

## Література

1. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. – Л. : Изд-во "Химия", 1989. – 384 с.
2. Карякина М.И. Лабораторный практикум по испытанию лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М. : Изд-во "Химия", 1989. – 206 с.
3. Cross В.Е. The Bacterial Transformation of Abietic Acid / В.Е. Cross, P.L. Myers // Biochemical Journal. – 1968. – Vol. 108. – Pp. 303-310.
4. Прието Д. Древесина. Обработка и декоративная отделка : пер. с нем. / Д. Прието, Ю. Кине. – М. : Изд-во "Пэйнт-Медиа", 2008. – 392 с.

### **Яремчук Л.А. Отделка покрытий для пола экологическими материалами на основе модифицированных масел**

Отделка изделий из древесины, а особенно покрытий для пола экологическими лакокрасочными материалами, сегодня является актуальной проблемой. Существующие отечественные отделочные материалы на основе высыхающих масел не обеспечивают необходимых эксплуатационных свойств покрытий. Исследованы модификаторы, позволяющие улучшить физико-механические свойства покрытий из льняных масел.

**Ключевые слова:** экология, отделка, масло, канифоль, твердость, толщина.

### **Yaremchuk L.A. Finishing of board for a parquet by ecological materials on the basis of the modified oils**

Finishing of wares from wood and especially the board for a parquet by environmentally safe materials is actual problem today. The domestics finishing materials does not provide necessary operating properties of the covers because they are on the basis of drying out oils. The modifiers improve physical properties of the covers on the basis linseed oils.

**Keywords:** the ecology, a finishing, an oil, a rosin, a hardness, a thickness.

УДК 684.4.04

Доц. Л.М. Бойко<sup>1</sup>, канд. техн. наук;  
директор С.М. Кульман<sup>2</sup>, канд. техн. наук

## **МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ КОРПУСНИХ МЕБЛІВ ІЗ ЛИЧКОВАНИХ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ**

На основі аналізу методів технічного проектування механічних систем запропоновано методику проектування корпусних меблів із личкованих стружкових плит. Наведено приклад застосування методики проектування. Подано порівняльні результати, отримані під час комп'ютерного дослідження залежності роботопридатності полиці від виду її кріплення у книжкової шафі.

**Ключеві слова:** личковані стружкові плити, прогнозування, довговічність, кінетична теорія міцності, оптимальні конструкції.

**Вступ.** Як показали проведені дослідження тривалої міцності личкованих стружкових плит (СП), що знаходяться в умовах плоского або об'ємного напруженого станів, на їх довговічність істотно впливають температура, навантаження та час їх дії. Така залежність має експоненціальний характер та утворює у логарифмічних координатах сімейство прямих, які сходяться в одну точку (полос). Тому методика проектування корпусних меблів із личкова-

них стружкових плит має бути заснована на термоактиваційній (кінетичній) концепції деформування та руйнування твердих тіл.

**Метою дослідження** є розроблення методики проектування оптимальної меблевої конструкції для забезпечення заданого терміну її експлуатації та зменшення собівартості.

**Матеріали та методика досліджень.** Згідно з термоактиваційною концепцією та принципом часово-температурно-силової еквівалентності, для кожного матеріалу існують три межі роботопридатності: силова (міцність або межа текучості), часова (довговічність) та температурна (термостійкість або теплостійкість). Підвищення або пониження однієї з них компенсується зміною будь-якої з двох інших. Прогнозування роботопридатності здійснюється за формулами [1] у широкому діапазоні варіювання експлуатаційних параметрів. При цьому параметри роботопридатності (довговічність, міцність та термостійкість) визначаються обмеженою групою термоактиваційних параметрів, що входять у ці формули.

**Результати дослідження.** Проведені дослідження показали, що на термоактиваційні параметри впливають різні чинники, а саме: конструкція СП, вид личкування, вигляд та напрям дії навантаження, конструкція кутового меблевого з'єднання, а також зовнішні умови експлуатації (температура, вологість).

Методика проектування оптимальної меблевої конструкції подана у вигляді алгоритму [2]. На сьогодні меблеві вироби конструюють на основі критеріїв міцності, тобто такі, які можуть витримувати максимальне експлуатаційне навантаження. Наші дослідження показали, що для вибору оптимальної меблевої конструкції одного критерію міцності недостатньо, тому необхідно використовувати одночасно критерій міцності та довговічності. Необхідні дії під час пошуку оптимального розв'язання цієї задачі виконуємо за алгоритмом [2].

Оцінимо довговічність книжкової шафи, що показано на рис. 1. У цьому випадку полиця відрізняється від горизонтальної стінки тим, що не є скріпленою жорстко з бічними стінками корпусу, і має змогу змінювати своє розташування в книжковій шафі. Вона зв'язана з бічними стінками за допомогою полицетримачів. Для розрахунку довговічності книжкової полиці прийемо матеріал – ламінована СП, виробництва ТОВ "Кроно-Україна". Заводські характеристики матеріалу: модуль пружності  $E = 2600$  МПа, межа міцності на згин  $[\sigma] = 14$  МПа, щільність  $700$  кг/м<sup>3</sup>, конструкція показано на рис. 1.

Як критерій споживчої довговічності приймаємо величину максимального прогину книжкової полиці. Споживча довговічність визначиться часом досягнення величини прогину полиці, що, згідно з вимогами споживчого попиту, дорівнює  $[\delta_{\psi}] = 10$  мм. Фізична довговічність визначиться як максимальна величина прогину в момент руйнування. Розподілений тиск на книжкову полицю становить  $q = 1250$  Па. Визначаємо величину внутрішніх напружень  $\sigma_{\text{вн}}$  за методом кінцевих елементів (МКЕ). Для зменшення розмірності під час розрахунків за МКЕ застосуємо принцип симетрії, який дає змогу значно знизити кількість розрахункових вузлів та пришвидшити розрахунок.

<sup>1</sup> НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ;

<sup>2</sup> ПП "Компанія Інтердизайн"

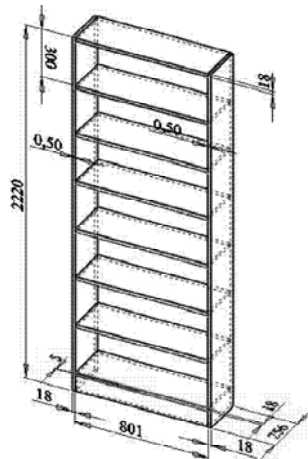


Рис. 1. Твердотільна модель книжкового стелажу, конструкція та розміри

Розрахунковий вузол, що містить об'єкт дослідження (горизонтальну полицю), показано на рис. 2.

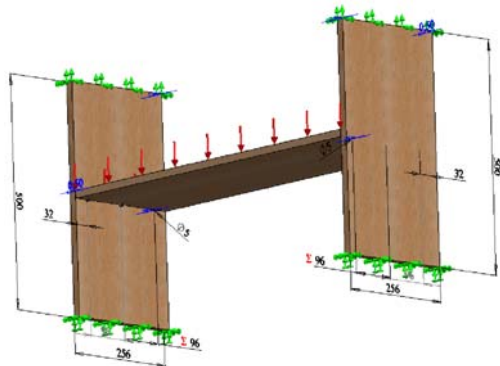


Рис. 2. Фрагмент книжкового стелажу з горизонтальною полицю

Результати розрахунків показано на епюрах еквівалентного напруження за Мізесом (рис. 3). Отже, на підставі проведеного комп'ютерного дослідження визначили початкове значення параметра функціональності. Максимальний прогин всередині полиці становив  $\delta_{\text{шт}} = 6,8$  мм, а максимальні напруження в точці максимального прогину –  $\sigma = 2,18$  МПа.

Враховуючи, що межа міцності під час згину полиці становить 14 МПа, ця полиця має великий запас міцності, а отже фізичну довговічність. Для аналізу споживчої довговічності визначимо, який би був прогин у полиці у випадку, коли тиск на полицю привів до напруження, близького до межі міцності, тобто до напруження в момент руйнування.

Методом послідовних наближень визначимо, що руйнування полиці відбудеться за величиною тиску  $q = 9500$  Па. При цьому максимальний прогин у момент руйнування становив  $\delta_{\text{р}} = 57,64$  мм (рис. 4).

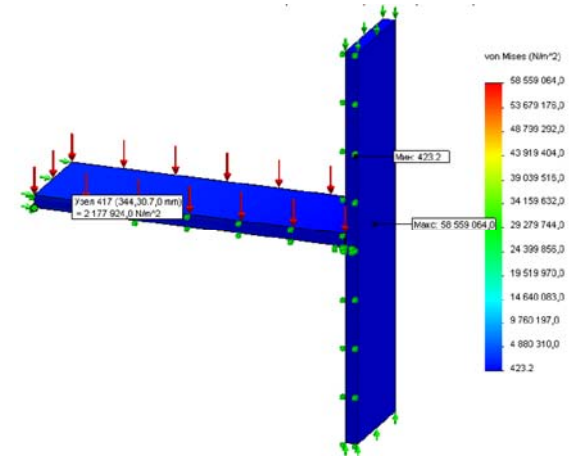


Рис. 3. Епюра напруження в досліджуваних об'єктах

Отже, так само визначили гранично допустиму величину параметра функціональності. Полиця в корпусі шафи зв'язана з бічними стінкам за допомогою полицетримачів, тому матеріал працює у плоскому напруженому стані. Для плоского напруженого стану термоактиваційні параметри для цього матеріалу є такими [3-4]:  $U_0 = 196$  кДж/моль,  $\gamma = 9,1$  кДж/моль·МПа,

$$\lg \tau_0 = -0,7, T_m = 486 \text{ К.}$$

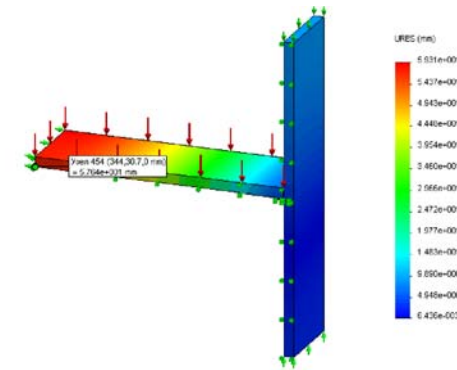


Рис. 4. Епюра вертикальних переміщень вузлів полиці у момент руйнування

Призначаємо умови експлуатації. Температура у приміщенні змінюється від 10 °С до 25 °С. Поправка для зміни температури [5]:  $\Delta_T = -0,0007T + 1,0835$ . Середня вологість у приміщенні  $W = 60$  % поправка [5]:  $\Delta_W = -0,0015W + 1,09$ . Теоретична довговічність полиці, за цієї схеми навантаження становитиме близько  $\tau_p = 962$  років. Фізична довговічність з врахуванням умов експлуатації становить  $\tau = \tau_p / \Delta_\Sigma = 962 / 1,08 = 890$  років, де  $\Delta_\Sigma = \sqrt{\Delta_w \cdot \Delta_T \cdot \Delta_\sigma} = \sqrt{1,07 \cdot 1,0 \cdot 1,09} = 1,08$ .

Середня швидкість втрати ресурсу довговічності книжкової полиці визначаємо за формулою [2]. Для нашого прикладу:

$$v = (57,64 - 6,8) / 890 = 0,057 \text{ мм/рік.}$$

Визначення функціональної довговічності як часу, протягом якого матеріал досягне гранично допустимої величини параметра функціональності:

$$t = (10 - 6,8) / 0,057 = 56 \text{ років.}$$

Для порівняння впливу конструкції кутового з'єднання на довговічність шафи (рис. 1) використали конфірмати замість полицетримачів. На відміну від попередньої конструкції, конфірмат виконує одночасно функцію стягування та полицетримання. Решта параметрів, включаючи значення прогину полиці, що визначає функціональну довговічність  $[\delta_\psi] = 10$  мм, залишаться тими, як і у попередньому прикладі.

Оцінку довговічності визначаємо за тим же алгоритмом [2].

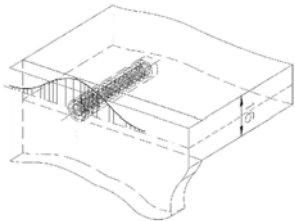


Рис. 5. Епюра розподілу напружень у зоні конфірмат-полиця

Як критерій споживчої довговічності приймаємо той же критерій, допустимий прогин полиці  $[\delta_\psi] = 10$  мм. Розподілений тиск на книжкову полицю становить  $q = 1250$  Па. Визначаємо величину внутрішніх напружень  $\sigma_{en}$  за МКЕ.

Дослідження величини максимального напруження  $\sigma_{max}$  у зоні контакту полиці та конфірмата методом зондування показало, що матеріал у цій зоні працює на межі придатності. На рис. 5. відображено епюру максимальних напружень у полиці, що проходить через вісь конфірмату.

Теоретичну довговічність полиці за цієї схеми навантаження розраховано за формулою [2] і буде слугувати до її повного руйнування близько 196,6 років. Фізична довговічність з врахуванням умов експлуатації  $\tau = \tau_p / \Delta_\Sigma = 197 / 1,086 = 181$  років, де

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{\Delta_w \cdot \Delta_T \cdot \Delta_\sigma} = \sqrt{1,104 \cdot 1,015 \cdot 1,05} = 1,086.$$

Середню швидкість втрати ресурсу довговічності книжкової полиці визначали за формулою [2]:  $v = (28,11 - 3,3) / 181 = 0,14$  мм/рік. Визначення функціональної довговічності як часу, протягом якого матеріал досягне гранично допустимої величини параметра функціональності становить  $t = (10 - 3,3) / 0,14 = 47$  років. Отож, через 47 років книжкова полиця за цього навантаження буде мати прогин, що є максимально допустимий, виходячи зі споживчих вимог.

Отже, можна зробити порівняння результатів, отриманих у разі дослідження залежності придатності полиці від виду кріплення її у конструкції шафи, а саме використання конфірмата, для кутового меблевого з'єднання призводить до появи додаткового концентратора напруження [6]. Це, водночас, має вирішальне значення для придатності всієї системи.

**Висновки.** Запропоновано нову методику проектування корпусних меблів із личкованих стружкових плит. Наведено приклад застосування мето-

дики у вигляді комп'ютерного проектування книжкової шафи. Запропонована методика дає змогу забезпечити заданий термін експлуатації та зменшити собівартість за рахунок зменшення матеріалоемності виробу.

Експериментальна перевірка на підприємстві показала задовільні результати, що свідчить про можливість її використання під час проектування та проведення сертифікації меблевих виробів. Розрахунок економічного ефекту в умовах конкретного виробництва щодо використання розробленої методики показав зменшення собівартості виробу на 12 % [7].

## Література

1. Регель В.Р. Кинетическая природа прочности твердых тел / В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский. – М. : Изд-во "Наука", 1979. – 560 с.
2. Патент на корисну модель № 471577 Україна, МПК G01D 21/00. Спосіб оптимізації механічних систем / С.М. Кульман, Л.М. Бойко. – Номер заявки u 2011 09155; заявл. 21.07.2011; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14.
3. Бойко Л.М. Дослідження взаємозв'язку термоактивіаційних параметрів личкованих стружкових плит при прогнозуванні довговічності / Л.М. Бойко, С.М. Кульман // Стан та перспективи розвитку деревооброблення : матер. Міжнар. наук. конф., 17-18 травня 2011 р.: зб. тез доп. – Львів : Вид-во НЛТУ України, 2011. – Вип. 37.1. – С. 81-83.
4. Бойко Л.М. Прогнозування довговічності стружкових плит у конструкціях меблів / Л.М. Бойко // Науковий вісник НУБіП України : зб. наук. праць. – Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. – К. : Вид-во НУБіП України. – 2011. – Вип. 164, ч. 1. – С. 231-238.
5. Бойко Л.М. Вплив коливань умов експлуатації на довговічність личкованих стружкових плит / Л.М. Бойко // Современные строительные конструкции из металла, дерева и пластмасс : матер. XV Междунар. симпозиум, 30 мая – 02 июня 2011 г. – Одесса.
6. Кульман С.М. Дослідження кінетики процесу деструкції та руйнування кутових з'єднань корпусних меблів (КЗКМ) за допомогою енергетичного аналізу величин природної деформації кривої тривалості міцності / С.М. Кульман, Л.М. Бойко // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.5. – С. 117-120.
7. Бойко Л.М. Оцінювання довговічності личкованих стружкових плит у конструкціях меблів : дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.23.06 – "Технологія деревообробки, виготовлення меблів та виробів з деревини" / Л.М. Бойко. – К., 2011. – 214 с.

## Бойко Л.М., Кульман С.Н. Методика проектирования корпусной мебели из облицованных древесностружечных плит

На основании анализа методов технического проектирования механических систем предложена методика проектирования корпусной мебели из облицованных древесностружечных плит. Приведен пример применения методики проектирования. Приведены сравнительные результаты, полученные в случае компьютерного исследования зависимости работоспособности полки от вида ее крепления в книжном шкафу.

**Ключевые слова:** облицованные древесностружечные плиты, прогнозирование, долговечность, кинетическая теория прочности, оптимальные конструкции.

## Bojko L.M., Kulman S.N. Methods of designing furniture from laminated chipboards

Based on the analysis methods of the technical design of mechanical systems, the method of designing furniture with laminated particle board. An example of application design methodology. The comparative results obtained in the case of computer research efficiency dependence on the type of a shelf mounting in bookcase.

**Keywords:** laminated board, forecasting, durability, kinetic theory of strength and optimal design.