

3. Urbanik E. Gluing high moisture content veneer with adhesives based on RPF and PF / E. Urbanik, W. Jabłoński, M. Józwiak // Adhesives in woodworking industry: Proceedings of XIII Symposium. – Slovakia, Vinne, 1997. – P. 225-232.

4. Elbez G. Possibility of gluing of veneers with high moisture content / G. Elbez // Adhesives in woodworking industry: Proceedings of XIII Symposium. – Slovakia, Vinne, 1997. – P. 101-110.

5. Топеха В.М. Исследование и разработка технологии склеивания шпона повышенной влажности порошкообразным клеем : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.21.05 "Процессы и механизация деревообрабатывающих производств, лесное хозяйство" / В.М. Топеха. – Ленинград, 1980. – 19 с.

6. Vijayendran B., Clay J. Some recent studies on soy protein-based wood adhesives / In Wood Adhesives 2000 Extend Abstracts. Nevada: Forest Products Society, 2000, P. 4-5.

7. The role of protein starch glutenous glue extenders in plywood / Wood Based Panels Int., 1988, 8. – № 1, 35-36 p.

8. Израелит А.Б. Теоретическое исследование напряженно- деформационного состояния фанеры после склеивания влажного шпона у вакуумных прессах / А.Б. Израелит, С.В. Денисов // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств. – 1982. – № 11. – С. 37-41.

9. Заявка 58-11102 Япония В 27 D 1/04. Спосіб виготовлення фанери / Фукуи Цуёси, Мидзуно Масуо, Ито Такуми; К.К. Мэйнан сэйсакусё. № 56-108753; заявл. 11.07.81; опубл. 21.01.83.

УДК 539.4.019.1:684.4

Проф. І.Г. Грабар, д-р техн. наук – Державний агро-економічний ун-ет; аспір. Л.М. Бойко – Житомирський державний технологічний ун-ет; С.М. Кульман, канд. техн. наук – "Інтердизайн"

ДИЗАЙН І МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ТА ГРАНИЧНОЇ МІЦНОСТІ КОРПУСНИХ МЕБЛІВ

Запропоновано підхід, який дає змогу прогнозувати ресурс корпусних меблів, а також термін працездатності меблевих виробів, істотно скоротити тривалість проектування меблів. Наведена методика базується на термофлуктуаційній концепції руйнування та деформування твердого тіла.

Prof. I.G. Grabar – State agro-economical university; post-graduate L.M. Bojko – Zhitomir state technological university, S.N. Kulman – company "Interdizayn"

Design and the procedure of the prognostication of resource and boundary strength of hull furniture

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.

Вступ. Під час конструювання нових виробів перед художником-конструктором (дизайнером) постає головне завдання – відшукати оптимальне поєднання функціонального призначення предмета та його вартості (матеріалу та праці). Якщо дизайнерові вдається вирішити це головне протиріччя, то він створить новий конкурентний продукт на ринку, який починає свій життєвий цикл. Сьогодні естетична функція предмета виходить на одне з головних місць із загального переліку вимог. Для виробництва важливо, наскільки раціонально будуть використані матеріали і конструкція, чи досягнута економія матеріалу за рахунок раціонального вирішення конструкторських схем, технології, форми виробу.

Визначення характеру і місця естетичних проблем у дизайні тісно пов'язане з тим, як розуміють дизайн, як визначають його основні завдання. Для дизайну естетична сторона є найважливішою, хоча і похідною, що завершує процес формування виробу. Це пов'язано з тим, що позитивна естетична оцінка завжди має цілісний критерій оцінки досконалості певного виробу, його відповідності ідеалу.

Щоб твори дизайну були красивими, в них, насамперед, має бути виражена (виявлена) та мета, яку поставили під час створення такого виробу, має бути втілене певне функціональне призначення – те, для чого призначений і буде виготовлений цей предмет.

Оскільки вироби меблів – це матеріальне виробництво, найбільш досконало треба вирішувати питання технічні, з мінімальними матеріальними і композиційними засобами. Якщо це досягнуто, якщо форма предмета гармонійна і найповніше виражає зміст, то вона сприймається як форма прекрасна. Але цього мало, оскільки головна дійова особа – людина, її відношення до предметів. То і є естетичний початок будь-якого виробу.

Однією з основних вимог, що домінує під час проектування меблів як формоутворювальний чинник, зв'язаний з урахуванням матеріалів, конструкцій, виступає технологічний спосіб перетворення одне на інше. Ці вимоги дуже важливі для художника-конструктора, оскільки він проектує промислові вироби, функціональне призначення і зміст яких завжди так чи інакше перетворюється в матеріальну просторову форму.

Абсолютні показники витрат на виробництво виробів самі по собі нічого не вирішують. Про економічність можна говорити лише тоді, коли визначають загальні витрати, необхідні для виробництва і експлуатації виробу за фіксованого рівня корисності, отриманої від їх вживання.

У художньому конструюванні повинна бути досягнута повна узгодженість між фізико-механічними ресурсами виробу і терміном морального зносу (тобто має бути забезпечена синхронність старіння виробу за всіма існуючими параметрами).

У різних výroбах матеріал і конструкція по-різному впливають на форму. Насамперед, саме співвідношення між впливом властивостей матеріалу і впливом конструкції на реальну форму виробу може бути різна. Переважно матеріал впливає на форму предмета не безпосередньо, а через конструкцію. Можна собі уявити простий виріб (посуд з пластмаси), в якому конструкція елементарна і матеріал, як правило, використовується в моноліті.

У складному виробі взаємозв'язок між матеріалом, конструкцією і створюваною формою інший, бо там матеріал "працює", повністю підкоряючись особливостям спеціально створюваної конструкції, що пов'язане з характером предмета, з його функцією, з його будовою. У виробництві меблів, наприклад, останнім часом відбулися зміни, пов'язані не стільки з функцією (функція меблів більш менш постійна), скільки із застосуванням нових матеріалів і конструкцій, що, своєю чергою, змінює не тільки габарити виробів, але і її форму.

Під час проектування меблів для художника-конструктора дуже важливо знати властивості вживаних матеріалів, щоб отримати різну форму або,

принаймні, інші характеристики цієї самої форми. З іншого боку, під час формоутворення 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'язаного з ними, чи міняються функції, чи виникають нові, чи з'єднуються деякі з них в одному предметі (у одній системі), – все це приводить до зміни змісту (матеріалів) і форми (конструкції) виробів і їх комплексу.

Аналізуючи різні функціональні потреби, не можна обмежуватися загальним призначенням. Потрібно прослідкувати, як в різних умовах, в різних зв'язках, за різних обставин конкретно виявляється ця загальна функція. Функціональний процес, навіть найпростіший, завжди розпадається на низку складників. Якщо в комплексі функціональних умов якась одна, навіть найдрібніша, умова не задовольняється, це приводить до порушення системи, до створення неповноцінного виробу. Облік всіх складників визначає насамперед повноту задоволення виробом функції, а потім, як природне слідство, відбивається на його ергономічних і естетичних характеристиках.

Знання досконало всіх можливостей матеріалу, його зовнішніх характеристик допомагає дизайнерові широко використовувати в композиційній роботі всю палітру стану, всі властивості матеріалу, що виявляються в його зовнішніх характеристиках: масі, фактурі, пластиці і кольорі, а також особливостях конструкторських рішень. Тектоніка – це один із засобів естетичної виразності форм, пов'язаних з матеріально-конструктивною основою об'єкта і технології його виготовлення.

Тектонічна форма – це виразне з погляду художнього осмисленого виявлення властивостей матеріалу, роботи конструкції і способу виготовлення виробу. Основою для її виявлення слугують як матеріал або поєднання матеріалів, так і конструкція та спосіб виготовлення. Дизайнер свідомо відбирає, виявляє і акцентує властивості матеріалу, характер його роботи в конструкції, підпорядкувавши це загальній ідеї, тобто художньому і композиційному задуму.



Рис. 1. Книжкові полиці, виготовлені з ЛДСП товщиною 16 мм (а) та 32 мм (б)

У першому випадку дизайнер (рис. 1, а), використовуючи міцність ламінованої деревностружкової плити (ЛДСП), створює легку форму, де матеріал працює на межі. Тонкі стінки створюють тектонічно переконливий образ легкого виробу, форма якого як би розчиняється в повітрі. Не дивлячись на ЛДСП товщиною 16 мм, у цій формі (конструкції) ЛДСП працює відповідно до своїх властивостей і з художнім задумом.

При тому ж матеріалі ЛДСП (рис. 1, б), але завтовшки 32 мм, дизайнер підкреслює його тяжкість, стійкість. Тут акцентуються зовсім інші властивості матеріалу. Тектонічність же цього виробу не менш виразна.

Вироби корпусних меблів в загальному випадку складаються з конструктивних елементів, тому дизайнерові 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 ще на етапі проектування дизайнер може спрогнозувати, коли відбудеться моральне старіння виробу, зміниться мода. Виходячи з цього, застосовуються такі матеріали, з'єднання, які забезпечать цей термін служби за мінімальних витрат.

Щоб полегшити дизайнерові роботу, а також скоротити тривалість проектування, було поставлено завдання – розробити йому рекомендації, користуючись якими він легко може вибрати матеріал, спосіб з'єднання, розміри деталей, спрогнозувати працездатність виробу, термін експлуатації. Наприклад, ЛДСП широко застосовується для офісних, кухонних меблів, де дуже важлива довговічність виробів. Саме цієї якості, а не вартості (вона взагалі опинилася на четвертому місці), дизайну або ергономічності віддали перевагу респонденти під час опитування, в якому взяли участь провідні архітектори і дизайнери Києва. Ситуація пояснюється тим, що, на відміну від житлових меблів для спальних кімнат, віталень та передпокоїв, офісні та кухонні меблі використовуються в жорсткішому режимі.

При придбанні корпусних меблів для жилих помешкань кожна людина визначає, що важливіше: меблі на 8-10 років, при цьому вона готова заплатити більше, чи більш дешевші меблі. Молоді сім'ї, котрим необхідно відразу вирішити багато фінансових питань, віддають перевагу меблям більш дешевим, але сучасного дизайну.

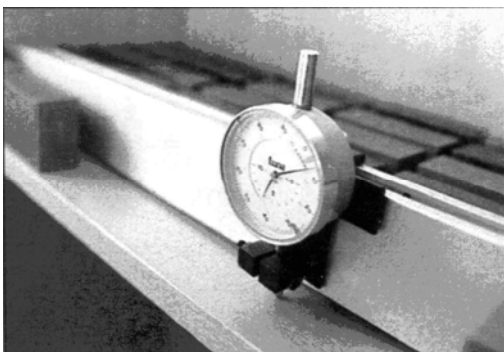


Рис. 2. Випробовування стелажу для аудіо та відеоапаратури і книг фірми ІКЕА

Питання прогнозування ресурсу корпусних меблів дуже актуальне. Про це свідчить і те, що один з найбільших виробників корпусних меблів світу – фірма ІКЕА – у своєму каталозі продукції помістила фото (рис. 2) із зображенням випробування міцності меблів. Фірма ІКЕА, наприклад, надає дані, що полиця може витримувати до 30 кг.

Основна частина. Питання прогно-

зування ресурсу розглядалися для конкретних найбільш типових кутових з'єднань меблів з ламінованої деревностружкової плити (ЛДСтП), була вибрана схема формування корпусу на вертикальних прохідних стінках розбірної конструкції (ексцентрикове стягування), а також нерозбірній конструкції (конфермата та шканта).

Під час проектування конструкцій меблів найчастіше використовують емпіричний метод граничних станів, а всі ускладнення враховують поправочні коефіцієнти. Це приводить до багатократного запасу міцності і деформативності матеріалу. Щодо міцності і деформаційних характеристик кутових з'єднань корпусних меблів (КЗКМ), виготовлених з деталей ламінованої деревностружкової плити (ЛДСтП), 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 розроблення методики прогнозування тривалої міцності з'єднань корпусних меблів можна використовувати термофлуктуаційну концепцію руйнування та деформації, запропоновану С.Н. Журковим. 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 проявляється температурно – часові залежності міцності, тобто дія трьох параметрів – температури, навантаження і часу – якісно однакові. Така залежність має експонентний характер і утворює сімейство прямих, які сходяться в одну точку (поліус). Класичним видом такої залежності є "прямий пучок" (рис. 3, а), який описується рівнянням

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

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. 3). Константи τ_m і T_m знаходять 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:

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

Потім за отриманими даними будують графік в координатах $U - \sigma$ (рис. 3, в). За екстраполяції на $\sigma = 0$ визначають максимальну енергію активації U_0 , а за тангенсом кута нахилу кута прямої $U - \sigma$ величину γ .

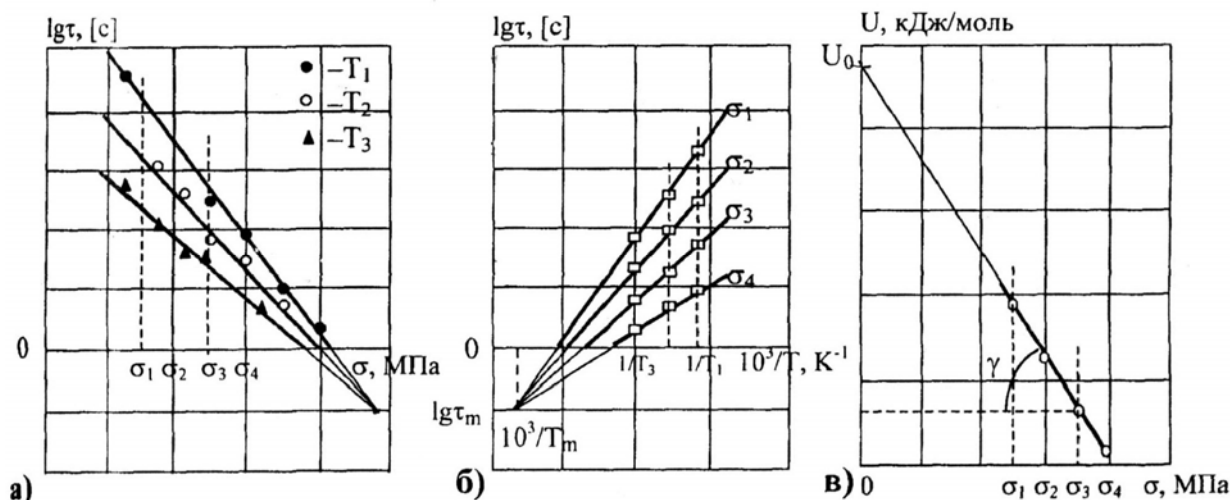


Рис. 3. Схема визначення фізичних констант у разі руйнування для "прямого пучка"

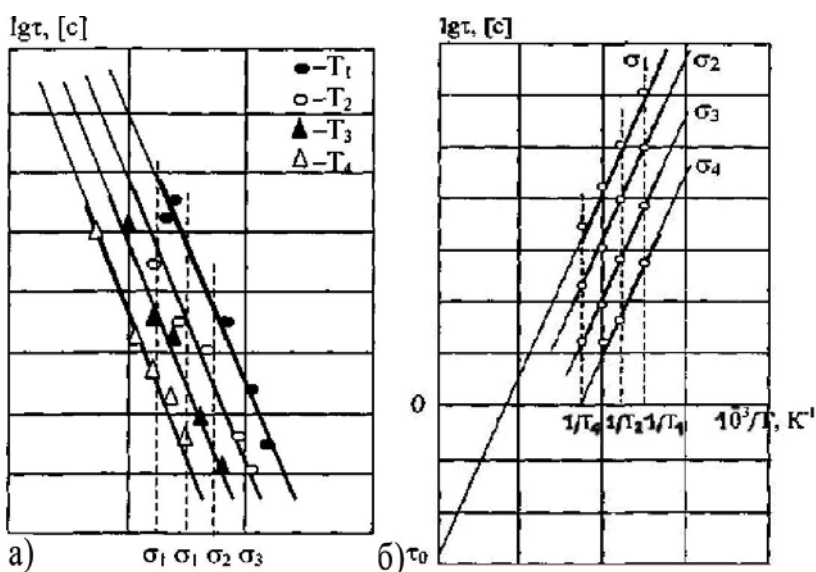


Рис. 4. Схема визначення фізичних констант у разі руйнування для залежності з паралельними прямими (а) та з паралельними прямими (б)

У цьому випадку навантаження не впливає на енергію активації, і реалізується формула:

$$\tau = \tau_* \exp \frac{U}{RT} \exp(-\beta \sigma), \quad (3)$$

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

Значення константи U в формулі визначається із сімейства прямих в координатах $\lg \tau - 10^3/T$. Константа β дорівнює куту нахилу прямих в координа-

Часто формула (1) не справджується. Це спостерігається за крихкого руйнування наповнювача поліамідів, поліалкилентерфталатів, тобто полімерів, в яких з хімічними і міжмолекулярними силами вагомими і сили проміжної величини. У результаті спостерігається сімейство прямих, які в координатах $\lg \tau - \sigma$ і $\lg \tau - 10^3/T$ не сходяться в полюс (утворюють паралельні прямі) (рис. 4).

тах $\lg \tau - \sigma \left(\beta = \frac{\Delta \lg \tau}{\Delta \sigma} \right)$. Константа τ_* визначається за формулою $\tau_* = \tau_0 \exp(\beta \sigma)$ в координатах $\lg \tau - 10^3/T$ (рис. 4, б). Для цього задаються σ_0 і екстраполяція на $\lg \tau$, за такого напруження визначають τ_0 [1].

Спостерігаються також випадки перетворення пучка прямих, коли вони сходяться в полюс не за гранично високої, а за гранично низької температури. Це трапляється для деяких термостійких резин [2], у разі втомленого стирання поліуретану [3], у разі зрізу холодноформованих поліолефінів, у разі згину і стискання цементно-стружкових [4] (рис. 6). При цьому справедлива формула

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

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

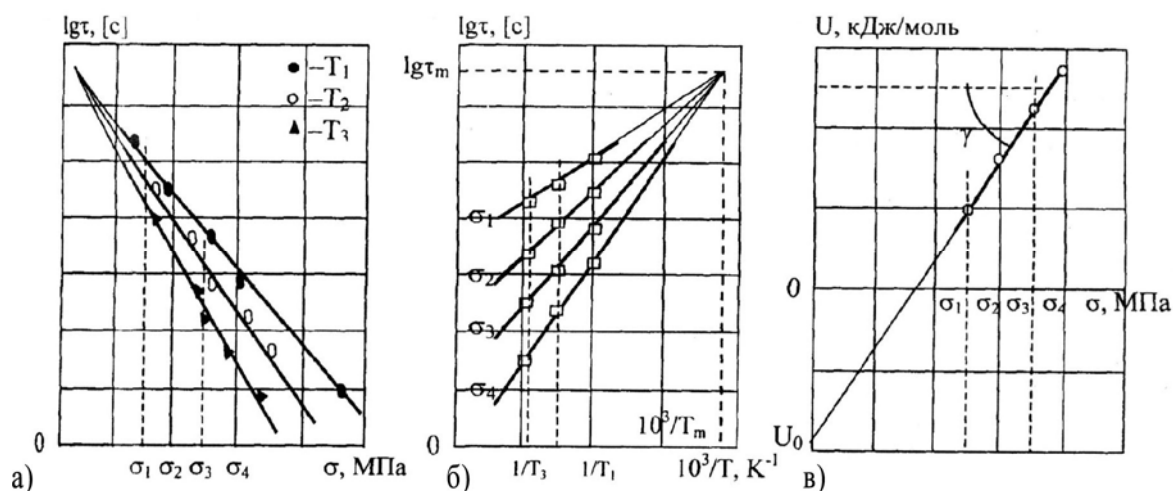


Рис. 5. Схема визначення фізичних констант у разі руйнуванні для "оберненого пучка"

Емпіричні константи в цьому випадку визначаються аналогічно константам для "прямого пучка" [1]. Згідно з описаною вище методикою, а також виконаними експериментальними дослідженнями [8], ми здійснили випробовування на тривалу міцність кутових з'єднань корпусних меблів КЗКМЗ (за допомогою конфермата), ЛДСП щільністю 700 кг/м^3 . Результати випробовування подано в табл. 1.

Табл. 1. Результати випробовування на довготривалу міцність кутових з'єднань корпусних меблів КЗКМЗ

№ зразка	Температура, К	Сила, кг	Час, с	$\lg \tau$	$\lg \tau / \tau_0$	$T \lg \tau / \tau_0$	$\sigma_{32 \text{ max}}, \text{МПа}$
220207.03.01	293	140	73296	4.865	17.865	5234.469	11.76
220207.03.02	348	140	540	2.732	15.732	5474.873	11.76
21042007.03.05	293	95	690192	5.839	18.839	5519.818	7.98
04052007.03.07	293	95	578016	5.762	18.762	5497.248	7.98
03052007.03.08	293	95	494028	5.694	18.694	5477.269	7.98
05052007.03.10	293	95	638820	5.805	18.805	5509.976	7.98
05052007.03.11	293	95	484812	5.686	18.686	5474.873	7.98
05052007.03.12	293	95	577620	5.758	18.762	5497.161	7.98
04052007.03.06	313	95	55800	4.747	17.747	5554.697	7.98
04052007.03.07	450	95	2	0.301	13.301	5985.463	7.98

На основі даних табл. 1 побудовано розрахункові графіки дослідження характеристик кутових з'єднань корпусних меблів. На графіку рис. 6 показано залежність довговічності τ у разі руйнування від температури за різних напруг для кутового з'єднання КЗКМЗ.

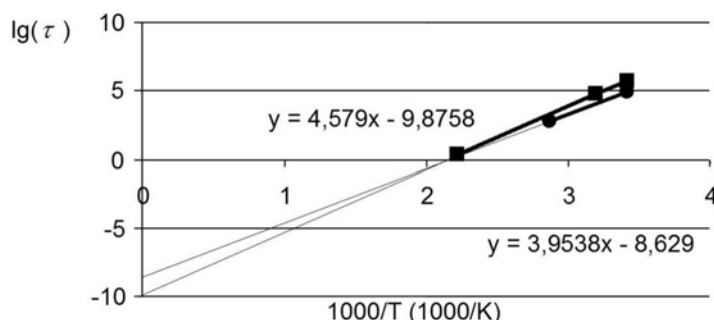


Рис. 6. Залежність довговічності від температури за різної напруги

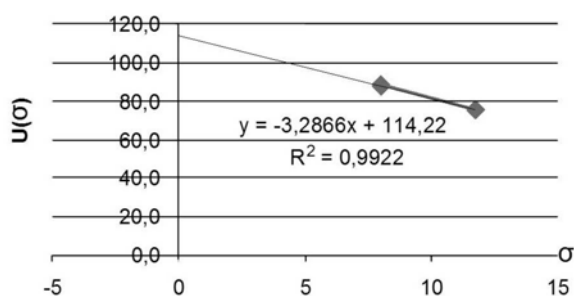


Рис. 7. Залежність енергії активації від напруження в кутовому з'єднанні

Графік на рис. 7 побудовано згідно з описаною вище методикою, де показано залежність енергії активації від напруження в кутовому з'єднанні. Розміщення цієї прямої визначає решту констант U_0 , γ . Значення енергії активації $U(\sigma)$ визначається виходячи з нахилу прямих на графіку $\lg \tau - 10^3/T$ за рівнянням (2). Аналогічно було визначено значення досліджуваних фізичних констант для даного кутового з'єднання, а саме $U_0 = 114,22$ кДЖ/моль, $\gamma = 3,45$ кДЖ/моль $\times$ МПа, $T_m = 502$ К.

Далі на основі отриманих констант, і знаючи температуру деструкції ЛДСтП щільністю 700 кг/м³, будуюмо кінцеву 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. 8.

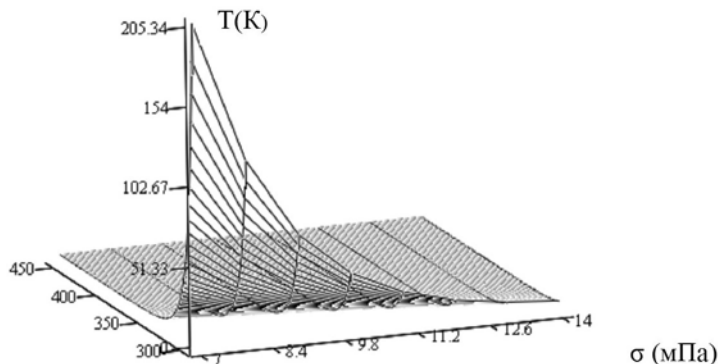


Рис. 9. Залежність довговічності τ (год), кутового з'єднання меблів за допомогою конфермата від напруження σ (МПа) і температури T (К)

Висновки. Як показали виконані дослідження, така математична модель є адекватною в експлуатаційно заданому діапазоні змінних факторів. Отримана модель дає змогу спрогнозувати тривалу міцність кутового з'єднання КЗКМЗ, яку широко використовують виробники сучасних корпусних меблів.

Література

1. Ратнер С.Б. Физическая механика пластмасс / С.Б. Ратнер, В.П. Ярцев. – 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. Термофлуктуационные закономерности истирания полимеров / С.Б. Ратнер, В.П. Ярцев // Теория трения, износа и проблемы стандартизации : сб. научн. ст. – Брянск: Приокское кн. изд-во, 1978. – С. 150-162.
4. Ярцев В.П. Влияние степени обжарки на прочность полиолефинов при объемной штамповке // Пластические массы. – М. – 1986. – № 9. – С. 39-40.
5. Ярцев В.П. Прогнозирование прочности, долговечности и термостойкости нагруженных в постоянном режиме древесных плит / В.П. Ярцев, О.А. Киселева // Известия вузов. Строительство. – Новосибирск. – 2002. – № 1-2. – С. 141-144.
6. Лурье Е.Г. Термоактивационные закономерности износа полимеров : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 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. Експериментальне дослідження тривалої міцності кутових з'єднань корпусних меблів / Л.М. Бойко, І.Г. Грабар, С.М. Кульман // Вісник ЖІТІ. – 2008. – № 3. – С. 7.

УДК 66.047 Проф. Я.М. Ханік, д-р техн. наук; аспір. О.І. Мількович;
доц. О.М. Креховецький, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПОЛІАМІДУ-6

Розроблено математичну модель процесу сушіння дисперсного поліаміду-6 у щільному шарі, на основі кінетичних залежностей.

Ключові слова: сушіння, кінетика, математична модель.

*Prof. Y.M. Hanyk; assoc. prof. O.I. Milcovych, O.M. Krehovezcy –
NU "L'vivs'ka Politekhnik"*

Mathematical model of drying polyamide-6

The mathematical model of dispersive polyamide-6 in dense layer drying was developed on the basis of kinetic dependences.

Keywords: drying, kinetic, mathematical model.

У цій роботі для зневоднення поліаміду-6 використовувався метод сушіння в щільному шарі [1, 2]. Таке сушіння має ряд переваг, а саме: частина вологи виноситься з матеріалу без затрат теплової енергії, відсутнє винесення матеріалу із зони сушіння, а також поверхня тепломасопередачі є надзвичайно розвиненою.

При дослідженні процесу сушіння в щільному шарі з основних питань є вивчення кінетики процесу, результати досліджень якої визначають енергетичні характеристики зневоднення. В експериментальних дослідженнях поліамід-6 (ПА-6) використовувався у вигляді світложовтих гранул, з початковою