



Л. Р. Байзова

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА І ЗАСТОСУВАННЯ ЛЕГКИХ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ ІЗ ВМІСТОМ ПІНОПОЛІСТИРОЛУ

Досліджено ефективність виробництва і застосування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу. Ефективністю застосування цих плит вважали сукупність показників економії грошових ресурсів за результатами порівняння затрат під час виробництва і використання легких плит із вмістом пінополістиролу замість звичайних стружкових плит. Встановлено, що вага плит істотно впливатиме на ефективність їх виробництва, транспортування і застосування у виробі. З'ясовано, що основні відмінності під час виробництва досліджуваних видів плит зосереджені в затратах на сировину. Незважаючи на наявність у легких стружкових плитах додаткових матеріалів (шпон, пінополістирол), їх виробництво і застосування є економічно вигіднішим за виробництво і застосування звичайних стружкових плит. Зростання вартості деревинної сировини підвищує ефективність виготовлення легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу та конкурентоздатність таких плит над звичайними стружковими плитами. За зниження вартості деревинної сировини до 469 грн/м³ ефективність виготовлення легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу зменшиться до нуля. У разі подальшого зменшення вартості деревинної сировини ефективність виготовлення легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу набуде від'ємних значень, тому що затрати на їх виготовлення будуть більшими, ніж для виготовлення звичайних стружкових плит. Транспортувати легкі стружкові плити із вмістом пінополістиролу ефективніше за звичайні стружкові плити. Транспортування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу дає змогу збільшити заповнення причепа за об'ємом на 12,33 %, а за масою зменшити на 4,73 %, що під час транспортування однакової кількості плит на однакову віддаль зменшує кількість рейсів і, як наслідок, затрати на транспортування таких плит порівняно зі звичайними стружковими плитами. Ефективність транспортування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу зі збільшенням відстані транспортування зростає. Використання легких стружкових плит для фасадних поверхонь з вертикальним підніманням є ефективним і дає змогу застосувати меншої потужності дешевші кріплення фасадної поверхні корпусного виробу.

Ключові слова: затрати; деревинна сировина; транспортування; компоненти плит.

Вступ. Стружкові плити є одними з найпоширеніших деревинних матеріалів у світі. Однак постійне зростання попиту на деревину призводить до підвищення цін на неї і цим самим знижує рентабельність виробництва стружкових плит (Sagal, 2014). Оскільки виробництво стружкових плит оптимізоване та автоматизоване високою мірою, економія витрат практично може бути досягнута лише за рахунок зниження витрат на сировину (Benthien & Ohlmeier, 2018).

Скорочення використання деревини за збереження обсягів виробництва та властивостей плит означало б збереження її ефективності і таким способом допомогло б зберегти деревинні ресурси. Якщо в перспективі буде збільшення попиту на деревину – за рахунок розвитку нових і розширення наявних галузей застосування деревини як джерела сировини та енергії – скорочення використання деревини для виробництва стружкових плит може мати свій внесок у довгострокове забезпечення деревообробної промисловості сировиною.

Виготовлення легких плит із вмістом пінополістиролу, які мають зменшений вміст деревинної сировини і відповідають характеристикам матеріалу, визначеним у EN 16368, сприяє вирішенню проблеми збереження лісових ресурсів і сповільнення змін клімату. Однак ефективність виготовлення і застосування таких плит залишається мало вивченою. Тому мета цього дослідження – встановити ефективність виробництва і застосування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу. Об'єктом дослідження є процеси виробництва і застосування звичайних і легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу. Предметом дослідження є показник ефективності матеріалу.

Викладення основного матеріалу. За ефективність матеріалу взято сукупність показників економії грошових ресурсів за результатами порівняння затрат, які виникають у разі виготовлення і застосування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу замість звичайних стружкових плит:

Інформація про авторів:

Байзова Любов Русланівна, аспірантка, кафедра технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу.

Email: kozak_l@nltu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-4650-2108>

Цитування за ДСТУ: Байзова Л. Р. Ефективність виробництва і застосування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу. Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 8. С. 102–105.

Citation APA: Bajzova, L. R. (2019). Efficiency of manufacture and use of lightweight particleboards containing expanded polystyrene. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(8), 102–105. <https://doi.org/10.36930/40290818>

$$E_i = 3_i^{СП} - 3_i^{ЛП}, \text{ грн}, \quad (1)$$

де: E_i – ефективність легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу на i -му етапі; $3_i^{СП}$ – затрати для звичайних стружкових плит на i -му етапі; $3_i^{ЛП}$ – затрати для легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу на i -му етапі.

Вага плит найбільше впливатиме на їх ефективність на етапах виробництва, транспортування і застосування у виробках. Тому саме ці етапи вибрано для встановлення ефективності легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу.

Етап виробництва плит

Основні відмінності під час виробництва досліджуваних видів плит зосереджені в затратах на сировину. Тому затрати у гривнях на етапі виробництва плит можна визначити за формулами:

- для звичайних стружкових плит:

$$3_B^{СП} = m_{спр}^{СП} \cdot B_{спр} + m_{см}^{СП} \cdot B_{см} + m_{зм}^{СП} \cdot B_{зм} + m_6^{СП} \cdot B_6; \quad (2)$$

- для легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу:

$$3_B^{ЛП} = m_{спр}^{ЛП} \cdot B_{спр} + m_{см}^{ЛП} \cdot B_{см} + m_{зм}^{ЛП} \cdot B_{зм} + m_6^{ЛП} \cdot B_6 + m_{шп}^{ЛП} \cdot B_{шп} + m_{ППС}^{ЛП} \cdot B_{ППС}, \quad (3)$$

де: $m_{спр}^{СП}$, $m_{см}^{СП}$, $m_{зм}^{СП}$, $m_6^{СП}$ – маса стружки, карбамідоформальдегідної смоли, затверджувача і води відповідно для виготовлення 1 м³ звичайних стружкових плит; $m_{спр}^{ЛП}$, $m_{см}^{ЛП}$, $m_{зм}^{ЛП}$, $m_6^{ЛП}$, $m_{шп}^{ЛП}$, $m_{ППС}^{ЛП}$ – маса стружки, карбамідоформальдегідної смоли, затверджувача, води, шпону і пінополістиролу відповідно для виготовлення 1 м³ легких плит із вмістом пінополістиролу; $B_{спр}$, $B_{см}$, $B_{зм}$, B_6 , $B_{шп}$, $B_{ППС}$ – вартість стружки, карбамідоформальдегідної смоли, затверджувача, води, шпону і пінополістиролу.

Маси компонентів для виготовлення легких стружкових плит щільністю 450 кг/м³, із вмістом пінополістиролу 7 %, вмістом клею 10 % і товщиною лушеного березового шпону 1,5 мм та звичайних стружкових плит щільністю 625 кг/м³ і вмістом клею 10 % розраховано згідно з методикою (Bekhta, 1994) і наведено в табл. 1.

Табл. 1. Маса компонентів у кг для виготовлення 1 м³ плит

$m_{спр}^{СП}$	$m_{см}^{СП}$	$m_{зм}^{СП}$	$m_6^{СП}$	$m_{спр}^{ЛП}$	$m_{см}^{ЛП}$	$m_{зм}^{ЛП}$	$m_6^{ЛП}$	$m_{шп}^{ЛП}$	$m_{ППС}^{ЛП}$
551,84	94,92	0,95	10,44	267,84	68,34	0,68	7,51	101,67	27,81

Вартість компонентів плит на 2019 р. наведено в табл. 2.

Табл. 2. Вартість компонентів плит

Компонент плити	Вартість, грн/кг
Стружка суха	1,84
Смола КФ МТ	15,00
Затверджувач (сульфат амонію)	13,80
Вода	0,015
Шпон лушений (береза)	4,92
Пінополістирол гранульований	15,00

Результати розрахунків затрат і ефективності легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу на етапі виробництва зведено в табл. 3.

Отже, незважаючи на наявність у легких стружкових плитах додаткових матеріалів (шпон, пінополістирол), їх виробництво за вказаної у табл. 2 вартості компонентів плит є економічно вигіднішим за виробництво звичайних стружкових плит. Економія коштів на вартості сировини для виготовлення 100 тис. м³ легких

стружкових плит із вмістом пінополістиролу порівняно зі звичайними стружковими плитами становить 655,723 тис. грн.

Табл. 3. Економічні показники на етапі виробництва 1 м³ плит

Показник	Звичайна стружкова плита	Легка стружкова плита із вмістом пінополістиролу
Затрати на сировину, грн	2450,12	2443,57
Ефективність на етапі виробництва 1 м ³ плит, грн	–	6,56
Ефективність на етапі виробництва 100 тис. м ³ плит, грн	–	655723

Дефіцит деревинної сировини спричинить зміни її вартості та зумовить зміни в ефективності виготовлення легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу. На рис. 1 наведено залежність ефективності виготовлення таких плит від змін вартості деревинної сировини.

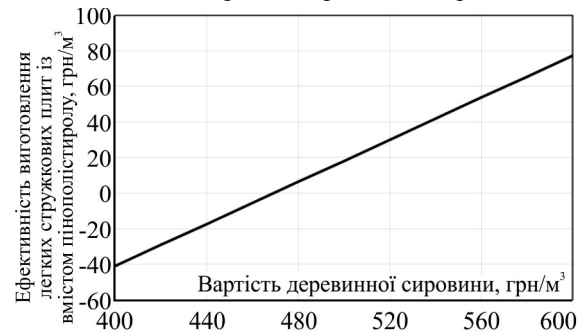


Рис. 1. Залежність ефективності виготовлення легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу від вартості деревинної сировини

Встановлено, що зростання вартості деревинної сировини збільшує ефективність виготовлення легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу та підвищує конкурентоздатність таких плит над звичайними стружковими плитами. Зокрема, зростання вартості деревинної сировини від 480 грн/м³ до 520 грн/м³ збільшує ефективність виготовлення 1 м³ легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу від 6,56 грн до 30,22 грн. Однак у разі зниження вартості деревинної сировини до 469 грн/м³ ефективність виготовлення легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу зменшиться до нуля. За подальшого зменшення вартості деревинної сировини ефективність виготовлення легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу набуде від'ємних значень, тому що затрати на їх виготовлення будуть більшими, ніж для виготовлення звичайних стружкових плит.

Етап транспортування плит

Транспортування плитних матеріалів автомобільним транспортом пов'язане з вагою та об'ємом палети, з одного боку, і з вантажопідйомністю та внутрішнім об'ємом причепа – з іншого. Максимальне використання об'єму причепа за допустимої вантажопідйомності дасть змогу найефективніше здійснювати вантажні перевезення. Однак важкі плити не дають змоги повністю завантажити причеп.

Найчастіше стружкові плити перевозять причепами вантажопідйомністю 20-22 т та із внутрішнім об'ємом причепа 90 м³: довжина – 13,6 м, ширина – 2,45 м, висота – 2,7 м (Razmery gruzovykh mashin, 2019).

За найпоширенішого розміру стружкових плит 2800×2070×18 мм, які виготовляють на сьогодні заводи, одна палета таких плит має габаритні розміри 2800×2070×638 мм, об'єм 3,70 м³ і вагу брутто 2066 кг (Plyty shlifovani, 2019). Нескладними розрахунками встановлено, що в причеп за об'ємом може поміститися 16 палет, заповнивши 65,74 % об'єму причепа. Однак за вагою у причеп максимально поміщається тільки 10 палет (2,066×10 = 20,66 т), заповнюючи 41,09 % об'єму причепа. Тобто під час перевезення звичайних стружкових плит використання об'єму причепа становить дещо більше 40 %. Отже, існує значний резерв збільшення заповнення причепа за об'ємом, якого можна досягнути шляхом зменшення ваги плит.

Затрати у гривнях на етапі транспортування плит можна визначити за формулою

$$Z_T = L_T \cdot n_T \cdot B_T, \quad (4)$$

де: L_T – відстань рейсу, на яку транспортуються плити, км; n_T – кількість рейсів для перевезення визначеного об'єму плит; B_T – вартість перевезення, грн/км.

Кількість рейсів для перевезення визначеного об'єму плит розраховують за формулою

$$n_T = \frac{Q_{пл}}{q_{пл}}, \quad (5)$$

де: $Q_{пл}$ – визначений для перевезення об'єм плит, м³; $q_{пл}$ – об'єм плит у палеті, м³. Вартість перевезення вантажів автомобільним транспортом вантажопідйомністю 20-22 т та з внутрішнім об'ємом причепа 90 м³ на 2019 р. становить 22 грн/км (Master Trans, 2019).

Використавши для розрахунків однакові габаритні розміри палет для звичайних плит і легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу, за формулами (1), (4) і (5) розраховано ефективність від транспортування 100 тис. м³ легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу на відстань 100 км. Результати розрахунків зведено в табл. 4.

Табл. 4. Результати розрахунків ефективності транспортування 100 тис. м³ легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу на відстань 100 км

Показник	Звичайна стружкова плита	Легка стружкова плита з вмістом пінополістиролу
Кількість рейсів	2705	2081
Затрати на етапі транспортування, млн грн	5,951	4,578
Ефективність від транспортування, на відстань 100 км, грн	–	1372800

Також встановлено, що транспортування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу дає змогу заповнення причепа за об'ємом збільшити на 12,33 %, а за масою зменшити на 4,73 %.

Отже, транспортувати легкі стружкові плити із вмістом пінополістиролу ефективніше за звичайні стружкові плити і ця ефективність для 100 тис. м³ легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу становить 1,373 млн грн/100 км. На рис. 2 наведено залежність ефективності транспортування 100 тис. м³ легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу від відстані.

Згідно з рис. 2 ефективність транспортування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу зі збіль-

шенням відстані зростає. Зокрема, за зростання відстані транспортування 100 тис. м³ плит від 100 до 200 км ефективність легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу щодо звичайних стружкових плит збільшиться від 1,37 до 2,74 млн грн, або в два рази.

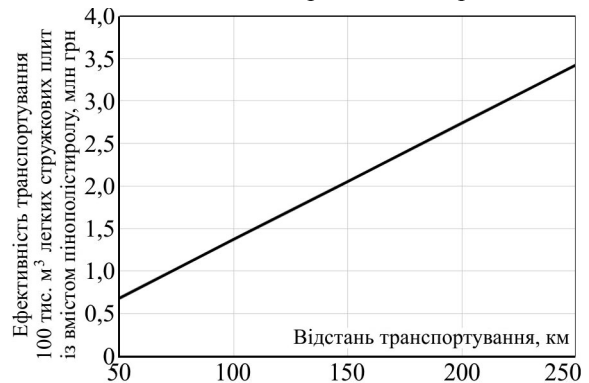


Рис. 2. Залежність ефективності транспортування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу від відстані

Етап застосування плит у виробі. Позитивні тенденції використання легких плит у меблях відзначили дослідники (Michanickl, 2006; Thomen, 2008; Dix, Meinschmidt & Thole, 2008; Weinkötz, 2012; Shalbfan, Mark, Dienerberger & Welling, 2013). Однак дані щодо показників ефективності застосування таких плит у меблевих виробі є обмеженими.

За однакової витрати звичайних і легких стружкових плит для конкретних корпусних виробів їх вага істотно впливатиме на вибір фурнітури, особливо у виборі силових піднімальних механізмів фасадних елементів з вертикальним відкриванням. Такі силові механізми підбираються залежно від висоти корпусу меблевого виробу і ваги фасаду. Тому використання легких стружкових плит для виготовлення фасадів, дасть змогу застосувати силові механізми меншої потужності та відповідно вартості, що зменшить вартість самих меблевих виробів.

За основу розрахунків вибрано силові піднімальні механізми AVENTOS фірми Blum (Blum, 2019). Враховуючи, що різні піднімальні механізми мають притаманні їм визначені межі габаритних розмірів корпусних виробів, для розрахунків використано розміри корпусного виробу 550×1000 мм (висота×ширина), які зазначені у всіх досліджуваних видах силових механізмів.

Згідно з методикою (Blum, 2019) розраховано силові механізми HF, Aventos HK, Aventos HS для фасаду з звичайної стружкової плити щільністю 625 кг/м³ і легкої стружкової плити з вмістом пінополістиролу щільністю 450 кг/м³. Для кожного піднімального механізму за формулою (1) розраховано ефективність застосування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу у фасадах з вертикальним відкриванням корпусних меблевих виробів. Результати розрахунків наведено в табл. 5.

Отже, використання легких стружкових плит для фасадних поверхонь з вертикальним підніманням є ефективним і дає змогу використати для відкривання фасадів дешевший піднімальний силовий механізм меншої потужності, що загалом зменшить вартість кріплення однієї фасадної поверхні корпусного виробу залежно від застосовуваного піднімального механізму на 60,72-504,82 грн.

Табл. 5. Результати розрахунків ефективності застосування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу у фасаді з вертикальним відкриванням одного корпусного меблевого виробу

Піднімальний механізм (AVENTOS)	Звичайна стружкова плита			Легка стружкова плита з вмістом пінополістиролу			Ефективність застосування легких плит, грн
	Силовий механізм	К-сть, шт	Вартість*, грн	Силовий механізм	К-сть, шт	Вартість*, грн	
Aventos HF	20F2200.05	2	1009,64	20F2200.05	1	504,82	504,82
Aventos HK	20K2900.05	2	760,42	20K2700.05	2	479,40	281,02
Aventos HS	20S2E00.05	2	716,36	20S2D00.05	2	556,64	60,72

Примітка: * вартість вказано станом на 2019 р.

Висновки. За проведеними розрахунками ефективності виробництва і застосування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу встановлено, що на всіх досліджуваних етапах такі плити ефективніші за звичайні стружкові плити. Для легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу затрати на етапі виробництва є меншими порівняно зі звичайними стружковими плитами на 0,07 %, на етапі транспортування – на 6,52 %, на етапі застосування плит у виробах – на 6,27 %-16,67 % залежно від виду піднімального механізму. Результати досліджень доводять актуальність виробництва легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу. З урахуванням зростаючого дефіциту деревинної сировини і збільшенням цін на неї, такі плити можуть в перспективі повністю замінити звичайні стружкові плити. Це дасть змогу підвищити рентабельність заводів стружкових плит і зменшити експлуатацію лісових ресурсів.

Перелік використаних джерел

- Bekhta, P. A. (1994). *Tekhnolohichni rozrakhunky u vyrobnytsvi derevynno-struzhkovykh plyt*. Kiev, 160 p. [In Ukrainian].
- Benthien, Jan T., & Ohlmeyer, Martin. (2018). Entwicklung leichter Holzwerkstoffe unter Anwendung definierter Spanorientierung und Partikelmorphologie: Schlussbericht zum Verbundvorhaben. *Johann Heinrich von Thünen-Institut. Braunschweig, Germany*, 34 p. Retrieved from: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059805.pdf (Date of application: 6.09.2019).
- Blum. (2019). *Katalog Blum i tekhnicheskoe rukovodstvo 2018/2019*. Retrieved from: <https://publications.blum.com/2018/catalogue/ru/> (Date of application: 6.09.2019). [In Russian].
- Dix, B., Meinschmidt, P., & Thole, V. (2008). Lightweight particleboards made from annual and perennial plants. *Proceeding of the International Panel Products symposium*, Espoo, Finland.
- Master Trans. (2019). *Tsiny na vantazhni perevezennia*. Retrieved from: <https://master-trans.com.ua/uk/Tsiny-na-perevezennia/> (Date of application: 6.09.2019). [In Ukrainian].
- Michanickl, A. (2006). Development of a new light wood-based panel. *Proceeding of the 5th European wood-based panel symposium*, Hannover, Germany, *Wood Prod.*, 74, 15–22.
- Plyty shlifovani. (2019). *Tekhnichni kharakterystyky*. Retrieved from: http://www.swisskrono.ua/?page_id=448&lang=UA (Date of application: 6.09.2019). [In Ukrainian].
- Razmery gruzovykh mashin. (2019). *Gabarity gruzovykh mashin i avtopoezdov*. Retrieved from: <http://logisterra.ru/razmery-gruzovyh-mashin> (Date of application: 6.09.2019). [In Russian].
- Sagal, S. Z. (2014). *Analysis of Ukraine's forestry sector potential and identification of factors hampering its innovative development*. Kiev, 39 p. Retrieved from: http://www.enpi-fleg.org/site/assets/files/2116/report_sagal_forest_sector_potential.pdf (Date of application: 6.09.2019). [In Ukrainian].
- Shalbafan, A., Mark, Dietenberger, A., & Welling, J. (2013). *Fire performances of foam core particleboards continuously produced in a one-step process* *Wood Prod.* 71, 49–59. <https://doi.org/10.1007/s00107-012-0653-4>
- Thomen, H. (2008). Lightweight panels for the European furniture industry: some recent developments. In: Medved S. (Ed.). *Workshop proceedings: lightweight wood-based composites; production, properties and usage*, Bled, Slovenia, 1–13.
- Weinkötz, S. (2012). Kaurit Light for lightweight wood-based panels. *Proceedings of the second symposium on lightweight furniture*. Lemgo, Germany. (pp. 23–24).

L. R. Bajzova

Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

EFFICIENCY OF MANUFACTURE AND USE OF LIGHTWEIGHT PARTICLEBOARDS CONTAINING EXPANDED POLYSTYRENE

The production of lightweight particleboards with expanded polystyrene, which have reduced wood content and meet the material characteristics specified in EN 16368 contributes to addressing the forest conservation and climate change. However, the efficiency of the manufacture and use of such boards remains little studied. Therefore, the authors of the article investigate the effectiveness of the manufacturing and using lightweight particleboards containing expanded polystyrene. The efficiency of using these boards was considered to be a set of indicators saving money resources as a result of comparing the costs during the manufacture and use of lightweight boards with the content of expanded polystyrene instead of the usual particleboards. It is established that the weight of the boards will significantly affect the efficiency of their production, transportation and use in products. It is found that the main differences in the production of these types of boards are concentrated in the cost of raw materials. Despite the presence of additional materials (veneer, expanded polystyrene) in the lightweight particleboards, their production is more economical than the production of the usual particleboards. Increasing the cost of raw materials increases the efficiency of manufacturing lightweight particleboards containing expanded polystyrene and raises the competitiveness of such boards over the usual particleboards. By reducing the cost of raw materials to 469 UAH/m³, the efficiency of production of lightweight particleboard with foam content will decrease to zero. Further reducing the cost of raw materials, the efficiency of manufacturing lightweight particleboards containing expanded polystyrene will be negative, because the cost for their manufacturing will be greater than for the production of usual particleboards. Transportation of lightweight particleboard with expanded polystyrene allows the trailer to be filled by 12.33 % in volume and 4.73 % by weight. The transportation efficiency of lightweight particleboards with expanded polystyrene increases twice. Using lightweight particleboard for front surfaces with vertical lifting is effective and reduces the cost of fastening the front surface of the furniture.

Keywords: expenses; wood raw materials; transportation; boards components.