

МАШИНОЗНАВСТВО. ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 539.4.019.1:684.4

Л.М. Бойко, аспір.
І.Г. Грабар, д.т.н., проф.

Житомирський державний технологічний університет

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ТА ГРАНИЧНОЇ МІЦНОСТІ КОРПУСНИХ МЕБЛІВ

Пропонується підхід, який дозволяє прогнозувати ресурс корпусних меблів, а також термін працездатності меблевих виробів, суттєво скоротити час проектування меблів. Запропонована методика базується на термофлуктуаційній концепції руйнування та деформування твердого тіла.

Вступ. При конструюванні нових виробів перед конструктором постає головне завдання – знайти оптимальне поєднання функціонального призначення предмета та його вартості (матеріалу та праці). Якщо дизайнерові вдається вирішити це головне протиріччя, то йому вдається створити новий конкурентний продукт на ринку, який починає свій життєвий цикл.

При конструюванні повинна бути досягнута повна узгодженість між фізико-механічними ресурсами виробу і терміну морального зносу (тобто повинна бути забезпечена синхронність старіння виробу по всіх існуючих параметрах).

У різних виробках матеріал і конструкція по-різному впливають на форму. Перш за все саме співвідношення між впливом властивостей матеріалу і впливом конструкції на реальну форму виробу може бути різна. У більшості випадків матеріал впливає на форму предмету не безпосередньо, а через конструкцію.

У складному виробі взаємозв'язок між матеріалом, конструкцією і створюваною формою інший, бо там матеріал «працює», повністю підкоряючись особливостями спеціально створюваної конструкції, що пов'язано з характером предмету, з його функцією і будовою. У виробництві меблів, наприклад, останнім часом відбулися зміни, зв'язані не стільки з функцією (функція меблів більш-менш постійна), скільки із застосуванням нових матеріалів і конструкцій, що, у свою чергу, змінює не тільки габарити виробів, але й форму.

При проектуванні виробів меблів для конструктора дуже важливо знати властивості вживаних матеріалів, щоб отримати різну форму або, принаймні, інші характеристики цієї форми.

З іншого боку, при формоутворенні виробів (наприклад корпусні меблі), що мають одну функцію, одне призначення (корпусні меблі призначені для зберігання і розміщення різних предметів), важливо точно встановити, в яких умовах вони працюватимуть, які характерні типові складові пов'язані з ними, чи змінюються функції, чи виникають нові, чи з'єднуються деякі з них в одному предметі (в одній системі), – все це призводить до зміни змісту (матеріалів) і форми (конструкції) виробів і їх комплексу.

Вироби корпусних меблів у загальному випадку складаються з конструктивних елементів, тому конструктору необхідно з'ясувати, як розподіляються зусилля в елементах з'єднань, які навантаження припадають на частку того або іншого елемента в з'єднаннях, що визначає надійність роботи конструкції, її експлуатаційну міцність і довговічність. Для цього необхідно мати в своєму розпорядженні деякі знання (зокрема теорії міцності) і природне відчуття. Також на етапі проектування важливо спрогнозувати, коли відбудеться моральне старіння виробу, зміниться мода. Виходячи з цього, застосовуються такі матеріали, з'єднання, які забезпечать цей термін служби при мінімальних витратах.

Щоб полегшити конструктору роботу, а також скоротити час проектування, було поставлено завдання, розробити рекомендації, користуючись якими він легко може вибрати матеріал, спосіб з'єднання, розміри деталей, спрогнозувати працездатність виробу, термін експлуатації.

Основна частина. У зв'язку з тим, що питання прогнозування ресурсу розглядалися для конкретних найбільш типових кутових з'єднань меблів з ламінованої деревиностружкової плити (ЛДСП), було вибрано схему формування корпусу на вертикальних прохідних стінках розбірної конструкції (ексцентрикове стягування), а також нерозбірній конструкції (конфермата та шканта).

При проектуванні конструкцій меблів найчастіше використовується емпіричний метод граничних станів, а всі ускладнення враховуються поправочними коефіцієнтами. Це призводить до багатократного запасу міцності й деформативності матеріалу. При вивченні міцності й деформаційних характеристик кутових з'єднань корпусних меблів (КЗКМ), виготовлених з деталей ламінованої деревиностружкової плити (ЛДСП), та з'єднанні різними видами з'єднувальних елементів, невивченим залишається питання

роботи в часі під дією тривалих навантажень і температур. Для ЛДСтП та КЗКМ різко виявляється температурно-часова залежність міцності.

Як один із підходів для розробки методики прогнозування тривалої міцності з'єднань корпусних меблів можна використовувати термофлуктуаційну концепцію руйнування та деформації, розвиток якої зобов'язаний в першу чергу фундаментальним роботам школи С.Н. Журкова. Вона розглядає тепловий рух атомів як вирішальний чинник процесу механічного руйнування, а роль навантаження полягає в зменшенні енергії зв'язків.

Згідно з термофлуктуаційною концепцією [1–7] і принципом часово-температурно-силової еквівалентності для кожного матеріалу існують три межі працездатності: силова (міцність або межа текучості), часова (довговічність) і температурна (термостійкість або теплостійкість). Підвищення або пониження однієї з них компенсується зміною будь-який з двох інших.

Відомо, що для полімерних та інших видів композитних матеріалів різко проявляються температурно-часові залежності міцності, тобто дія трьох параметрів – температури, навантаження і часу – якісно однакові. Така залежність має експонентний характер і утворює сім'ю прямих, які сходяться в одну точку (поліус). Класичним видом даної залежності є “прямий пучок” (рис. 1, а), який описується рівнянням:

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

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{T_m} = \frac{T_m - T}{T \cdot T_m} = \frac{1}{RT} \left(1 - \frac{T}{T_m}\right).$$

де, τ_i, U_0, γ і T_m – фізичні константи матеріалу: τ_i – мінімальна довговічність (період коливання кінетичних одиниць – атомів, груп атомів, сегментів), с; U_0 – максимальна енергія активації руйнування, кДж/моль; γ – структурно-механічна константа, 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.

Фізичні константи, які входять до рівняння, визначаються графоаналітичним способом [1]. Для цього дослідні дані перебудовуються в координати $\lg \tau - 10^3 / T$ (рис. 1). Константи τ_m і T_m знаходяться за положенням поліуса. Для визначення інших двох констант U_0, γ визначають енергію активації $U(\sigma)$ із нахилу прямих із графіка $\lg \tau - 10^3 / T$ за рівнянням:

$$U(\sigma) = 2,3R \frac{\Delta \lg \tau}{\Delta(10^3 / T)}, \tag{2}$$

Потім за отриманими даними будують графік у координатах $U - \sigma$ (рис. 1, в). При екстраполяції на $\sigma = 0$ визначають максимальну енергію активації U_0 , а за тангенсом кута нахилу кута прямої $U - \sigma$ величину γ .

Часто формула (1) не справджується. Це спостерігається при крихкому руйнуванні наповнювача поліамідів, поліалкілентерефталатів, тобто полімерів, у яких з хімічними і міжмолекулярними силами вагомий й сили проміжної величини. В результаті спостерігається сім'я прямих, які в координатах $\lg \tau - \sigma$ і $\lg \tau - 10^3 / T$ не сходяться у поліус (утворюють паралельні прямі) (рис. 2). У цьому випадку навантаження не впливає на енергію активації, і реалізується формула:

$$\tau = \tau_* \exp\left[\frac{U}{RT} \exp(-\beta\sigma)\right], \tag{3}$$

де τ_*, U – емпіричні константи; β – структурно-механічний коефіцієнт, 1/МПа.

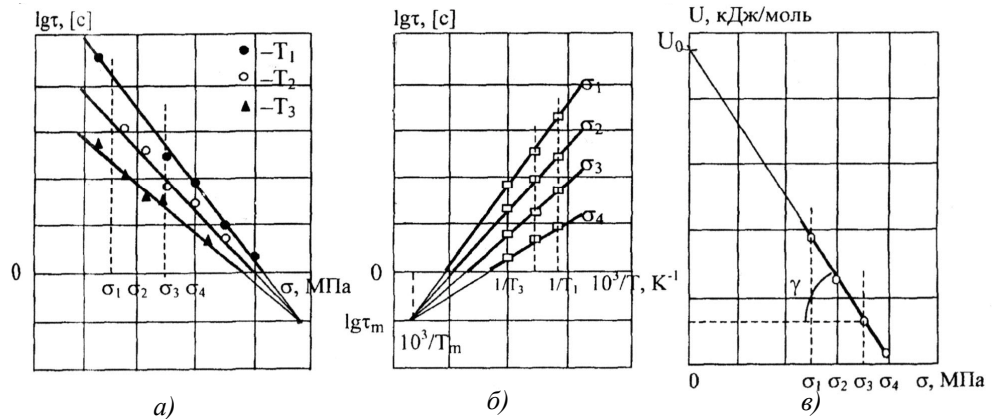


Рис. 1. Схема визначення фізичних констант при руйнуванні для “прямого пучка”

Значення константи U у формулі визначається із сім’ї прямих у координатах $\lg \tau - 10^3 / T$. Константа β рівна куту нахилу прямих у координатах $\lg \tau - \sigma$ ($\beta = \frac{\Delta \lg \tau}{\Delta \sigma}$). Константа τ_* визначається за формулою $\tau_* = \tau_0 \exp(\beta \sigma)$ в координатах $\lg \tau - 10^3 / T$ (рис. 2, б). Для цього задаються σ_0 і екстраполяція на $\lg \tau$ при даному напруженні находять τ_0 [1].

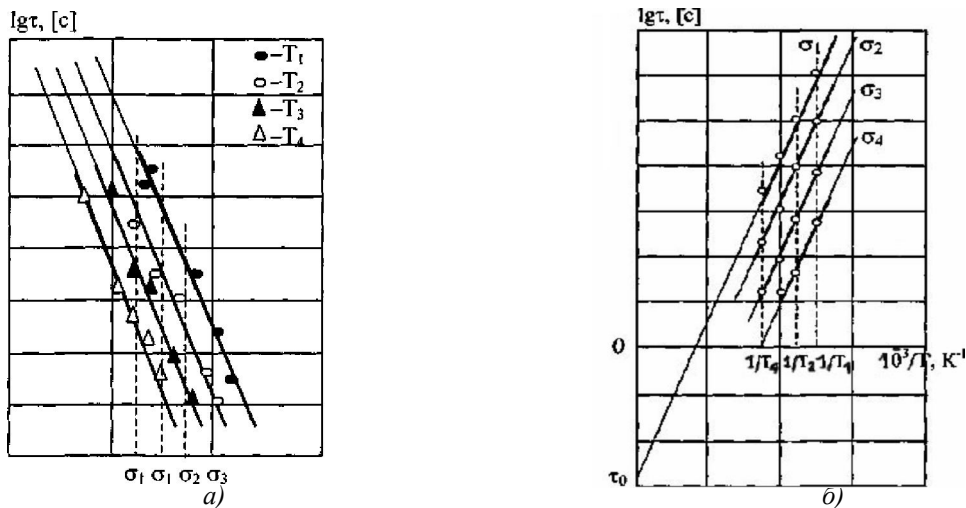


Рис. 2. Схема визначення фізичних констант при руйнуванні для залежності з паралельними прямими

Спостерігаються також випадки перетворення пучка прямих, коли вони сходяться в полюс не при гранично високій, а при гранично низькій температурі. Це зустрічається для деяких термостійких резин [2], при втомленому стиранні поліуретану [3], при зрізі холодноформованих поліолефінів, при згині й стисканні цементно-стружкових [4] (рис. 3). При цьому справедлива формула:

$$\tau = \tau_m^* \exp \frac{U_0^* - \gamma^* \sigma}{RT} \left(\frac{T_m^*}{T} - 1 \right), \tag{4}$$

де $\tau_m^*, U_0^*, \gamma^*, T_m^*$ – емпіричні константи.

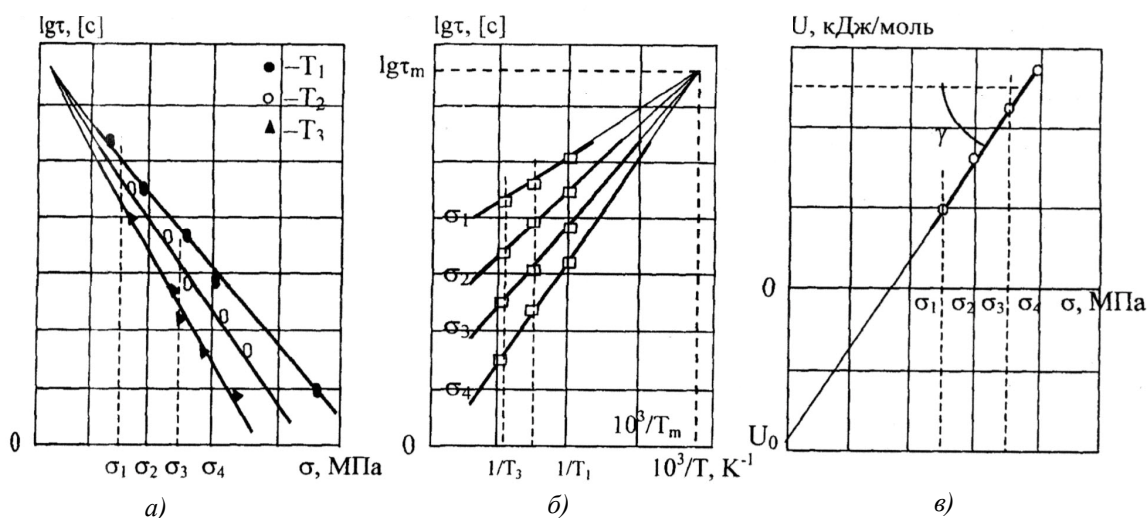


Рис. 6. Схема визначення фізичних констант при руйнуванні для “оберненого пучка”

Емпіричні константи в даному випадку визначаються аналогічно константам для “прямого пучка” [1].

Згідно з методики, описаною вище, а також проведенням ряду експериментальних досліджень [8] нами були проведені випробовування на тривалу міцність кутових з’єднань корпусних меблів КЗКМЗ (за допомогою конфермата), ЛДСтП щільністю 700 кг/м³.

На основі отриманих даних і знаючи температуру деструкції ЛДСтП щільністю 700 кг/м³, побудували математичну модель на основі формули (1) для досліджуваного діапазону перемінних факторів моделі $\sigma = 7 \dots 14$ мПа, $T = 293 \dots 502$ К.

Графічне зображення математичної моделі дослідження кутового з’єднання корпусних меблів за допомогою конфермата показано на рис. 4.

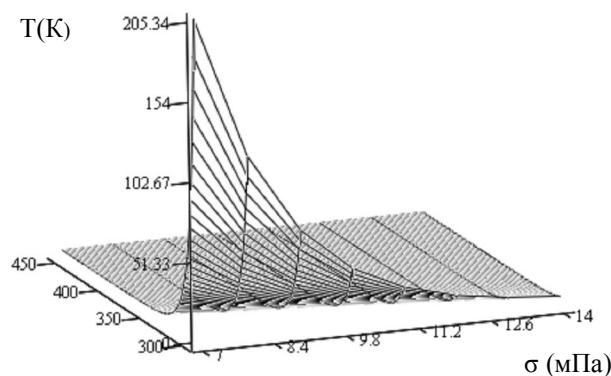


Рис. 4. Залежність довговічності τ (годин), кутового з’єднання меблів за допомогою конфермата від напруження σ (МПа) і температури T (К)

Висновки. Як показали проведені дослідження, дана математична модель є адекватною в експлуатаційно заданому діапазоні змінних факторів.

Отримана модель дозволяє спрогнозувати тривалу міцність кутового з’єднання КЗКМЗ, що широко використовується виробниками сучасних корпусних меблів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ратнер С.Б., Ярцев В.П. Физическая механика пластмасс. – М.: Химия, 1992. – 320 с.
2. Ярцев В.П. Закономерности термофлуктуационного разрушения высоконаполненных резиновых смесей и резин // Каучук и резина. – М., 1989. – № 3. – С. 17–20.

3. *Ратнер С.Б., Ярцев В.П.* Термофлуктуационные закономерности истирания полимеров // Теория трения, износа и проблемы стандартизации. – Брянск, 1978. – С. 150–162.
4. *Ярцев В.П.* Влияние степени обжатия на прочность полиолефинов при объёмной штамповке // Пластические массы. – М., 1986. – № 9. – С. 39–40.
5. *Ярцев В.П., Киселева О.А.* Прогнозирование прочности, долговечности и термостойкости нагруженных в постоянном режиме древесных плит // Известия вузов. Строительство. – Новосибирск, 2002. – № 1–2. – С. 141–144.
6. *Лурье Е.Г.* Термоактивационные закономерности износа полимеров: Дис... канд. техн. наук., 02.00.07. – М.: НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 1966. – 180 с.
7. *Грабар І.Г.* Термоактиваційний аналіз та синергетика руйнування // Наукова монографія. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 312 с.
8. *Бойко Л.М., Грабар І.Г., Кульман С.М.* Експериментальне дослідження тривалої міцності кутових з'єднань корпусних меблів // Вісник ЖІТІ. – № 3. – 2008. – С. 7.

БОЙКО Людмила Миколаївна – аспірант ЖДТУ, головний конструктор меблів ТОВ «Меркс груп».

Наукові інтереси:

– конструювання, дизайн та прогнозування ресурсу корпусних меблів.

ГРАБАР Іван Григорович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету, проректор з інноваційно-наукової роботи Житомирського національного агроекологічного університету.

Наукові інтереси:

- прогнозування ресурсу конструкцій;
- синергетика та термоактиваційний аналіз руйнування.

Подано 03.11.2008

Бойко Л.М., Грабар І.Г. Методи прогнозування ресурсу та граничної міцності корпусних меблів
Бойко Л.Н., Грабар И.Г. Методы прогнозирования ресурсу и предельной прочности корпусной мебели
Bojko L.M., Grabar I.G. The procedure of the prognostication of resource and boundary strength of hull furniture

УДК 539.4.019.1:684.4

Методы прогнозирования ресурсу и предельной прочности корпусной мебели // Л.Н. Бойко, И.Г. Грабар

Предлагается подход, который позволяет прогнозировать ресурс корпусной мебели, а также срок работоспособности мебельных изделий, существенно сократить время проектирования мебели. Предложенная методика базируется на термофлуктуационной концепции разрушения и деформации твердого тела.

УДК 539.4.019.1:684.4

The procedure of the prognostication of resource and boundary strength of hull furniture/ L.M. Bojko, I.G. Grabar

Is proposed the approach, which makes it possible to forecast the service life of hull furniture, and also the period of the fitness for work of furniture articles, it is essential to reduce the time of the design of furniture. The procedure proposed is based on the thermal fluctuation concept of destruction and deformation of solid body.