

конструкції; зусилля або напруження втрати міцності; розміри перерізів [1].

Недоліком даного способу є те, що він не враховує під час проектування впливу допустимих навантажень на довговічність механічних систем. Таким чином оптимальна з точки зору міцності механічна система протягом часу свого існування веде себе непередбачуваним чином. Тобто може зруйнуватися у непередбачений час.

Існує також спосіб оптимізації, що полягає в забезпеченні рівномірності всіх елементів механічної системи для досягнення її мінімальної маси, яка може витримувати допустимі навантаження [2]. Спосіб розглядає параметри різної природи. Наприклад, геометричні (довжину, висоту, ширину, товщину, площа, координати та ін.), фізико-механічні (модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнт лінійного температурного розширення, межу текучості, твердість, щільність матеріалу, теплоємність та ін.). Спосіб розглядає також такі параметри, як умови експлуатації (коефіцієнт запасу міцності, жорсткості, стійкості та ін.). Величини коефіцієнтів безпеки конструкції відображають багато неврахованих факторів у фізичній моделі, наближене завдання експлуатаційних навантажень, наближеність методів аналізу стану системи та ін. Критерій ефективності або цільова функція може бути при цьому виражена кількісним показником. Зокрема може бути показник маси конструкції, вартість, надійність та ін. Цільова функція повинна задовольняти певним обмеженням параметрів. Працездатною (допустимою) вважається при цьому така система, для якої виконуються умови не перевищення цих обмежень. Обмеження приймаються: обмеження на напружений стан; обмеження на деформований стан; обмеження на умови місцевої стійкості; обмеження на умови загальної стійкості системи; обмеження на частоти власних коливань; обмеження на амплітуди механічних коливань; обмеження на швидкість руху системи яка деформується; обмеження на параметри [2].

Спосіб не бере до уваги зміну стану матеріалів, з яких складаються механічні системи (вироби), у часі, і тому не дозволяє спрогнозувати, як буде вести себе спроектована за цим способом оптимальна конструкція у часі.

Мета досліджень полягає в удосконаленні способу оптимізації меблевих конструкцій корпусних меблів для того, щоб мати можливість на етапі їх проектування, оптимізації знати їхні потенційні можливості. При цьому технічний результат також полягає у підвищенні точності та достовірності прогнозування довговічності оптимальної механічної системи (меблевих виробів).

Матеріали та методика досліджень. Поставлене технічне завдання вирішується тим, що у відомому способі оптимізації механічних систем, що полягає в досягненні, наприклад мінімальної маси конструкції, здатної витримувати допустимі значення напруження, в якості додаткового обмеження використовується мінімально допустима довговічність механічної системи (меблевого виробу). Таким чином, спосіб оптимізації конструкцій корпусних меблів полягає у визначенні мінімальної маси конструкції, здатної витримувати допустимі значення напруження під дією допустимих навантажень. З метою підвищення точності та достовірності результатів оптимізації, задають плановий строк служби корпусних меблевих конструкцій із личкованих стружкових плит, $[t]$; визначають термоактиваційні параметри виробів, такі як: U_0 – максимальну енергію активації руйнування, кДж/моль; γ – структурно – механічний параметр, кДж/(мольхМПа); T_m – граничну температуру існування твердого тіла (температуру деструкції), К; τ_m – мінімальну довговічність (період коливання кінетичних одиниць – атомів, груп атомів, сегментів), с; виконують розрахунок прогнозування довговічності корпусних меблевих конструкцій із личкованих стружкових плит за формулою[3]:

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

де τ – час до руйнування (довговічність), с; τ_m , U_0 , γ і T_m – термоактиваційні параметри матеріалу; R – універсальна газова стала, кДж/(моль·К); σ – напруження, МПа; T – температура, К.

Термоактиваційні параметри визначають за формулами [4]:

$$\lg \tau_m = (\lg \tau_3 (\lg \tau_2 - \lg \tau_4) - \lg \tau_4 (\lg \tau_1 - \lg \tau_3)) / (\lg \tau_2 - \lg \tau_4 - \lg \tau_1 + \lg \tau_3); \quad (2)$$

$$1000/T_m = x_2 + (x_1 - x_2)(\lg \tau_m - \lg \tau_3) / (\lg \tau_1 - \lg \tau_3); \quad (3)$$

де $x_1 = 1000/T_1$, $x_2 = 1000/T_2$;

де T_1, T_2, T_3, T_4 – час до руйнування кожного зразка, с;

$$\gamma = (U_1 - U_2) / (\sigma_1 - \sigma_2); \quad (4)$$

$$U_1 = 2,3R(\lg \tau_1 - \lg \tau_2) / (T_1^{-1} - T_2^{-1});$$

$$U_2 = 2,3R(\lg \tau_3 - \lg \tau_4) / (T_3^{-1} - T_4^{-1});$$

$$U_0 = \gamma\sigma_2 + U_2. \quad (5)$$

Порівнюють розрахункових та плановий строк служби та вибір оптимальної меблевої конструкції здійснюють за умови: $t \leq [t]$.

Під час розв'язання задачі оптимізації методом за цільову функцію було прийнято мінімальну вартість виробу. При цьому працездатність виробу протягом всього планового строку служби повинна забезпечуватися мінімальним ефективним об'ємом матеріалу на його виробництво.

$$V_{\text{еф}} \rightarrow \min, \quad \text{при} \quad \sigma_{\text{max}} = k[\sigma]; \quad \tau = [\tau], \quad (6)$$

де $V_{\text{еф}}$ – ефективний об'єм матеріалу личкованої стружкової плити, що сприймає робоче навантаження; σ_{max} – напруження в ефективному об'ємі; k – коефіцієнт запасу міцності; $[\sigma]$ – допустиме напруження; τ – прогнозована розрахункова довговічність; $[\tau]$ – планований строк служби виробу.

Результати досліджень. Розв'язана задача оптимізації проектування корпусних меблевих конструкцій із личкованих стружкових плит згідно з замовленням фірми ТОВ «Партнер». Проект модульної системи складається із п'яти меблевих елементів, за допомогою яких можна спроектувати до сорока компонок різного дизайну та функціонального призначення. Дизайн-проект показано на рис. 1.



Рис. 1. Дизайн-проект модульної меблевої системи універсального призначення.

Початкові умови: 1) геометрична модель виробу згідно з дизайн-проектом (рис. 1). Матеріал для виготовлення меблів: ламінована стружкова плита, що має термоактиваційні параметри [5]: $U_0 = 260$ кДЖ/моль, $\gamma = 15,6$ кДЖ/моль·МПа, $t_m = -0,72$, $T_m = 443$ К; товщина матеріалу $h \leq [h] = 16$ мм; допустиме напруження $[\sigma] = 14$ МПа. 2) Експлуатація виробу планується в умовах: навантаження на полицю $q = 1250$ Па; середня температура експлуатації 25 °С; вологість повітря 60 %. Планований строк служби виробу $[\tau] = 30$ років.

За об'єкт дослідження прийнята секція максимальних габаритів. Для розрахунку напружень застосовуємо метод кінцевих елементів (МКЕ). Для першого варіанта розрахунку приймемо, що

товщина ламінованої стружкової плити 16 мм, габаритні розміри секції 300x300x600 (мм), задню стінку не показано. Результати розрахунків показано на епюрах еквівалентного напруження за Мізесом (рис. 2), максимальні напруження складають $\sigma = 4,50$ МПа.

Для того, щоб уточнити розподілене навантаження в області шканта, сховаємо бічну стінку та дослідимо область крайки у місці встановлення шканта. Епюра розподілення навантаження в області шканта показана на рис. 3.

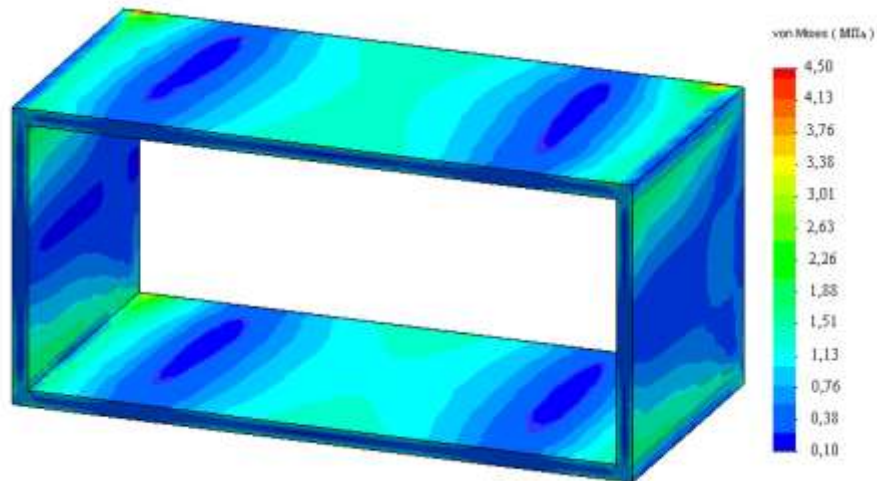


Рис. 2. Епюра еквівалентного напруження за Мізесом у секції максимальних габаритів (товщина ламінованої стружкової плити 16 мм).

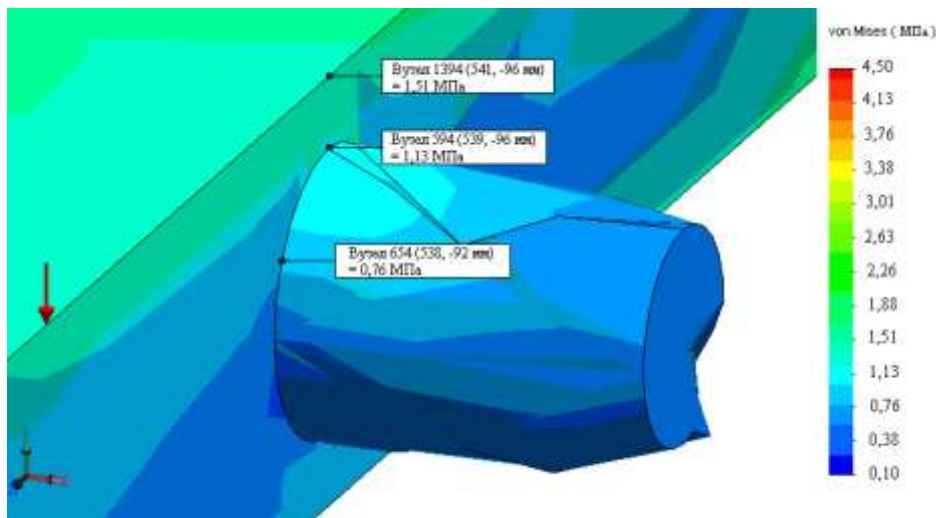


Рис. 3. Епюра розподілення навантаження в області шканта.

Як видно з епюри (рис. 4), напруження в області шканта нижче допустимого, тому в розрахунок приймаємо величину максимального еквівалентного напруження в області кріплення задньої стінки.

Як видно із епюри еквівалентного напруження, максимальне значення $\sigma_{ек} = 4,50$ МПа, що менше допустимого, $\sigma_{ек} < \sigma_{max} = 0,65 \cdot 14 = 9,7$ МПа. Теоретична довговічність секції, при даній схемі навантаження, що розрахована за формулою (1) буде близько $\tau_p = 489$ років.

Оскільки меблі експлуатуються в нестаціонарних умовах, тобто експлуатація меблів відбуваються під час коливання температури, вологості та навантаження, то поправки наступні [6]:

$$\Delta_T = -0,0021T + 1,159 = 1,11; \quad \Delta_W = -0,002W + 1,105 = 0,99;$$

$$\Delta\sigma = -0,0041\sigma + 1,0704 = 1,05.$$

Довговічність з врахуванням умов експлуатації:

$$\tau = \tau_p / \Delta_\Sigma = 489 / 1,02 = 479 \text{ років,}$$

$$\text{де } \Delta_\Sigma = \sqrt{\Delta_W \cdot \Delta_T \cdot \Delta_\sigma} = \sqrt{0,99 \cdot 1,11 \cdot 1,05} = 1,02.$$

Оскільки $\tau = 479 > [\tau] = 30$ і $\sigma_{ек} = 4,50 < \sigma_{max} = 11,7$, тому є можливість змінити ефективний об'єм матеріалу шляхом зміни товщини ламінованої стружкової плити з 16 мм на 12 мм і виконати новий розрахунок довговічності та міцності.

Результати розрахунків показано на епюрах еквівалентного напруження за Мізесом (рис. 4).

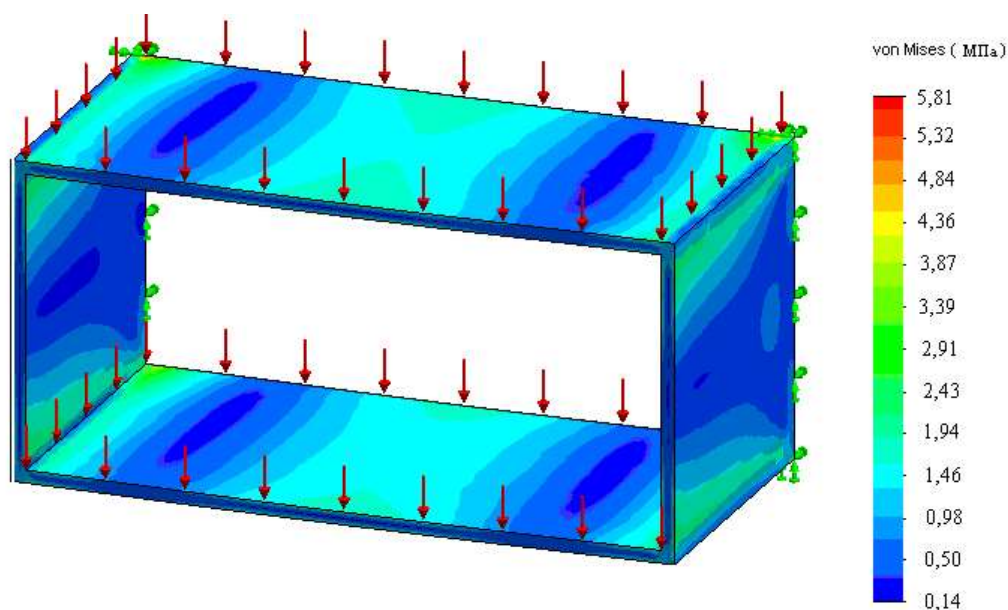


Рис. 4. Епюра еквівалентного напруження за Мізесом у секції максимальних габаритів (товщина ламінованої стружкової плити 12 мм)

Як показано на рис. 4, максимальне еквівалентне напруження дорівнює $\sigma_{ек} = 5,81$ МПа, що менше допустимого, $\sigma_{ек} < \sigma_{max} = 0,65 \cdot 18 = 11,7$ МПа. Теоретична довговічність секції при

даній схемі навантаження, розрахована за формулою (1), буде близько $t_p=33$ років.

Довговічність з врахуванням умов експлуатації:

$$\tau = \tau_p / \Delta_\Sigma = 33 / 1,02 = 32 \text{ років,}$$

Оскільки один із критеріїв оптимального рішення виконаний, а саме $\tau = 32 \approx [30]$, тому оптимальне рішення знайдено. В той же час, другий критерій, а саме міцність знаходиться далеко від допустимого значення $\sigma_{ек} = 5,81 < \sigma_{max} = 11,7$. Це говорить про те, що користуватися при пошуку оптимального рішення тільки одного критерію недостатньо, тому запропоновано новий спосіб оптимізації конструкцій корпусних меблів

Висновки

Експериментальна перевірка способу оптимізації меблевих конструкцій корпусних меблів на підприємстві ТОВ «Партнер» показала задовільні результати, що свідчить про можливість її використання під час проектування та проведення сертифікацій меблевих виробів з метою вибору матеріалозберігаючих конструкцій з одночасним досягненням заданого рівня надійності, регламентованого строку служби та якості. Розроблена методика пошуку оптимальної конструкції меблевого виробу з личкованої СП на основі критеріїв допустимої міцності та довговічності. Використовуючи критерій довговічності, можна рекомендувати граничні умови експлуатації меблевих виробів для досягнення гарантованого строку їх експлуатації. Впровадження розробленого методу оцінювання довговічності личкованих СП у конструкціях меблів для підприємств середнього обсягу виробництва (близько 400 тис. грн. на рік) дозволить заощадити в рік понад 32 тис. грн.

Список літератури

1. *Макаров Е.Г.* Сопротивление материалов на базе Mathcad. / *Е.Г. Макаров.* – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 477 с.
2. *Малков В.П.* Оптимизация пружных систем / *В.П. Малков, А.Г. Угодчиков.* – М.: Наука, 1981. – 24 с.
3. *Ратнер С.Б.* Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? / *С.Б. Ратнер, В.П. Ярцев.* – М.: Химия, 1992. – 320 с.
4. *Патент* на корисну модель № 46493 Україна, МПК G01D 3/00. Спосіб випробовування довговічності кутових з'єднань корпусних меблів / *С.М. Кульман, Л.М. Бойко.* – Номер заявки u 2009 06787; заявл. 30.06.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл. № 24.
5. *Бойко Л.М.* Дослідження взаємозв'язку термоактиваційних параметрів личкованих стружкових плит при прогнозуванні довговічності / *Л.М. Бойко, С.М. Кульман* // Міжнародна наукова конференція «Стан та перспективи розвитку деревообробки», 17–18 травня 2011 р.: зб. тез доповідей. – Львів: НЛТУ України, 2011. – Вип. 37.1. – С. 81–83.

6. Бойко Л.М. Вплив коливань умов експлуатації на довговічність личкованих стружкових плит / Л.М. Бойко // XV Международный симпозиум «Современные строительные конструкции из металла, дерева и пластмасс», 30 мая – 02 июня 2011г. – Одесса.

На основе анализа существующих критериев оптимизации механических систем предложено способ оптимизации корпусных мебельных конструкций из облицованных древесностружечные плит. Приведены примеры реализации способа.

Облицованные древесностружечные плиты, прогнозирования, долговечность, кинетическая теория прочности, оптимальные конструкции.

Based on the analysis of existing criteria optimization of mechanical systems, the proposed method for optimization cabinet furniture constructions of the laminated particle board. There is the example of method realization.

Laminated board, forecasting, durability, kinetic theory of strength and optimal design.

УДК 684.4.04

ЕВРИСТИЧНА МОДЕЛЬ ДОВГОВІЧНОСТІ ЛИЧКОВАНИХ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ

Л.М. Бойко, кандидат технічних наук

В статті проведено евристичне моделювання довговічності личкованих стружкових плит. Як впливає з евристичної моделі процесу втрати ресурсу довговічності личкованих стружкових плит, об'єктом експериментального дослідження повинні бути як внутрішні, так і зовнішні фактори, які пов'язані з особливостями експлуатації, так і їх взаємодії, які впливають на властивості личкованих стружкових плит у конструкціях меблів.

Личковані стружкові плити, прогнозування, довговічність, кінетична теорія міцності, евристична модель.

Основне завдання дослідження довговічності личкованих стружкових плит у конструкціях меблів полягає у дослідженні причин, механізму і закономірностей втрати ресурсу довговічності

© Л.М. Бойко, 2013