

## 7. РЕСУРСОЩАДНІ ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ



Наукові праці Лісівничої академії наук України  
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/411718>  
Article received 2017.08.15  
Article accepted 2017.11.15

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Pavlo Bekhta  
[bekhta@ukr.net](mailto:bekhta@ukr.net)

УДК 674.815

### Вплив вмісту пінополістиролу на властивості легких стружкових плит

П. А. Бехта<sup>1</sup>, Л. Р. Байзова<sup>2</sup>

Досліджено фізико-механічні властивості легких личкованих стружкових плит з різним вмістом пінополістиролу. Плити виготовляли в процесі одночасного гарячого склеювання обсмоленої карбамідоормальдегідним клеєм деревинної стружки із гранулами пінополістиролу та личкування луццем березовим шпоном. Витрата клею становила 10% від маси абсолютно сухих частинок, а вміст пінополістиролу у вигляді гранул – 4, 7, 10%. Плити завтовшки 18 мм виготовляли щільністю 350, 450 і 550 кг/м<sup>3</sup> за температури пресування 200 °С, тиску пресування 2,4 МПа та часу пресування 0,23 хв/мм. Отримані плити випробовували на межу міцності під час статичного згинання, модуль пружності під час статичного згинання, межу міцності на розтяг перпендикулярно до площини плити, набрякання і водопоглинання після витримки у воді впродовж 2 і 24 год. На основі досліджень встановлено, що легкі стружкові плити, личковані луццем шпоном, мають високі показники досліджуваних властивостей, які перевищують встановлені нормативні значення згідно зі стандартом CEN/TS 16368. Найвищі значення межі міцності під час статичного згинання мали плити без пінополістиролу і з вмістом пінополістиролу 7%, децю менші – з вмістом пінополістиролу 4%, а найменші – із вмістом пінополістиролу 10%. За вмісту пінополістиролу 7% модуль пружності під час статичного згинання плит є найбільшим. Встановлено, що вміст пінополістиролу 4 і 7% у плитах збільшує межу міцності на розтяг перпендикулярно до площини плити порівняно з плитами без вмісту пінополістиролу, а плити з вмістом пінополістиролу 10% не досягають нормативних значень у досліджуваному інтервалі щільностей плит. Набрякання у воді та водопоглинання плит зменшується зі збільшенням у них вмісту пінополістиролу.

**Ключові слова:** легкі стружкові плити, пінополістирол, луцений шпон, деревинна стружка, карбамідоформальдегідний клей, міцність під час статичного згинання, міцність на розтяг перпендикулярно до площини, модуль пружності під час статичного згинання, набрякання у воді, водопоглинання

<sup>1</sup> Бехта Павло Антонович – дійсний член Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-44-99, E-mail: [bekhta@ukr.net](mailto:bekhta@ukr.net)

<sup>2</sup> Байзова Любов Русланівна – аспірант кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-44-99, +38-093-622-18-08. E-mail: [kozak\\_l@nltu.edu.ua](mailto:kozak_l@nltu.edu.ua)

**Вступ.** Властивості стружкових плит суттєво залежать від їх щільності – чим більша щільність, тим вищі міцнісні показники матеріалу (Maloney, 1977). Але збільшується його вага та виробів з нього, на його виготовлення затрачається більше сировини, такий матеріал дорожче транспортувати та ін. Тому останнім часом дедалі більше уваги приділяють легким стружковим плитам, щільність яких згідно CEN/TS 16368 (2014) менша ніж  $600 \text{ кг/м}^3$ . Крім того, існує сучасна тенденція в дизайні меблів щодо використання деталей зі збільшеною товщиною, а це додатково підвищує попит на матеріали зі зниженою вагою.

На сьогодні відомо багато способів досягнення легкої конструкції плит. Зокрема, у Німеччині розроблено технологію безперервного виробництва тришарових плит, щільністю менше ніж  $400 \text{ кг/м}^3$  із середнім шаром із спіненого полістиролу та зі зовнішніми шарами зі стружкових або волокнистих плит (Barbu et al., 2010, Luedtke et al., 2007). З'ясовано, що механічні характеристики таких панелей можна змінювати в досить широких межах зміною режимних параметрів їх виготовлення (Shalbafan et al., 2012). Але такі плити є швидше теплоізоляційними, ніж конструкційними. Зменшення ваги плит можна досягти внаслідок створення внутрішніх повітряних порожнин у процесі їх виробництва (Elka®, 2016). Канадська компанія «CedarCrest Wood Products Ltd» освоїла випуск легких стружкових плит підвищеної товщини, в середині яких є поздовжні циліндричні порожнини. Ці плити успішно використовують як середній шар під час виготовлення легких тришарових панелей з різним личкуванням. Однак вони є досить громіздкими на вигляд. У конструкції тришарової панелі, яку запропонували шведські фахівці, застосовують тільки масивну деревину (Nilsson et al., 2013). Для зовнішніх шарів використані склеєні з ламелей тонкі меблеві щити, а між ними, з рівномірними проміжками, розташовані профільовані бруски. Ці панелі призначені для виготовлення меблів та елементів інтер'єру і здатні нести значне навантаження. В Австрії було розроблено легку панель із деревини (торгова марка Dendrolight®) з пористим середнім шаром, порожнини в якому утворюються внаслідок численних пропилів. Незважаючи на порівняно невисоку щільність  $300\text{-}400 \text{ кг/м}^3$ , панелі мають хороші механічні та експлуатаційні характеристики (Jejavs & Spelle, 2013). На жаль, їх виробництво виявилось досить енергомістким і дорогим. Ще одним способом зменшення ваги плит є використання рослинної сировини (Srivaro et al., 2014, Dziurka et al., 2013, Xu et al., 2003). Зокрема, Dziurka et al. (2013) для виготовлення легких плит використовують солом'яні частинки та пінополістирол у середньому шарі плити. Незважаючи на велику кількість запропонованих конструкцій і способів виготовлення легких плитних матеріалів, дослідження щодо зменшення ваги плит тривають. Для виготовлення міцних та водночас легких стружкових плит можна використати тришарову конструкцію, в якій

у внутрішній шар до деревинної стружки додають пінополістирол, а зовнішні шари складаються з лушеного шпону (Kozak et al., 2016). Однак залишається недослідженим вплив вмісту пінополістиролу на властивості таких легких плит.

Тому мета цього дослідження – вивчити вплив вмісту пінополістиролу на властивості легких личкованих стружкових плит.

**Матеріали та методика досліджень.** *Матеріали.* Використовували стружку, виготовлену в промислових умовах за співвідношення між деревними породами: 60% листяних і 40% хвойних порід. Деревинну стружку додатково висушували у сушильній шафі за температури  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  до приблизно 3% вологи. Зберігали стружку у пластикових пакетах у лабораторії. Для зовнішніх шарів використовували лушений березовий шпон завтовшки 1,5 мм і вологістю  $6\pm 2\%$ . Пінополістирол з діаметром гранул 4-8 мм придбано в спеціалізованому магазині. Для приготування клею використовували карбамідоформальдегідну смолу марки Dukol, парафінову емульсію та нітрат амонію.

*Приготування клею.* Карбамідоформальдегідний клей готували змішуванням карбамідоформальдегідної смоли з попередньо приготованим 20%-ним водним розчином нітрату амонію і парафіновою емульсією. Вміст затверджувача становив 5 мас.ч. на 100 мас.ч. смоляного розчину, а емульсії – 15,7 мас.ч. на 100 мас.ч. смоляного розчину.

*Виготовлення зразків плит.* Легкі стружкові плити розміром  $300\times 300\times 18$  мм та щільністю 350, 450 і  $550 \text{ кг/м}^3$  виготовляли без пінополістиролу та з вмістом пінополістиролу 4, 7, 10%. Витрата клею становила 10% від маси абсолютно сухих частинок деревини. Змішування деревинних частинок, пінополістиролу та клею для внутрішнього шару здійснювали в лабораторному змішувальному барабані. Спочатку деревинні частинки та 50% клею завантажували у барабан та змішували впродовж 10 хв. Після цього пінополістирол та решту клею додавали до отриманої суміші і змішували впродовж наступних 5 хв. У разі виготовлення плит без пінополістиролу (контрольні плити), у змішувальний барабан завантажували відразу стружку та всю порцію клею. Змішування тривало 15 хв. Формування стружкового пакета відбувалося пошарово (рис. 1) у формі. Форму було встановлено на металевий піддон. Спочатку на металевий піддон укладали лист лушеного шпону (нижній зворотній шар) з нанесеним клейовим шаром, потім на нього насипали перемішані компоненти внутрішнього шару, насамкінець на насипаний внутрішній шар укладали лист лушеного шпону (верхній лицевий шар) з нанесеним клейовим шаром.

Підпресування сформованого пакета здійснювали в холодному пресі впродовж 10 хв. Пресування й личкування здійснювали одночасно в гарячому пресі з використанням дистанційних прокладок. Плити пресували за температури  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ , питомого тиску пресування 2,4 МПа та часу пресування 0,23 хв/мм.

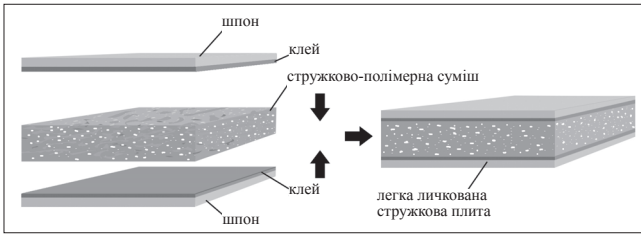


Рис. 1. Формування легкої личкової стружкової плити

**Визначення властивостей плит.** Виготовлені плити перед розкроюванням на зразки витримували у лабораторії впродовж 7 днів. Виготовлення зразків і їх випробування здійснювали згідно з методиками ДСТУ EN 310 (2003), ДСТУ 4761 (2007), EN 319 (1993). Зразки плит випробовували на межу міцності під час статичного згинання, модуль пружності на розтяг перпендикулярно до площини плити, набрякання й водопоглинання після витримки у воді впродовж 2 і 24 год.

**Результати досліджень.** На основі експериментальних досліджень встановлено залежності межі міцності під час статичного згинання, модуля пружності під час статичного згинання, межі міцності на розтяг перпендикулярно до площини плити, набрякання й водопоглинання личкованих легких плит від вмісту пінополістиролу у них та їх щільності.

Межа міцності під час статичного згинання плит без пінополістиролу та із вмістом пінополістиролу 4, 7, і 10% прямолінійно зростає зі збільшенням їх щільності (рис. 2). Зокрема, зі збільшенням щільності плит від 350 до 550 кг/м<sup>3</sup> це зростання становить в середньому 260% для всіх плит із зазначеним вище вмістом пінополістиролу. Однак наявність маломіцного пінополістиролу в плиті зменшує значення її межі міцності під час статичного згинання.

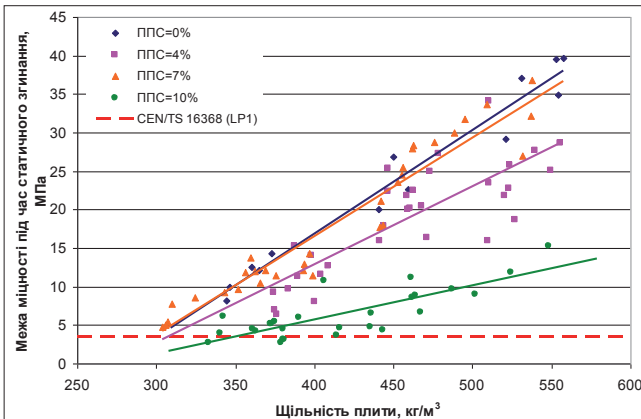


Рис. 2. Залежність межі міцності під час статичного згинання личкованих легких стружкових плит від їх щільності та вмісту в них пінополістиролу

Встановлено, що руйнування зразків плит у всіх випадках відбувалось не в зовнішньому шарі плити, а в осьовій площині зразків шляхом розшарування під дією сил зсуву. Такий характер руйнування пояснюють наявністю в зовнішніх шарах плити міцного лушеного шпону, який зміцнює внутрішній малощільний стружково-пінополістирольний шар.

Найбільші показники межі міцності під час статичного згинання мали плити без пінополістиролу і з вмістом пінополістиролу 7%, дещо менші – із вмістом пінополістиролу 4%, а найменші – із вмістом пінополістиролу 10%. Пояснюють це тим, що заміна 4% маси стружки пінополістиролом в легких плитах зі значною міжстружковою пористістю мало змінює об'єм стружково-пінополістирольного пакета, але збільшує його питому поверхню та зменшує частку обсмоленої стружки. У процесі формування такого пакета пінополістирольні гранули розміщуються в міжстружкових порах і в процесі пресування пакета мало впливають на його ущільнення. Кількість міжстружкових клейових контактів зменшується і, як наслідок, зменшується межа міцності під час статичного згинання плит. Заміна 7% маси стружки пінополістиролом у легких плитах зумовлює збільшення питомої поверхні стружково-пінополістирольного пакета та зменшує частку обсмоленої стружки, але суттєво збільшує об'єм стружкового пакета під час формування. Під час пресування плит гранули пінополістиролу сприяють ущільненню стружки та збільшенню міжстружкових клейових контактів. Унаслідок цього межа міцності під час статичного згинання плит зростає порівняно з показниками такої міцності у плитах із вмістом пінополістиролу 4% і досягає значень межі міцності під час статичного згинання плит без вмісту пінополістиролу. Наявність 10% пінополістиролу в масі плити суттєво погіршує показник межі міцності під час статичного згинання порівняно з іншими досліджуваними зразками плит. Така кількість пінополістиролу в об'ємі плити переважає стружку і є основним плитоутворювальним компонентом, в якого міцнісні характеристики є меншими, ніж у деревинної стружки.

Однак, незважаючи на зменшення показників межі міцності під час статичного згинання личкованих плит із вмістом пінополістиролу, ці показники є більшими від нормативних значень стандарту CEN/TS 16368 (2014) у всьому досліджуваному діапазоні щільностей плити і вмісту пінополістиролу в ній.

Залежність модуля пружності під час статичного згинання личкованих легких стружкових плит від їх щільності та вмісту в них пінополістиролу наведено на рис. 3. Встановлено, що модуль пружності під час статичного згинання зростає зі збільшенням щільності плит. За вмісту пінополістиролу 7% модуль пружності під час статичного згинання плит є найбільшим і змінюється в межах 2651-5163 МПа для плит щільністю 350-550 кг/м<sup>3</sup> відповідно. Дещо меншим він є в плитах без пінополістиролу та із вмістом пінополістиролу 4%. У плитах без пінополістиролу для зазначених вище щільностей плит значення модуля пружності під час статичного згинання змінюється від 2276 до 4361 МПа, а в плитах із вмістом пінополістиролу 4% – від 2184 до 4174 МПа. Найменшими значеннями модуля пружності під час статичного згинання володіють плити зі вмістом пінополістиролу 10% – 667-2591 МПа за щільності плит 350-550 кг/м<sup>3</sup> відповідно.

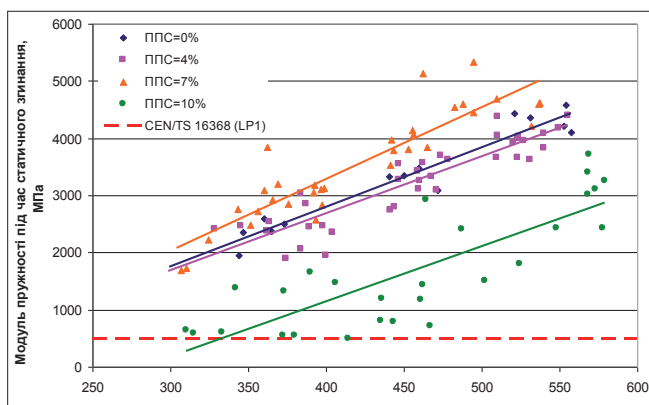


Рис. 3. Залежність модуля пружності під час статичного згинання личкованих легких стружкових плит від їх щільності та вмісту в них пінополістиролу

Встановлені експериментальні залежності модуля пружності під час статичного згинання подібні до залежностей межі міцності під час статичного згинання, тому що вплив досліджуваних факторів на обидва вказані показники в основному однаковий. Значення модуля пружності під час статичного згинання, як і межі міцності під час статичного згинання, є більшими за нормативні значення згідно із стандартом CEN/TS 16368 (2014) у всьому досліджуваному діапазоні щільностей плити і вмісту пінополістиролу в ній.

На рис. 4 наведено результати досліджень межі міцності на розтяг перпендикулярно до площини плит щільністю 350-550 кг/м<sup>3</sup> без пінополістиролу та зі зазначеним вище вмістом пінополістиролу. Встановлено, що вміст пінополістиролу 4 і 7% позитивно впливає на цей показник і збільшує його в середньому на 0,04 МПа порівняно з плитами без вмісту пінополістиролу. Збільшення у плитах вмісту пінополістиролу до 10% зменшує значення межі міцності на розтяг перпендикулярно до площини плити на 0,02 МПа для плит щільністю 350 кг/м<sup>3</sup> і на 0,14 МПа – для плит щільністю 550 кг/м<sup>3</sup>, порівняно із плитами без вмісту пінополістиролу.

Збільшення межі міцності на розтяг перпендикулярно до площини плити з невеликим (4 і 7%) вмістом пінополістиролу порівняно із плитами без пінополістиролу пояснюють тим, що легкий пінополістирол зумовлює збільшення товщини стружково-пінополістирольного пакета, який у процесі пресування сильніше ущільнюється. А це, своєю чергою, сприяє збільшенню кількості клейових контактів між деревинною стружкою.

Збільшення вмісту пінополістиролу в стружково-пінополістирольному пакеті до 10% спричиняє зменшення кількості клейових контактів між деревинною стружкою під час пресування і, як наслідок, зменшення межі міцності на розтяг перпендикулярно до площини плити з таким вмістом пінополістиролу порівняно з плитами без пінополістиролу. Склеювання в такому пакеті через велику кількість пінополістирольних гранул проходить переважно між стружкою і пінополістирольними

гранулами та між пінополістирольними гранулами і є менш міцним, ніж між деревинною стружкою.

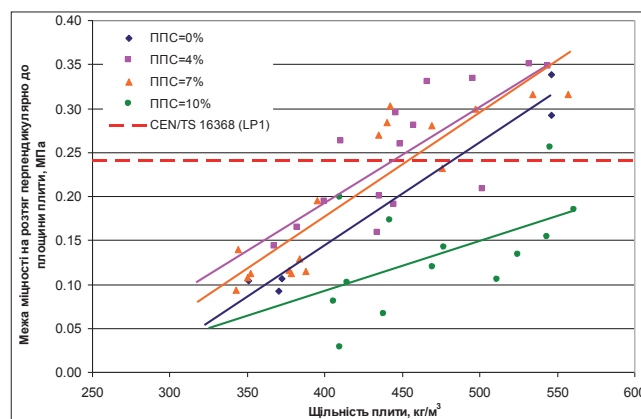


Рис. 4. Залежність межі міцності на розтяг перпендикулярно до площини личкованих легких стружкових плит від їх щільності та вмісту в них пінополістиролу

Зі збільшенням щільності плит міцність на розтяг перпендикулярно до площини плити зростає і досягає нормативних значень для плит без пінополістиролу після досягнення щільності 470 кг/м<sup>3</sup>, для плит із вмістом пінополістиролу 4 і 7% – більше 440 і 450 кг/м<sup>3</sup> відповідно, а плити зі вмістом пінополістиролу 10% не досягають нормативних значень міцності в досліджуваному інтервалі щільностей плит.

На рис. 5 зображено залежності набрякання у воді плит за товщиною впродовж 2 та 24 год. Встановлено, що зі збільшенням вмісту пінополістиролу в плиті набрякання її зменшується. Зокрема набрякання плит із щільністю 350, 450 і 550 кг/м<sup>3</sup> та вмістом пінополістиролу 10%, порівняно із плитами такої самої щільності без пінополістиролу, зменшується відповідно на 4,4, 3,8 і 3,2% після 2 год витримки у воді та на 1,8, 1,9, і 2,1% – після 24 год витримки у воді.

Зменшення набрякання плит із вмістом пінополістиролу пояснюють більшою пластичністю пінополістиролу порівняно з деревинною стружкою і, як наслідок, зменшенням внутрішніх напружень у плитах із пінополістиролом після пресування. До того ж пінополістирол, на відміну від стружки, не набрякає у воді.

Зі збільшенням щільності плит від 350 до 550 кг/м<sup>3</sup> набрякання їх після 2 год витримки у воді зменшується на 1,6% для плит без пінополістиролу, на 2,7, 1,7 і 0,4% – із вмістом пінополістиролу 4, 7 та 10% відповідно. Це зумовлено незначним часом перебування плит у воді та меншою проникністю води в структуру плит з більшою щільністю. При цьому клейові зв'язки послаблюються не суттєво, внутрішня конструкція плити не послаблюється і, як наслідок, у щільніших плитах набрякання менше.

Після 24 год витримки у воді плити з більшою щільністю набрякають більше. Зі збільшенням щільності від 350 до 550 кг/м<sup>3</sup> у плит без пінополістиролу та зі вмістом пінополістиролу 4, 7 і 10%

набрякання збільшується на 4,0, 4,1, 3,9 3,7% відповідно. На такий характер залежностей впливає довготермінова дія води, від якої руйнуються клейові зв'язки у плиті, внутрішня конструкція послаблюється, у стружці збільшується кількість відновлювальних деформацій і, як наслідок, збільшується набрякання плит. При цьому збільшення щільності плити тільки підсилює набрякання через збільшення кількості деревинного компонента в одиниці її об'єму.

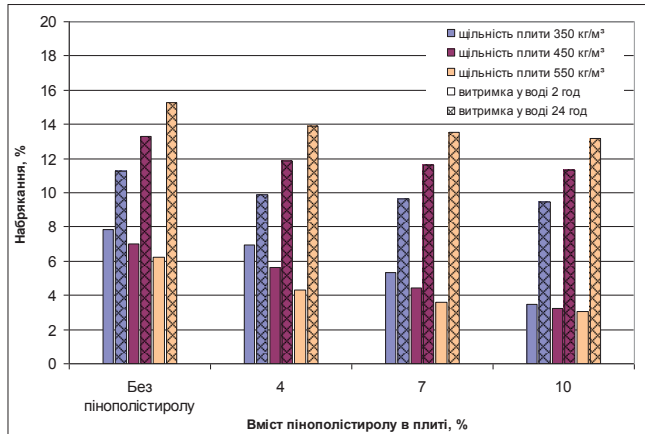


Рис. 5. Залежність набрякання у воді за 2 і 24 год личкованих легких стружкових плит від їх щільності та вмісту в них пінополістиролу

Водопоглинання впродовж 2 та 24 год личкованих легких стружкових плит зі зростанням їх щільності та вмісту в них пінополістиролу зменшується (рис. 6). Збільшення часу перебування у воді спричиняє зростання водопоглинання.

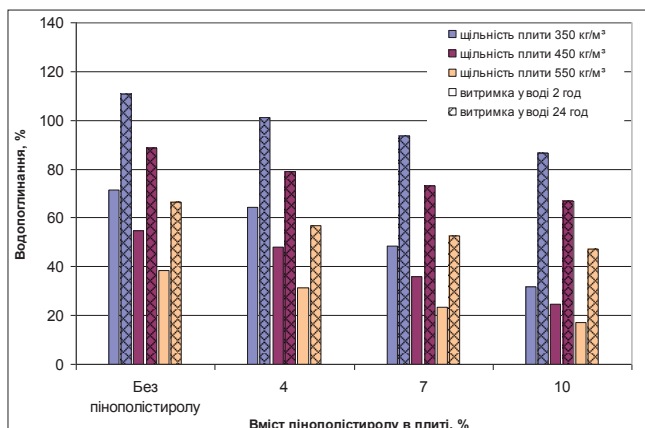


Рис. 6. Залежність водопоглинання за 2 і 24 год личкованих легких стружкових плит від їх щільності та вмісту в них пінополістиролу

Зокрема, за вмісту 10% пінополістиролу в плитах зі щільністю 350, 450 і 550 кг/м<sup>3</sup> їх водопоглинання після 2 год перебування у воді становить 32, 25 і 17% відповідно. Це менше, ніж у плитах такої ж щільності без пінополістиролу, на 39, 30 і 21% відповідно. Після 24 год перебування у воді у плитах із вказаною щільністю та вмістом пінополістиролу 10% водопоглинання становить 87, 67 і 47% відповідно і це менше, ніж у плитах такої ж

щільності без пінополістиролу на 24, 22 і 19% відповідно. Таке зменшення водопоглинання плит із вмістом пінополістиролу пояснюють гідрофобністю пінополістиролу. І чим більша кількість пінополістиролу замінює стружку в плиті, тим більше зменшується її водопоглинання.

Зі зростанням щільності плит від 350 до 550 кг/м<sup>3</sup> водопоглинання після 2 год перебування у воді зменшується на 33% у плитах без пінополістиролу і з вмістом пінополістиролу 4%, на 25 і 15% – у плитах із вмістом пінополістиролу 7 і 10% відповідно. Після 24 год перебування у воді плит без пінополістиролу та з вмістом пінополістиролу 4% водопоглинання їх зі зростанням щільності в зазначеному діапазоні зменшується на 44%, а за вмісту пінополістиролу 7 і 10% – на 41 і 39% відповідно. Таке зменшення водопоглинання відбувається через зменшення пористості та проникності плит із зростанням їх щільності.

Збільшення водопоглинання плит зі збільшенням тривалості перебування їх у воді пов'язано з більшою насиченістю стружки водою, а в подальшому з руйнуванням дедалі більшої кількості клейових з'єднань, набряканням плити і, як наслідок, зростанням проникності води всередину конструкції плити.

**Висновки.** Виготовлені легкі личковані стружкові плити мають підвищені показники межі міцності під час статичного згинання, модуля пружності і набрякання за товщиною у всьому досліджуваному діапазоні вмісту пінополістиролу в плитах і їх щільностей порівняно з вимогами стандарту CEN/TS 16368. Межа міцності під час статичного згинання досліджуваних плит зростає прямолінійно зі збільшенням їх щільності. За вмісту пінополістиролу 7% модуль пружності під час статичного згинання плит є найбільшим, меншим він є у плит без пінополістиролу та із вмістом пінополістиролу 4%. Найменші значення модуля пружності під час статичного згинання отримано для плит із вмістом пінополістиролу 10%. Також зі збільшенням щільності плит модуль пружності під час статичного згинання зростає.

Межа міцності під час розтягу перпендикулярно до площини отриманих плит щільністю 450 і 550 кг/м<sup>3</sup> за вмісту пінополістирольних гранул 4-7% відповідає вимогам стандарту CEN/TS 16368 для плит типу LP1. Збільшення у плитах вмісту пінополістиролу до 10% зменшує значення межі міцності на розтяг перпендикулярно до площини плити порівняно із плитами без вмісту пінополістиролу. Зі збільшенням щільності плит міцність на розтяг перпендикулярно до площини плити зростає і досягає нормативних значень для плит без пінополістиролу після досягнення щільності 470 кг/м<sup>3</sup>, для плит із вмістом пінополістиролу 4 і 7% – більше 440 і 450 кг/м<sup>3</sup> відповідно, а плити зі вмістом пінополістиролу 10% не досягають нормативних значень цього діапазону щільностей плит. Водопоглинання легких плит зменшується із збільшенням вмісту у них гідрофобного пінополістиролу. Збіль-

шення часу перебування у воді спричиняє зростання набрякання у воді та водопоглинання досліджуваних плит.

Отримані результати досліджень доводять можливість використання таких плит у легких конструкціях меблів, що дасть змогу збільшити кількість дизайн-рішень у проектуванні меблевих виробів, а також як ізоляційних панелей з певною естетичною функцією, оскільки личкувальний шар із натурального лушеного шпону покращує їх вигляд.

### Бібліографічні посилання

- Barbu, M. C. (2015). Evolution of lightweight wood composites. *ProLigno*, 11 (4), 21-26.
- Barbu, M. C., Luedtke, J., Thomen, H., and Welling, J. (2010). Innovative production of wood-based lightweight panels. *Proceedings of International Conference "Technologies for the Forest and Biobased Products Industries"*, Wien, Austria, 2010, 115-122.
- CEN/TS 16368 (2014). Lightweight Particleboards – Specifications. European Committee for Standardization, Brussels.
- Dziurka, D., Mirski, R., Trojanski, A. (2013). Characteristics of lightweight particleboards with the core layer supplemented with rape straw and expanded polystyrene. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*, 82, 250-254.
- Elka® Lightweight wooden materials. (2016). [www.elka-holzwerke.de/en/Lightweight-wooden-materials](http://www.elka-holzwerke.de/en/Lightweight-wooden-materials).
- EN 319 (1993). Particleboards and fiberboards - Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. European Committee for Standardization, Brussels. <http://www.cedarcrestwood.com/hollow-core-products.html>.
- Iejavs, J., Spelle, U. (2013). Structural properties of cellular wood material. *ProLigno*, 9 (4), 491-497.
- Kozak, L., Bekhta, P., Sedliačik, J., (2016). Preliminary study on the properties of lightweight particleboard made using polystyrene. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*, 95, 110-113.
- Luedtke, J., Welling, J., Thomen, H., Barbu, M. C. (2007). Lightweight wood-based board and process for producing it. *Patent Application No. 12/518,419*. USA. .
- Maloney, T. M. (1977). *Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing*. San Francisco: Miller Freeman.
- Nilsson, J., Johansson, J., Sandberg, D. (2013). A new light-weight panel for interior joinery and furniture. *Proceedings of 9<sup>th</sup> Meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering-WSE*. Hannover, Germany, 11-12, 184-189.
- Shalbafan, A., Welling, J., Luedtke, J. (2012). Effect of processing parameters on mechanical properties of lightweight foam core sandwich panels. *Wood Material Science & Engineering*, 7 (2), 69-75.

Srivaro, S., Matan, N., Chaowana, P., Kyokong, B. (2014). Investigation of physical and mechanical properties of oil palm wood core sandwich panels overlaid with a rubberwood veneer face. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72, 571-581. <https://doi.org/10.1007/s00107-014-0817-5>.

Xu, J., Han, G., Wong, E.D, Kawai, S. (2003). Development of binderless particleboard from kenaf core using steam-injection pressing. *Journal of Wood Science*, 49, 327-332.

EN 317 (1993). Particleboards and fibreboards – Determination of swelling in thickness after immersion in water. Brussels: European Committee for Standardization.

EN 310 (2003). Wood-based panels – Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Brussels: European Committee for Standardization.

### Влияние содержания пенополистирола на свойства легких стружечных плит

П. А. Бэхта<sup>1</sup>, Л. Р. Байзова<sup>2</sup>

Исследованы физико-механические свойства легких облицованных лушеным березовым шпоном стружечных плит с различным содержанием пенополистирола. Плиты изготовляли горячим склеиванием древесной стружки, гранул пенополистирола диаметром 4-8 мм и лушеного березового шпона толщиной 1,5 мм карбамидоформальдегидным клеем. Расход клея составлял 10% от массы абсолютно сухих частиц.

Плиты изготовлялись плотностью 350, 450, 550 кг / м<sup>3</sup> и толщиной 18 мм при температуре 200 °С, давлении прессования 2,4 МПа и времени прессования 0,23 мин / мм. Для изготовления плит в стружку добавляли 4, 7, 10% гранул пенополистирола. Образцы плит испытывались на предел прочности при статическом изгибе, модуль упругости при статическом изгибе, предел прочности на растяжение перпендикулярно к плоскости плиты, набухание и водопоглощение после выдержки в воде в течение 2 и 24 ч.

На основе исследований установлено, что легкие стружечные плиты, облицованные лушеным шпоном, имеют высокие показатели исследуемых свойств, которые превышают установленные нормативные

<sup>1</sup> Бэхта Павло Антонович – действительный член Лесной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий древесных композиционных материалов, целлюлозы и бумаги. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-238-44-99, E-mail: bekhta@ukr.net

<sup>2</sup> Байзова Любовь Руслановна – аспирант кафедры технологий древесных композиционных материалов, целлюлозы и бумаги. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-238-44-99, + 38-093-622-18-08. E-mail: kozak\_l@ntu.edu.ua

значения согласно стандарту CEN/TS 16368. Самые большие показатели предела прочности при статическом изгибе имели плиты без пенополистирола и с содержанием пенополистирола 7%, несколько меньше – с содержанием пенополистирола 4%, а самые малые – с содержанием пенополистирола 10%. При содержании пенополистирола 7% модуль упругости при статическом изгибе плит является наибольшим. Установлено, что содержание пенополистирола 4 и 7% в плитах увеличивает предел прочности на растяжение перпендикулярно к плоскости плиты по сравнению с плитами без содержания пенополистирола, а плиты с содержанием пенополистирола 10% не достигают нормативных значений в исследуемом интервале плотностей плит. Набухание в воде и водопоглощение плит уменьшается с увеличением содержания в них пенополистирола.

**Ключевые слова:** легкие стружечные плиты, пенополистирол, лущеный шпон, древесная стружка, карбамидоформальдегидный клей, прочность при статическом изгибе, прочность на растяжение перпендикулярно к плоскости плиты, модуль упругости при статическом изгибе, набухание, водопоглощение

### Effect of the expanded polystyrene content on the lightweight particleboards properties

P. Bekhta<sup>1</sup>, L. Bajzova<sup>2</sup>

The physical and mechanical properties of veneered lightweight particleboards with different contents of expanded polystyrene were investigated. The boards were made by hot gluing of wood particles with urea formaldehyde glue (UF) and granules of expanded pol-

ystyrene and by veneering of rotary-cut birch veneer. The UF glue consumption was 10% of the mass of absolutely dry wood particles.

The boards of thickness 18 mm and different density of 350, 450 and 550 kg/m<sup>3</sup> were made at pressing temperature of 200 °C, pressing pressure of 2.4 MPa and pressing time of 0.23 min/mm. To make the boards the 4, 7, 10% of expanded polystyrene granules were added to wood particles. Modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), tensile strength perpendicular to the plane of the board (IB), thickness swelling and water absorption after 2 and 24 hours of immersion in the water of the samples of lightweight particleboards were determined.

The results of the research were found that veneered lightweight particleboards have high indexes of investigated properties that exceed the established normative values in accordance with CEN/TS 16368. The greatest values of the MOR had boards without expanded polystyrene and with 7% content of expanded polystyrene, some smaller - with the content of expanded polystyrene 4%, and the smallest - with a content of expanded polystyrene 10%. The MOE of boards with the content 7% of expanded polystyrene is greatest. It has been established that the content of expanded polystyrene 4 and 7% in boards increases the tensile strength perpendicular to the plane of the boards (IB) compared to the board without the contents of the expanded polystyrene. And the boards containing 10% expanded polystyrene do not reach the normative values in the studied range of boards densities. Thickness swelling and water absorption of boards decrease with increasing content of expanded polystyrene in them.

**Key words:** lightweight particleboard, expanded polystyrene, rotary-cut veneer, wood particles, urea formaldehyde glue, modulus of rupture, modulus of elasticity, tensile strength perpendicular to the plane of the board, thickness swelling, water absorption

<sup>1</sup> *Pavlo Bekhta* – full member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, Generala Chuprynyk st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-44-99, E-mail: bekhta@ukr.net

<sup>2</sup> *Liubov Bajzova* – post-graduate student in the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, Generala Chuprynyk st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-44-99, + 38-093-622-18-08. E-mail: kozak\_l@nltu.edu.ua