

## Література

1. Кербер М.Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А. Берлина. – Изд. 3-е, [перераб. и доп.]. – СПб.: Изд-во "Профессия", 2008. – 560 с.
2. Николаев А.Ф. Технология полимерных материалов / А.Ф. Николаев, В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов и др.; под общ. ред. В.К. Крыжановского. – СПб.: Изд-во "Профессия", 2008. – 544 с.
3. Buketov A.V. Epoxy nanocomposites: monograph / A.V. Buketov, O.O. Sapronov, V.L. Alekshenko. – Kherson: Publisher KSMA, 2015. – 184 p.
4. Buketov A.V. Investigation of the physico-mechanical and thermophysical properties of epoxy composites with a two-component bidisperse filler / A.V. Buketov, O.O. Sapronov, M.V. Brailo // Strength of Materials. – Vol. 46, No. 5. – 2014. – Pp. 717-721.
5. Букетов А.В. Властивості модифікованих ультразвуком епоксипластів / А.В. Букетов, П.Д. Стухляк, І.В. Чихіра. – Тернопіль: Вид-во "Крок", 2011. – 201 с.
6. Букетов А.В. Фізико-хімічні процеси під час формування епоксикомпозитних матеріалів / А.В. Букетов, П.Д. Стухляк, С.М. Кальба. – Тернопіль: Вид-во "Збруч", 2005. – 184 с.
7. Тхір І.Г. Фізико-хімія полімерів / І.Г. Тхір, Т.В. Гуменецький. – Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2005. – 240 с.
8. Колупаев Б.С. Физикохимия полимеров / Б.С. Колупаев. – Львов: Изд-во "Вища шк.", 1980. – 154 с.
9. Соломко В.П. Наполненные кристаллизующиеся полимеры / В.П. Соломко. – К.: Изд-во "Наук. думка", 1986. – 226 с.
10. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров / Ю.С. Липатов. – М.: Изд-во "Химия", 1977. – 304 с.
11. Букетов А.В. Исследование физико-механических свойств композитных материалов на основе эпоксидиановой смолы, отвержденной полиэтиленполиамином, с добавлением пластификатора-антипирена трихлорэтилфосфата / А.В. Букетов, А.В. Акимов, Д.А. Зинченко // Вісник Хмельницького національного університету: зб. наук. праць. – Сер.: Технічні науки. – 2015. – № 5. – С. 126-134.

**Акимов А.В. Застосування дрібнозернистих наповнювачів різної фізичної природи для покращення фізико-механічних властивостей композитних матеріалів на основі пластифікованої епоксидної матриці**

Проведено дослідження впливу дрібнозернистих вогнетривких наповнювачів різної фізичної природи на фізико-механічні властивості і структуру пластифікованих трихлоретилфосфатом епоксидних композитів на основі епоксидно-діанової смоли ED-20. Внаслідок такого аналізу отриманих даних вибрано оптимальний наповнювач, що забезпечує зниження горючості композиту, а також підібрано оптимальну концентрацію, за якої забезпечуються оптимальні значення ударної в'язкості, руйнівних напружень і модуля пружності при вигині, а також структура композиту.

**Ключові слова:** епоксидний композит, пластифікатор, дрібнозернистий наповнювач, фізико-механічні властивості, структура.

**Akimov A.V. The Use of Fine Fillers of Different Physical Nature to Improve the Physical and Mechanical Properties of Composite Materials Based on Epoxy Plasticized Matrix**

The research was carried concerning the impact of physical and mechanical properties and structure of plasticized trichloroethyl phosphate epoxy composites based on epoxy-bisphenol resin ED-20 with the introduction of fine-grained refractory fillers with different physical nature. As the result of the analysis of the data we selected optimum filler, which provides low flammability of the composite, as well as select the optimal concentration for optimum toughness values, destructive stress and flexural modulus, and also composite structures.

**Keywords:** epoxy composite, plasticizer, fine-grained filler, the physical and mechanical properties, structure.

УДК 684.4.04

Доц. Л.М. Бойко, канд. техн. наук; аспір. О.В. Анциферова –  
НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ

**ВПЛИВ ЩІЛЬНОСТІ НА МЕЖУ МІЦНОСТІ ДЕРЕВНОВОЛОКНИСТИХ ПЛИТ СЕРЕДНЬОЇ ЩІЛЬНОСТІ ЗА ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ**

Наведено результати досліджень межі міцності та модуля пружності деревинно-волокнистих плит середньої щільності або плит MDF (Medium Density Fiberboard) товщиною 10, 16 та 19 мм. Зразки досліджено за таких температур: 20, 40, 60 та 80 °С. Виявлено, що зразки, вирізані з плити MDF щільністю 780-820 кг·м<sup>-3</sup> за максимальної температури мали такі ж показники межі міцності, як і зразки, випробувані за температури 40 °С, але вирізані з плити MDF, щільність якої становила 650-750 кг·м<sup>-3</sup>. Вставлено, що з підвищенням температури відбувається зменшення значення межі міцності – 3...5 МПа на кожні 10 °С.

**Ключові слова:** межа міцності, плити MDF, щільність, довговічність.

**Вступ.** У сучасному меблевому виробництві для виготовлення корпусних меблів використовують такі матеріали, як личковані стружкові плити, плити MDF, меблеві щити, плити із сотовим заповненням та натуральну деревину. Ринок потребує різних за конструкцією, призначенням та дизайном меблів. Перед конструктором під час конструювання виробів постає головне завдання – знайти оптимальне поєднання функціонального призначення предмета та його вартості. Втрати деревних плит у виробництві виробів, їх руйнування та втрата ними форми за нетривалого використання, потреба підвищення конкурентоспроможності продукції сприяє пошуку раціональних способів конструювання меблів зі заданим показником довговічності.

Важливим чинником, який впливає на межу міцності, а отже – і на довговічність, є щільність плити MDF. Також на довговічність виробів з плити MDF впливає температура, за якої експлуатуються вироби. Співвідношення між температурою і механічними властивостями дуже важливе, якщо плити MDF, які складають конструкцію виробу, в процесі експлуатації будуть зазнавати впливу коливань температури. Інформації про наслідки впливу температури на механічні властивості деревноволокнистих плит у літературі обмаль, тільки кілька авторів [1-4] порушують цю проблему у своїх дослідженнях. Ці знання мають важливе практичне значення.

**Мета дослідження** – визначення впливу різноманітних температур на межу міцності деревноволокнистих плит різної густини.

**Об'єкт дослідження** – процеси руйнування деревноволокнистих плит середньої щільності товщиною 10, 16 та 19 мм.

**Матеріали та методика дослідження.** Зразки для досліджень відібрано згідно з ДСТУ EN 310:2003 за такими розмірами: для товщини 10 мм – 250×50 мм; для товщини 16 мм – 370×50 мм; для товщини 19 мм – 430×50 мм. Для досліджень відібрано зразки без покриття, ламіновані білою плівкою, шпонавані синтетичним шпоном та опоряджені фарбою, яка мала матове покриття наведених вище товщин. Зразки досліджували за температур 20, 40, 60, 80 °С і відносної вологості 65 % за таких швидкостей навантаження – 2, 7, 12 мм·хв<sup>-1</sup>. Довжина зразків контролювалася рулеткою, а ширина і товщина штангенциркулем у трьох місцях, також зразки зважували перед випробуванням.

Зразки випробовували на розривній машині Р-5 згідно з планом експерименту. Відповідно до стандарту виготовлено та використано під час дослідження пристосування для випробувань на статичний згин. Схему навантаження показано на рис. 1.

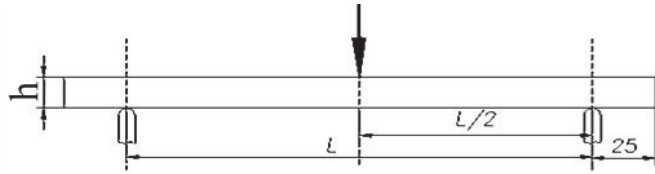


Рис. 1. Схема навантаження зразка під час дослідження межі міцності від щільності та температури

Нагрівання зразків відбувалося за допомогою масляного радіатора, між ребрами якого поміщали зразки. Зразки витримували за заданих температур протягом 30 хв, потім поміщали на пристосування й починали навантажувати. У камері температура підтримувалася  $\pm 2$  °C від заданої за допомогою теплових електричних нагрівачів. Температуру контролювали за допомогою термопари, яка встановлювалася в просвердлений отвір у торці.

**Результати дослідження.** Загальну залежність межі міцності від густини за різної температури та швидкості навантаження для різних значень товщини плити MDF показана на рис. 2-4.

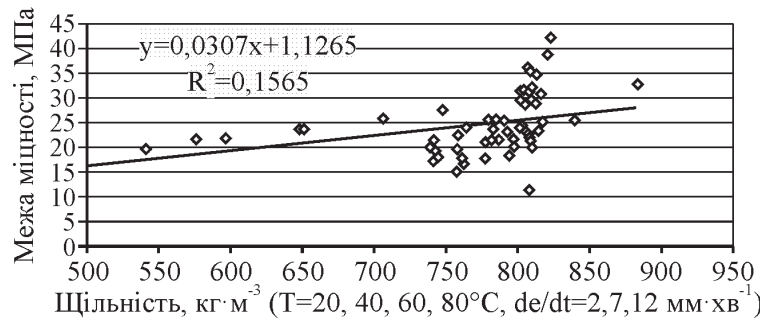


Рис. 2. Залежність межі міцності від щільності для MDF товщиною 10 мм

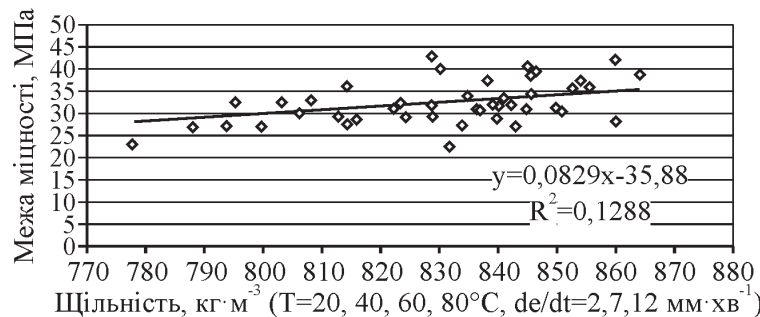


Рис. 3. Залежність межі міцності від щільності для MDF товщиною 16 мм

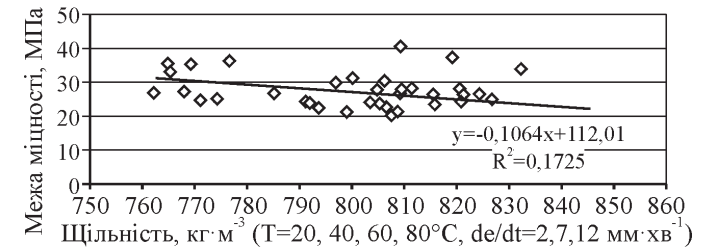


Рис. 4. Залежність межі міцності від щільності для MDF товщиною 19 мм

Залежність межі міцності від щільності має слабку кореляцію і практично розподілена нормально від свого середнього значення. Відомо, що нормальний розподіл є результатом одночасної дії на випадкову величину кількох змінних. У цьому випадку на додачу до варіювання щільності додається ще зміна температури та швидкості навантаження. Отже, якщо не брати до уваги зміни межі міцності окремо від температури і швидкості деформації, тобто якщо поєднати вплив окремих змінних у досліді, їх вплив окремо буде дуже важко визначити. На рис. 5-7 показано взаємозв'язок між межею міцності, щільністю та температурою для плити MDF з різними видами личківок вибраних товщин.

Графіки взаємозалежності межі міцності, температури та щільності свідчать про нелінійний характер залежності межі міцності від температури та щільності матеріалу і разом з тим про те, що межа міцності є функцією від температури та щільності.

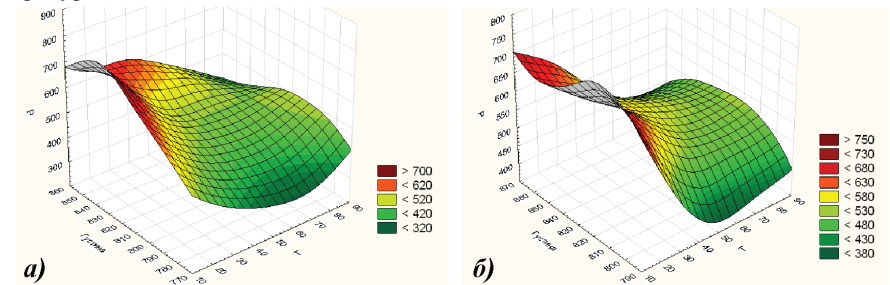


Рис. 5. Залежність межі міцності, температури та щільності для плити MDF товщиною 10 мм: а) без личківки; б) фарбована матовою фарбою

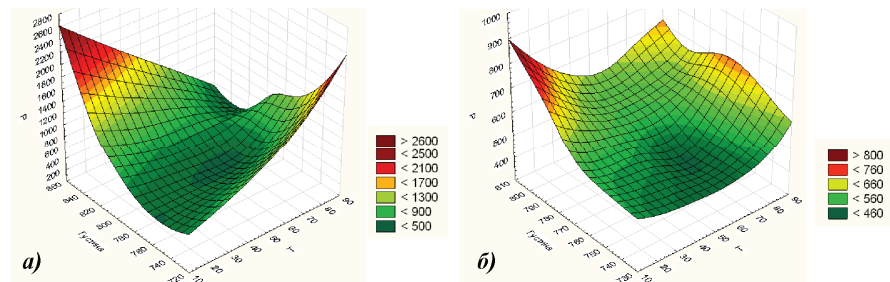


Рис. 6. Залежність межі міцності, температури та щільності для плити MDF товщиною 16 мм: а) без личківки; б) фарбована матовою фарбою

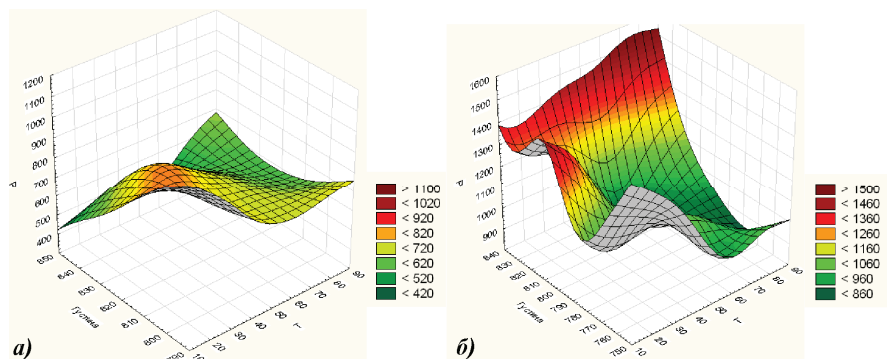


Рис. 7. Залежність межі міцності, температури та щільності для плити MDF товщиною 19 мм: а) ламінована білою плівкою з двох боків; б) личкована синтетичним шпоном

**Висновки.** Отже, випробувано зразки без покриття, ламіновані білою плівкою, шпоновані синтетичним шпоном та опоряджені фарбою, яка мала матове покриття заданих товщин. Під час аналізу даних встановлено, що залежність межі міцності від щільності має нормальний розподіл для кожної серії випробувань досліджених матеріалів. Межа міцності плит MDF залежить від температури, за якої буде експлуатуватися виріб. Вплив температури на межу міцності плити MDF більшою щільності менший, ніж на зразок плити MDF з меншою щільністю. Механічні властивості MDF сильно залежать від щільності плити та температури, за якої вони експлуатуються, процес деформації і руйнування може бути описаний як термоактиваційний, що дає змогу використовувати кінетичну теорію міцності для прогнозування довговічності плит MDF. Проведені експерименти показали, що механічні властивості плит MDF залежать не тільки від температури, але і від швидкості деформації, тому можуть слугувати основою для розроблення методики оцінювання термоактиваційних параметрів матеріалу за короткострокових тестів із використанням жорсткого навантаження за різної швидкості деформації.

**Література**

1. Bekhta P. Bending strength and modulus of elasticity of particleboards at various temperatures / P. Bekhta, R. Marutzky // Holz Roh-Werkst. – 2007. – № 65. – Pp. 163-165.
2. Bekhta P. Shot-term effect of the temperature on the bending strength of wood-based panels / P. Bekhta, J. Lecka, Z. Morze // Holz Roh-Werkst. – 2003. – № 61(6). – Pp. 423-424.
3. Suzuki S. Effects of environmental factors on the properties of particleboard / S. Suzuki, F. Saito // Mokuzai Gakkaishi. – 1987. – № 33(4). – Pp. 298-303.
4. DeXin Yu. Tensile strength properties of particle boards at different temperatures and moisture contents / Yu. DeXin // Holz Roh-Werkst. – 1983. – № 41(7). – Pp. 281-286.

**Бойко Л.Н., Анциферова А.В. Влияние плотности на предел прочности древесноволокнистых плит средней плотности при изменении температуры**

Приведены результаты исследований предела прочности и модуля упругости древесноволокнистых плит средней плотности плит MDF (Medium Density Fiberboard) толщиной 10, 16 и 19 мм. Образцы изучены при следующих температурах: 20, 40, 60 и 80

°С. Обнаружено, что образцы, вырезанные из плиты MDF плотностью в пределах 780-820 кг/м<sup>3</sup> при максимальной температуре имели такие же показатели предела прочности, как и образцы, испытанные при температуре 40 °С, но вырезанные из плиты MDF, плотность которой составляла 650-750 кг/м<sup>3</sup>. Установлено, что с повышением температуры происходит уменьшение значения предела прочности на 3... 5 МПа на каждые 10 °С.

**Ключевые слова:** предел прочности, плиты MDF, плотность, долговечность.

**Boyko L.N., Antsyferova A.V. The Influence of Density on the Tensile Strength of Medium Density Fibreboard by Temperature Changes**

The results of investigations of ultimate strength and elastic modulus of medium density fibreboard panels MDF (Medium Density Fiberboard) thickness of 10, 16 and 19 mm are provided. The samples were examined at the following temperatures: 20, 40, 60 and 80 °C. It is found that samples which were cut from the MDF board density in the range 780-820 kg·m<sup>-3</sup> to a maximum temperature had the same tensile strengths, as well as samples that were tested at 40 °C, but they have been cut out of MDF board with a density of 650-750 kg·m<sup>-3</sup>. It has been found that an increase in temperature decreases the tensile strength values of 3... 5 MPa every 10 °C.

**Keywords:** tensile strength, MDF boards, density, durability.

**УДК 534.111 Ст. викл. Х.І. Ліщинська, канд. техн. наук – Національна Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів**

**КОЛИВАННЯ КАНАТА ПІД ДІЄЮ ГАРМОНІЧНОЇ СИЛИ, ЯКА ПРИКЛАДЕНА ДО РУХОМОГО ВАНТАЖУ**

Запропоновано методику дослідження поздовжніх коливань каната з урахуванням нелінійно пружних властивостей матеріалу під дією гармонічної сили, яка прикладена до рухомого вантажу. В основу досліджень покладено: а) принцип одночастотності коливань; б) ідею використання періодичних Ateb-функцій для описання коливних процесів систем із ступеневу нелінійністю. Розглянуто резонансний і нерезонансний випадки коливань. Отримано математичні залежності, які визначають вплив фізико-механічних характеристик та імпульсної сили на амплітудно-частотну характеристику поздовжніх нелінійних коливань.

**Ключові слова:** амплітуда, частота, нелінійні коливання, резонанс.

**Актуальність.** Важливою проблемою аналітичного дослідження поздовжніх коливань гнучких елементів систем приводу з нелінійно пружними характеристиками матеріалу (канатних витягів, ремінних, ланцюгових чи пасових передач) є вивчення впливу імпульсних сил на динамічні показники процесів. Імпульсні сили можуть мати різну природу і їх дія проявляється як у фіксовані моменти часу, так і при проходженні системи через конкретні положення. Незважаючи на коротку тривалість дії імпульсних сил (поодиноких чи таких, що повторюються за певним законом), вони можуть зумовлювати значну зміну амплітудно-частотної характеристики, а в окремих випадках спричинити у системах резонансні явища [1]. Зауважимо, що математичними моделями динамічних процесів одновимірних систем із неоднорідними вклученнями є рівняння, аналогічні до тих, які описують дію на систему імпульсних сил при проходженні через фіксовані положення, і їх математичними моделями є диференціальні рівняння із розривними правими частинами. Їх розглядали для випадку лі-