композитных материалов с использованием ударно-акустического метода неруйнівного контролю / О.С. Баранова // Вісник КНУТД : зб. наук. праць. – 2015. – № 6(92). – С. 150-156.
4. Головач В.М. Аналіз реакції елементів фанери на ударні впливи / В.М. Головач, О.С. Баранова // Лісове і садове-паркове господарство : електрон. фаховий журнал. – 2015. – № 8.
5. Головач В.М. Аналіз впливу характеристик дефекту фанери на кількість пульсацій вихідного сигналу ударного датчика / В.М. Головач, О.С. Баранова // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.10. – С. 280.
6. Головач В.М. Вплив характеристик дефектів фанери на коефіцієнт гармонійних спотворень вихідного сигналу ударного датчика / В.М. Головач, О.С. Баранова // Технічні науки та технології : наук. журнал. – Чернівці. – 2016. – № 2(4). – С. 195-199.
7. Головач В.М. Аналіз кореляції параметрів вихідного сигналу ударно-акустичного та ультразвукового методів дефектоскопії фанери / В.М. Головач, О.С. Баранова // Современные строительные конструкции из металла и древесины : сб. науч. тр. – Одесса. – 2016. – № 20. – С. 27-32.
8. Головач В.М. Патент України на корисну модель № 109890, МПК G01N33/46, G01N29/04, Пристрій контролю якості фанери / В.М. Головач, О.О. Пінчевська, О.С. Баранова; Опубл.12.09.2016.; Бюл. – № 17.

Надійшла до редакції 23.09.2016 р.

### Баранова О.С., Головач В.М. Сравнительный анализ ударно-акустического и ультразвукового методов дефектоскопии фанеры

Существует необходимость создания оборудования неразрушающего контроля для определения расслоенных областей фанеры на ранних стадиях производства или контроля ее качества на конечных стадиях. Исследование высокочастотных волн в твердых телах – один из наиболее эффективных методов изучения и исследования их внутренней структуры. Акустические волны легко проникают в любой материал, активно взаимодействуют с атомами решетки и чаще всего предоставляют уникальную информацию о среде распространения. С помощью акустических методов в фанерном материале можно найти поверхностные и внутренние дефекты, которые представляют собой нарушение целостности, неоднородности структуры, дефекты склейки, пайки и т. д. Проведен сравнительный анализ ударно-акустического и ультразвукового методов дефектоскопии фанеры. Доказано, что наибольшую корреляцию с ультразвуковым методом контроля расслоения в фанеры имеет выходной параметр ударного датчика – коэффициент гармоник.

**Ключевые слова:** фанера, неразрушающий контроль, метод свободных колебаний, ультразвуковой метод.

### Baranova O.S., Golovach V.M. Comparative Analysis of Acoustic Shock and Ultrasonic Method of Plywood Defectoscopy

The necessity to create the non-destructive testing equipment to detect the bundle defect at the early production stages or to perform the quality control and the final production stages is acute. The study of high-frequency waves in solid objects is one of the most effective

methods of learning and study their internal structure. Acoustic waves easily penetrate any material, actively interact with the atoms of the lattice and often provide unique information on the distribution medium. With acoustic methods in plywood material can be found surface and internal defects that represent a discontinuity, heterogeneity of structure defects gluing, soldering, etc. In the article the comparative analysis of shock-acoustic and ultrasonic flaw detection methods plywood. Investigated that the greatest correlation with ultrasonic method of controlling separation in plywood output parameter has a shock sensor – harmonic.

**Keywords:** plywood, non-destructive testing, free oscillations method, ultrasonic method.

УДК 674.817-027.45:624

### МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕРЕВИННО-ВОЛОКНИСТИХ ПЛИТ СЕРЕДНЬОЇ ЩІЛЬНОСТІ У БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Л.М. Бойко<sup>1</sup>, О.В. Анциферова<sup>2</sup>

Наведено методику оцінювання довговічності деревинноволокнистих плит середньої щільності або плит MDF (MediumDensityFiberboard), що ґрунтується на термоактиваційній теорії міцності. Базуючись на запропонованій методиці розроблено алгоритм, який дає змогу прогнозувати термін служби деревинноволокнистих плит середньої щільності різного виду захисно-декоративного покриття та товщини. Запропоновано новий підхід до вивчення закономірностей руйнування деревиннокомпозиційних матеріалів, а також прогнозування параметрів працездатності композиційних матеріалів на основі деревини, який пов'язаний з вивченням поведінки констант матеріалу, які визначають ці параметри. Запропонований метод дає змогу, окрім навантаження, яке діє на конструкцію чи матеріал, враховувати вплив температури та вологості навколишнього середовища.

**Ключові слова:** плити MDF, метод оцінювання, довговічність, термоактиваційна теорія.

Плити MDF найбільше застосовують як покриття для підлоги, у меблевій промисловості та у будівельній галузі, 20 % припадає на інше використання плит (декоративні елементи інтер'єру, товари побутового вжитку) [1]. Плити MDF легко обробляти, як і звичайну деревину, при цьому немає їх головного недоліку – неоднорідності будови та вад, які пов'язані з природним біологічним походженням деревини. Ще однією перевагою плит MDF є істотна економія ділової деревини. Але у деревних композиційних матеріалах спостерігається висока неоднорідність розподілу компонент за об'ємом. Така будова ускладнює вивчення фізико-механічних властивостей та побудову методів прогнозування.

Під час проектування будівельних конструкцій наразі використовують емпіричний метод граничних станів, а всі ускладнення враховують поправкові коефіцієнти. Це призводить до багатократного запасу міцності та збільшення матеріаломісткості конструкцій, що на фоні зменшення лісових ресурсів не сприяє їх збереженню та раціональному використанню. Традиційні методи дають змогу розрахувати тільки величину експлуатаційного напруження, що, своєю чергою, дає змогу підібрати переріз балки [2-5]. Балка – це узагальнене поняття, під ним розуміємо балки перекриття між поверхами будівлі, стінові

<sup>1</sup> доц. Л.М. Бойко, канд. техн. наук – НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ;

<sup>2</sup> аспір. О.В. Анциферова – НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ

панелі, балки як елемент кесонної стелі у деяких стилях оформлення приміщення, лаги та покриття для підлоги та ін. Коливання температури, напруження та вологості у розрахунках враховує коефіцієнт запасу, що приймає на розсуд людина, котра проектує конструкцію у той час як термоактиваційна модель міцності твердих тіл дає змогу врахувати наведені вище фактори та допомагає зменшити матеріаломісткість конструкцій.

**Мета дослідження** – оцінювання довговічності деревинноволокнистих плит середньої щільності шляхом прогнозування заданого терміну їх експлуатації, що ґрунтується на термоактиваційній теорії міцності.

**Об'єкт дослідження** – процеси руйнування деревинноволокнистих плит середньої щільності.

**Результати дослідження.** Внаслідок проведених досліджень встановлено, що руйнування плит MDF має термоактиваційний характер, та кінетичну модель можна використати для прогнозування терміну служби (довговічності) виробів з MDF [6], яка має такий вигляд:

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

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

Модель (1) у своїй структурі об'єднує вплив не тільки зовнішніх факторів (напруження та температуру), але і внутрішніх, які визначаються групою одних і тих самих фізичних констант матеріалу (термоактиваційні параметри). Дослідження довговічності плит MDF показало, що термоактиваційні параметри матеріалу (ТАП) залежать від структури матеріалу, розмірів структурних частинок, щільності матеріалу та параметрів навколишнього середовища. Зі збільшенням щільності плитного матеріалу значно зростає його енергія активації, а температура деструкції – зменшується, також значний вплив на величину енергії активації чинить наявність захисно-декоративного покриття.

Спосіб оцінювання довговічності ґрунтується на зменшенні матеріаломісткості виробів, а отже – і зменшенням вартості виробу, і його можна подати у вигляді алгоритму (рис.), що охоплює такі кроки:

1. Розрахунок величини навантаження, що сприймає конструкція у процесі експлуатації:

1.1 Величину максимального навантаження визначаємо аналітичним шляхом, використовуючи схему навантаження та формули опору матеріалів [4, 5] або

1.2 Визначення величини максимального напруження за допомогою методу кінцевих елементів [7].

1.3 Визначення величини середнього постійного та тимчасового напруження на конструкцію.

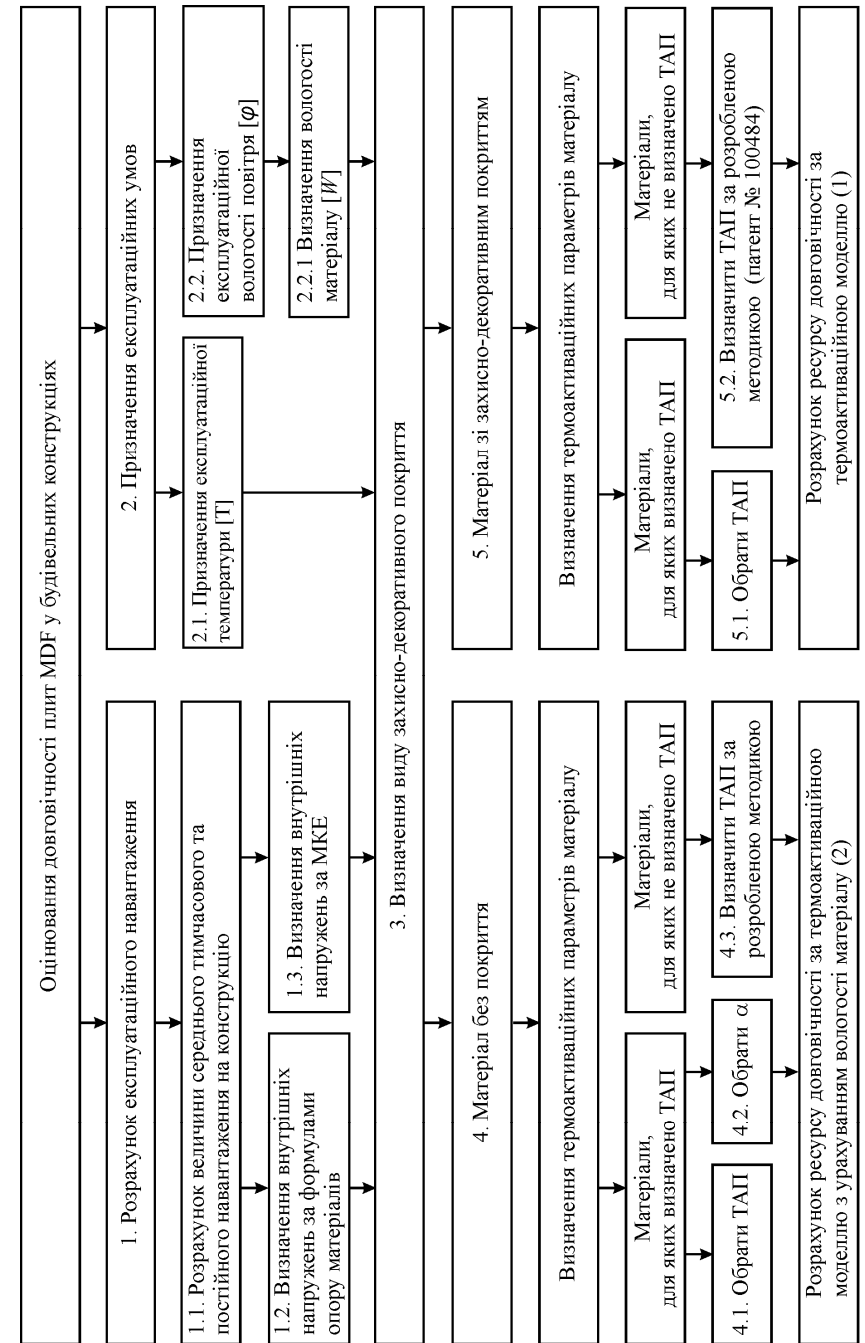


Рис. Алгоритм оцінювання ресурсу довговічності плит MDF у будівельних конструкціях

2. Призначення умов експлуатації.

2.1 Призначення середньої температури експлуатації [T];

2.2 Призначення експлуатаційної вологості повітря [φ];

2.2.1 Визначення вологості матеріалу.

3. Визначення виду захисно-декоративного покриття. Залежно від виду захисно-декоративного покриття обираємо потрібні ТАП.

4. Визначення внутрішніх (термоактиваційних) параметрів матеріалу.

4.1 Якщо матеріал належить до групи матеріалів, для яких ТАП вже визначено, можна їх обрати із [6].

4.2 Якщо матеріал без покриття, потрібно визначити коефіцієнт α, що враховує вологість матеріалу.

4.3 Якщо термоактиваційні параметри для матеріалу не визначено, їх можна дослідити за методикою [8].

5. Якщо матеріал із захисно-декоративним покриттям, тоді:

5.1 ТАП можна обрати [6];

Якщо ТАП для матеріалу не має у [6], тоді їх можна:

5.2 визначити, керуючись методикою патенту України № 100484 [8].

Для матеріалу без покриття довговічність розраховують з урахуванням впливу вологості матеріалу за виразом [9]

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

де: α – коефіцієнт, що враховує вплив вологості матеріалу на довговічність; W<sub>m</sub> – гранично допустима вологість матеріалу, за якої він володіє достатніми для експлуатації властивостями міцності, %; W – поточна вологість матеріалу під час його експлуатації, %;

Для матеріалу зі захисно-декоративним покриттям довговічність можна визначити за моделлю (1), задавши два параметри: величину напруження [σ], яку буде сприймати конструкція у процесі експлуатації, та температуру експлуатації [T]. Якщо термін служби конструкції дуже тривалий, можливо замінити матеріал або його товщину та виконати новий розрахунок довговічності згідно з алгоритмом, який наведено на рис.

**Висновки.** Описаний вище алгоритм дає змогу визначити ресурс довговічності, враховуючи не тільки максимальне навантаження (критерій міцності або жорсткості), але також і фактори навколишнього середовища. Сьогодні будівельні конструкції проектують із врахуванням критерію міцності, а у методиках, на основі яких перевіряють конструкції на міцність, рекомендують розрахункове значення максимально допустимого навантаження множити на коефіцієнт запасу, який можна обирати як з довідкової літератури, так і самостійно може задавати проектувальник. Наше дослідження показало, що одного критерію міцності для пошуку потрібного перерізу балки або товщини покриття для підлоги недостатньо. Цей алгоритм можна використовувати під час проектування опор міжповерхових, горішніх перекриттів, підлог, при проектуванні декоративних балок, стінових панелей та ін.

**Література**

1. The world market of MDF. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.woodpanelsonline.com/downloads/mdf-yearbook-2013-2014/>
2. Расчет деревянных, стальных и железобетонных балок перекрытий. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://okrovle.com/perekrytiya/raschet-derevyannyh-stalnyh-i-zhelezobetonnih-balok-perekrytij.html>
3. Расчет однопролетных деревянных балок перекрытия. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://1poderevu.ru/raschet/derevyannyx-balok-perekrytiya.html>
4. Дарков А.В. Сопроотивление материалов / А.В. Дарокон, Г.С. Шпира. – М. : Изд-во "Вышш. шк.", 1989. – 624 с.
5. Александров А.В. Сопроотивление материалов / А.В. Александров. – М. : Изд-во "Вышш. шк.", 2000. – 560 с.
6. Бойко Л.М. Вплив захисно-декоративного покриття на довговічність плит MDF / Л.М. Бойко, О.В. Анциферова // Лісове і садово-паркове господарство : електрон. наук. журнал. – К. : Вид-во НУБіПУ. – 2016. – № 9. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://ejournal.studnubip.com/zurnal-9/ukr/bojko-antsyferova/>
7. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А.А. Алямовский. – М. : Вид-во ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
8. Патент на корисну модель № 100484 Україна, МПК G01N 3/00. Спосіб прогнозування довговічності виробів з деревини та деревних композиційних матеріалів / С.М. Кульман, Л.М. Бойко, О.В. Анциферова – Номер заявки и 2015 01371; заявл. 18.02.2015; опубл. 27.07.2015, Бюл. – № 14.
9. Заявка на винахід (корисну модель) № и 2016 08700 Україна, МПК G01N 3/00. Прискорений спосіб прогнозування довговічності виробів із деревини та деревних композиційних матеріалів із урахуванням вологості / С.М. Кульман, Л.М. Бойко. – Номер заявки и 2016 08700; заявл. 10.08.2016.

Надійшла до редакції 23.09.2016 р.

**Бойко Л.Н., Анциферова А.В. Метод оценки долговечности древесноволокнистых плит средней плотности в строительных конструкциях**

Приведена методика оценки долговечности древесноволокнистых плит средней плотности или плит MDF (MediumDensityFiberboard), основанной на термоактивационной теории прочности. Основываясь на предложенной методике, разработан алгоритм, который позволяет прогнозировать срок службы древесноволокнистых плит средней плотности с различным видом защитно-декоративного покрытия и толщины. Предложен новый подход к изучению закономерностей разрушения древеснокомпозиционных материалов, а также прогнозирования параметров работоспособности композиционных материалов на основе древесины, который связан с изучением поведения констант материала, которые определяют эти параметры. Предложенный метод позволяет, кроме нагрузки, действующей на конструкцию или материал, учитывать влияние температуры и влажности окружающей среды.

**Ключевые слова:** плиты MDF, метод оценки, долговечность, термоактивационная теория.

**Bojko L.N., Antsyferova A.V. The Method for Assessing the Durability of Medium Density Fibreboard in Structures**

The technique of evaluating the durability of medium density fibreboard based on the theory of thermally activated safety is offered. Based on the methodology, the algorithm was developed, which allows to predict the service life of medium density fibreboard with a different kind of protective and decorative coatings and thicknesses. The paper proposes a new approach to the study of patterns of destruction materials, as well as forecasting the parameters of efficiency of composite materials based on wood, which is associated with the study of the behaviour of the material constants that define these parameters. The proposed method also allows the load acting on the structure or material to take into account the effects of temperature and humidity.

**Keywords:** MDF boards, evaluation method, durability, thermally activated theory.