



I. I. Кусняк

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИГОТОВЛЕННЯ ФАНЕРИ, СКЛЕНОЇ ТЕРМОПЛАСТИЧНОЮ ПЛІВКОЮ

Досліджено ефективність виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою. Ефективністю виготовлення фанери вважали сукупність економічної та екологічної ефективностей за результатами економії грошових ресурсів способом порівняння затрат під час виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, замість традиційної фанери. Встановлено, що застосування термопластичної плівки у виробництві фанери збільшує затрати на фанерну сировину на 100,8 грн/м³ та клейовий матеріал на 1874,0 грн/м³. З'ясовано, що основними відмінностями під час виробництва досліджуваних видів фанери є затрати на потреби в електроенергії, у гарячій воді на дільницях приготування клею і нанесення його на поверхню шпону та збори за викиди небезпечних сполук у навколишнє середовище. Встановлено, що найбільше споживання потреби води здійснюється на дільницях приготування клею та нанесення його на поверхню шпону. Відповідно затрати електроенергії на цих дільницях теж є значними. З'ясовано, що одним з вагомих факторів у виробництві фанери є викиди небезпечних сполук у навколишнє середовище, причиною якого є застосування термореактивних клеїв. Застосування термопластичних плівок у виробництві фанери відкидає потребу у становленні очисних споруд та щорічному збору за викиди формальдегіду та аміаку. Порівняння статей затрат на фанерну сировину (кряж) та клейові матеріали у виробництві традиційної фанери та фанери, склеєної термопластичною плівкою ПЕНГ, показує, що затрати коштів збільшуються в 1,4 раза під час виготовлення фанери, склеєної ПЕНГ. Однак, враховуючи затрати на потреби в електроенергії та у споживанні гарячої води, економія коштів становить 492337,56 грн. Незважаючи на затрати виробництва на фанерну сировину та клейовий матеріал, виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, є економічно вигіднішим за виробництво традиційної фанери. Окрім цього, екологічність отриманого продукту підвищує його конкурентоспроможність над традиційною фанерою. Запропонований спосіб виготовлення фанери підвищує продуктивність виготовлення завдяки відсутності трудовитратних операцій, гарантує високий ступінь чистоти атмосферного повітря для забезпечення якісних умов роботи працівників та екологічність готової продукції, яка навіть під час експлуатації є нетоксичною, що цим самим розширює можливості подальшого застосування.

Ключові слова: смола; клей; полімер; сировина; ресурси; затрати.

Вступ. З огляду на світовий ринок економіки, виготовлення фанери є одним із найперспективніших завдяки широкому спектру використання продукції, яка володіє високими фізико-механічними властивостями [8]. Фанеру застосовують практично у всіх галузях промисловості – у машино-, вагоно-, судно- та автомобілебудуванні, в будівництві, у меблевому виробництві, для виготовлення музичних інструментів, іграшок, для декоративного оздоблення та в інших сферах. Проте, всупереч перевагам фанери, світовий ринок диктує свої вимоги щодо конкурентоспроможності у деревообробній галузі. Поява на ринку нових композиційних матеріалів з кращими властивостями ускладнює можливість конкурентоспроможності [4, 5, 9, 10]. Одним з важливих факторів, який впливає на конкуренцію товаровиробників за цей сегмент, є екологічність аикористовуваного матеріалу. Саме тому постає чітке завдання щодо вдосконалення технології та виробничого процесу виготовлення фанери, для покращення її якісних показників.

Застосування термопластичних плівок дає змогу покращити екологічні показники фанери та умови її ви-

робництва, що головно впливає на якість та вартість виготовлення фанери [6]. Виготовлення фанери з використанням як клею термопластичних плівок, порівняно із виготовленням фанери, склеєної карбамідоформальдегідним клеєм, має низку переваг через відсутність:

- операції приготування рідкого клею;
- обладнання для нанесення рідкого клею на поверхню шпону;
- промивання технологічної лінії приготування та подачі клею;
- потреби в чищенні обладнання для нанесення клею;
- потреби в утилізації відпрацьованих смол та клеїв;
- виділення шкідливих випарів формальдегіду та аміаку.

Отже, перевагами запропонованого способу виготовлення деревинного композитного матеріалу на підставі шпону є те, що отриманий матеріал має покращені екологічні показники (відсутність виділення формальдегіду) і зберігає достатньо високі механічні показники [1, 2]. Окрім цього, використання термопластичної плівки замість рідкого синтетичного клею дає змогу скоротити цикл виготовлення композитних матеріалів (відсутність операції приготування рідкого клею), підвищити культуру виробництва, відпадає потреба в чи-

Інформація про авторів:

Кусняк Ірина Іванівна, асистент, кафедра технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу.

Email: iryana.rondyak@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3980-3110>

Цитування за ДСТУ: Кусняк І. І. Ефективність виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою. Науковий вісник НЛТУ України. 2020, т. 30, № 2. С. 88–92.

Citation APA: Kusniak, I. I. (2020). Efficiency of the glued plywood production with thermoplastic film. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(2), 88–92. <https://doi.org/10.36930/40300216>

щенні обладнання для нанесення клею (за його відсутності). Відповідно до цього, продуктивність фанерного виробництва підвищується та покращуються екологічні показники фанери, що, безумовно, призводить до збільшення конкурентоспроможності на світовому ринку деревинних композитів. Проте ефективність виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, не вивчена, що є сьогодні актуальним.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення фанери клеєної.

Предмет дослідження – методи і засоби визначення показників ефективності процесу виготовлення фанери клеєної, які дадуть змогу визначити основні затрати у технології виготовлення деревинного композиту.

Мета дослідження – визначити основні затрати у технології виготовлення деревинного композиту для розрахунку ефективності виготовлення фанери з використанням у ролі клею термопластичної плівки.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано та вирішено такі *основні завдання*: 1) розрахувати економічну ефективність виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою; 2) розрахувати екологічну ефективність виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою; 3) розрахувати загальну ефективність виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою.

Наукова новизна результатів дослідження полягає в тому, що вперше розроблено методику розрахунку ефективності виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, яка дає змогу зекономити кошти на затрати для її виготовлення. Також розроблена технологія виготовлення такої фанери немає затрат на викиди небезпечних сполук у навколишнє середовище на найшкідливіших дільницях виробництва, що підтверджується екологічною ефективністю виробництва деревинного композиту.

Практична значущість отриманих результатів свідчать про те, що запропонований спосіб виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, замість рідкого синтетичного клею дає змогу скоротити цикл виготовлення композитних матеріалів (відсутність операції приготування рідкого клею), підвищити культуру виробництва, відпадає потреба в чищенні обладнання для нанесення клею (за його відсутності) та в кінцевому результаті – виготовити екологічно чисту продукцію.

Методи дослідження. Дослідження ефективності виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, здійснювали з урахуванням економічної та екологічної ефективностей виробництва. Розрахунок ефективності виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, виконували відповідно до умов виробництва традиційної фанери (склеєної карбамідоформальдегідним клеєм). Для визначення показників економічної ефективності виготовлення фанери розраховували затрати на фанерну сировину (кряжі), клейові матеріали, потреби в електроенергії та потреби у споживанні гарячої води. Для визначення екологічної ефективності, відповідно, розраховували затрати на річні викиди забруднювальних речовин, таких як формальдегід та аміак на дільницях приготування клею та нанесення клею на поверхню шпону у технології виготовлення фанери.

Економічна ефективність виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою. За економічну ефективність композитного матеріалу взято сукупність показників економії грошових ресурсів за результатами порівняння затрат, які виникають у процесі виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, замість традиційної фанери, склеєної карбамідоформальдегідним клеєм:

$$E_i = Z_i^{K\Phi} - Z_i^{PE}, \quad (1)$$

де: E_i – економічна ефективність фанери, склеєної термопластичною плівкою відповідно до i -тої затрати виробництва, грн; $Z_i^{K\Phi}$ – i -та затрата у виробництві традиційної фанери, грн; Z_i^{PE} – i -та затрата у виробництві фанери, склеєної термопластичною плівкою, грн.

Для встановлення ефективності фанери, склеєної термопластичною плівкою, вибрали затрати на фанерну сировину (кряжі), клейові матеріали, потреби в електроенергії та потреби у споживанні гарячої води, що є основними відмінностями під час виробництва досліджуваних видів продукції.

Затрати на фанерну сировину можна визначити за формулами:

- для традиційної фанери:

$$Z_{ср}^{K\Phi} = Q_{ср}^{K\Phi} \cdot B_{ср}, \quad (2)$$

- для фанери, склеєної термопластичною плівкою:

$$Z_{ср}^{PE} = Q_{ср}^{PE} \cdot B_{ср}, \quad (3)$$

де: $Q_{ср}^{K\Phi}$, $Q_{ср}^{PE}$ – відповідно витрата кряжа на виготовлення 1 м³ фанери, м³; $B_{ср}$ – вартість 1 м³ кряжа, грн.

Затрати на клейові матеріали можна визначити за формулами:

- для традиційної фанери:

$$Z_{кл}^{K\Phi} = Q_{кл}^{K\Phi} \cdot B_{кл}, \quad (4)$$

- для фанери, склеєної термопластичною плівкою:

$$Z_{кл}^{PE} = Q_{кл}^{PE} \cdot B_{кл}, \quad (5)$$

де: $Q_{кл}^{K\Phi}$, $Q_{кл}^{PE}$ – відповідно витрата клею та плівки на виготовлення 1 м³ фанери, кг/м³; $B_{кл}$, $B_{пл}$ – відповідно вартість 1 кг клею та плівки, грн.

Затрати клею у гривнях для виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, визначають відповідно до рецептури клею, тому формула визначення набуде такого вигляду:

$$Z_{кл}^{K\Phi} = Q_{см}^{K\Phi} \cdot B_{см} + Q_3^{K\Phi} \cdot B_3 + Q_n^{K\Phi} \cdot B_n, \quad (6)$$

де: $Q_{см}^{K\Phi}$, $Q_3^{K\Phi}$, $Q_n^{K\Phi}$ – відповідно витрата смоли, затверджувача та наповнювача, кг/м³; $B_{см}$, B_3 , B_n – відповідно вартість 1 кг смоли, затверджувача та наповнювача, грн.

Основні відмінності під час виробництва досліджуваних видів фанери зосереджені в затратах на потреби в електроенергії та у споживанні гарячої води на дільницях приготування клею і нанесення клею на поверхню шпону. Перевагою виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, є відсутність цих затрат, що цим самим позитивно впливає на економічну ефективність.

Затрати на потреби у гарячій воді на дільницях приготування клею та нанесення клею на поверхню шпону можна визначити за формулами:

- для традиційної фанери:

$$Z_{ГВ}^{K\Phi} = Q_{ГВ}^{K\Phi} \cdot B_{ГВ}, \quad (7)$$

- для фанери, склеєної термопластичною плівкою:

$$3_{ГВ}^{PE} = Q_{ГВ}^{PE} \cdot B_{ГВ} \rightarrow 0, \quad (8)$$

де: $Q_{ГВ}^{KF}$, $Q_{ГВ}^{PE}$ – відповідно витрати гарячої води на дільницях приготування клею (плівки) та нанесення клею (плівки) на поверхню шпону, м³/год; $B_{ГВ}$ – вартість 1 м³ води, грн.

Затрати на річну потребу у гарячій воді на дільницях приготування клею та нанесення клею на поверхню шпону для виготовлення традиційної фанери визначають відповідно до виду та кількості обладнання на дільницях, тому формула визначення набуде такого вигляду:

$$3_{ГВ}^{KF} = [Q_{KЗ}^{KF} + Q_{ЗСМ}^{KF} + Q_{МСМ}^{KF} + Q_{КВ}^{KF} + Q_{ГР}^{KF} + Q_{ВІТ}^{KF}] \cdot B_{ГВ}, \quad (9)$$

де $Q_{KЗ}^{KF}$, $Q_{ЗСМ}^{KF}$, $Q_{МСМ}^{KF}$, $Q_{КВ}^{KF}$, $Q_{ГР}^{KF}$, $Q_{ВІТ}^{KF}$ – відповідно витрата гарячої води на промивання клеєзмішувачів, місткості для зберігання смоли, мірника для смоли, клеєнаосних вальців, трубопроводів, ванни для миття посуду, м³/год.

Затрати на потреби у електроенергії на дільницях приготування клею та нанесення клею на поверхню шпону можна визначити за формулами:

- для традиційної фанери:

$$3_E^{KF} = Q_E^{KF} \cdot B_E, \quad (10)$$

- для фанери, склеєної термопластичною плівкою:

$$3_E^{PE} = Q_E^{PE} \cdot B_E \rightarrow 0, \quad (11)$$

де: Q_E^{KF} , Q_E^{PE} – відповідно витрати електроенергії на дільницях приготування клею (плівки) та нанесення клею (плівки) на поверхню шпону, кВт·год; B_E – вартість 1 кВт·год, грн.

Затрати на річну потребу в електроенергії на дільницях приготування клею та нанесення клею на поверхню шпону для виготовлення традиційної фанери визначають відповідно до виду та кількості обладнання на дільницях, тому формула визначення набуде такого вигляду:

$$3_E^{KF} = (Q_{KЗ}^{KF} + Q_{КВ}^{KF}) \cdot B_E, \quad (12)$$

де $Q_{KЗ}^{KF}$, $Q_{КВ}^{KF}$ – відповідно витрата електроенергії на роботу клеєзмішувачів та клеєнаосних вальців, кВт·год.

Із врахуванням формул (2), (6), (9), (12) загальні затрати у виробництві традиційної фанери (грн) визначимо за формулою

$$\begin{aligned} 3^{KF} &= 3_c^{KF} + 3_{кл}^{KF} + 3_{ГВ}^{KF} + 3_E^{KF} = \\ &= Q_{кр}^{KF} \cdot B_{кр} + (Q_{см}^{KF} \cdot B_{см} + Q_3^{KF} \cdot B_3 + Q_n^{KF} \cdot B_n) + \\ &+ (Q_{KЗ}^{KF} + Q_{ЗСМ}^{KF} + Q_{МСМ}^{KF} + Q_{КВ}^{KF} + Q_{ГР}^{KF} + Q_{ВІТ}^{KF}) \cdot B_{ГВ} + \\ &+ (Q_{KЗ}^{KF} + Q_{КВ}^{KF}) \cdot B_E. \end{aligned} \quad (13)$$

Із врахуванням формул (3) та (5) загальні затрати у виробництві фанери, склеєної термопластичною плівкою (грн), визначимо за формулою

$$3^{PE} = 3_c^{PE} + 3_{кл}^{PE} = Q_{кр}^{PE} \cdot B_{кр} + Q_{пл}^{PE} \cdot B_{пл}. \quad (14)$$

Після підстановки рівнянь (13) та (14) у рівняння (1) загальний вираз для обчислення економічної ефективності набуде такого вигляду:

$$\begin{aligned} E &= [Q_{кр}^{KF} \cdot B_{кр} + (Q_{см}^{KF} \cdot B_{см} + Q_3^{KF} \cdot B_3 + Q_n^{KF} \cdot B_n) + \\ &+ (Q_{KЗ}^{KF} + Q_{ЗСМ}^{KF} + Q_{МСМ}^{KF} + Q_{КВ}^{KF} + Q_{ГР}^{KF} + Q_{ВІТ}^{KF}) \cdot B_{ГВ} + \\ &+ (Q_{KЗ}^{KF} + Q_{КВ}^{KF}) \cdot B_E] - [Q_{кр}^{PE} \cdot B_{кр} + Q_{пл}^{PE} \cdot B_{пл}]. \end{aligned} \quad (15)$$

Витрату фанерної сировини на виготовлення досліджуваних видів фанери розраховано згідно з методикою [13]. Сировина для виробництва шпону надходить у вигляді кряжів породи береза за ціною 1680 грн/м³ [7]. Витрата кряжа для виготовлення фанери, склеєної

термопластичною плівкою, становить 2,28 м³, тоді як для виготовлення традиційної фанери – 2,22 м³. Вартість клейових матеріалів подано у табл. 1.

Табл. 1. Вартість клейових матеріалів

№ з/п	Вид клейових матеріалів	Вартість, грн/кг
1	Карбамідоформальдегідний клей (КФ-МТ-15):	
	– смола	8,68
	– затверджувач (NH ₄ Cl)	12,42
	– наповнювач (каолін)	4,48
2	Поліетиленова плівка ПЕНГ (140 мкм)	34,8

Враховуючи витрати кряжа для виготовлення фанери, склеєної карбамідоформальдегідним клеєм та термопластичною плівкою, затрати у грошовому еквіваленті на 1 м³ обрізної фанери становитимуть:

$$3_c^{KF} = 2,22 \cdot 1680 = 3729,6 \text{ грн}, \quad 3_c^{PE} = 2,28 \cdot 1680 = 3830,4 \text{ грн.}$$

Затрати сировини для виготовлення 10 тис. м³ фанери становитимуть 37,296,000 грн для виготовлення фанери, склеєної карбамідоформальдегідним клеєм та 38,304,000 грн – для фанери, склеєної термопластичною плівкою.

Для виготовлення 1 м³ обрізної фанери, склеєної карбамідоформальдегідним клеєм, затрати на клейові матеріали становитимуть:

$$3_{кл}^{KF} = 8,68 \cdot 79,74 + 12,42 \cdot 0,8 + 4,48 \cdot 1,59 = 709,20 \text{ грн},$$

$$3_{кл}^{PE} = 34,8 \cdot 74,23 = 2583,20 \text{ грн.}$$

Затрати клейових матеріалів для виготовлення 10 тис. м³ фанери становитимуть 7,092,000 грн для виготовлення фанери, склеєної карбамідоформальдегідним клеєм та 25,832,000 грн – для фанери, склеєної ПЕНГ.

Отже, впровадження нового клейового матеріалу (термопластичної плівки) у виготовлення фанери збільшує затрати на фанерну сировину на 100,8 грн/м³ через збільшення величини спресування пакетів шпону та клейовий матеріал на 1874,0 грн/м³. Затрати додаткових коштів на виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, є незначними, якщо враховувати той факт, що виготовлена фанера є нетоксичною.

Для того, щоб точно відповісти на питання, чи доцільно впроваджувати у виготовлення фанери використання термопластичної плівки, потрібно враховувати не менш важливі затрати у виробництві традиційної фанери, яких немає у разі склеювання пакетів шпону термопластичною плівкою. Саме тому, для визначення економічної ефективності фанери, склеєної термопластичною плівкою, було враховано затрати на потреби в електроенергії та в гарячій воді на дільницях приготування клею і нанесення його на поверхню шпону.

Гарячу воду у технологічному процесі виготовлення традиційної фанери на дільниці приготування клеїв та формування пакетів шпону використовують переважно для промивання обладнання, тари, а також для підігріву місткостей зі смолою. Річну витрату гарячої води визначають на підставі розрахункових даних виробничого споживання гарячої води [14]. Тариф на послугу з централізованого постачання гарячої води від ЛМКП "Львівтеплоенерго" для підприємств становить 74,33 грн/м³ води (без ПДВ) та 89,20 грн/м³ води (з ПДВ) [11]. Розрахунок затрат на потреби в гарячій воді для виготовлення традиційної фанери такий:

$$\begin{aligned} 3_{ГВ}^{KF} &= [86,4 + 1152 + 720 + 74880 + 74880 + 74880] \cdot 89,2 = \\ &= 20212577,28 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Основними споживачами електроенергії на дільниці приготування клею та нанесення клею на поверхню шпону є клеєзмішувачі та клеєнаносні вальці. Тариф на електроенергію від ПРАТ "Львівобленерго" для підприємств становить 133,61 грн/МВт·год (без ПДВ) та 160,33 грн/МВт·год (з ПДВ) [12]. Результати розрахун-

ків затрат на потреби в електроенергії для виробництва традиційної фанери такі:

$$Z_E^{KF} = (159,67 + 13,478) \cdot 160,33 = 27760,82 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків економічної ефективності виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, подано у табл. 2.

Табл. 2. Результати розрахунків економічної ефективності виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою

Стаття витрат	Традиційна фанера	Фанера, склеєна термопластичною плівкою	Ефективність річного виготовлення фанери, грн
Затрати на фанерну сировину, грн	37,296,000	38,304,000	-1008000,00
Затрати на клейові матеріали	7,092,000	25,832,000	-18740000,00
Затрати на потреби у гарячій воді	20212577,28	0	+20212577,28
Затрати на потреби в електроенергії	27760,82	0	+27760,82

Згідно з виконаними економічними розрахунками затрат на виготовлення досліджуваних видів фанери, економічна ефективність становитиме

$$E = 64628337,56 - 64136000,0 = 492337,56 \text{ грн.}$$

Отже, економія коштів на затрати для виготовлення 10 тис. м³/рік фанери, склеєної ПЕНГ, становить 492337,56 грн.

Екологічна ефективність виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою. Важливим фактором, який впливає на якість виготовлення фанери та подальше її застосування, є екологічність. У виробництві фанери, склеєної карбамідоформальдегідним клеєм, виділяються шкідливі сполуки, які впливають на навколишнє середовище та стан здоров'я людини. Тому кожне підприємство щорічно виплачує збори за викиди небезпечних речовин.

За екологічну ефективність композитного матеріалу взято сукупність показників економії грошових ресурсів за результатами порівняння затрат на збори за викиди в атмосферу забруднювальних речовин у процесі виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, замість традиційної фанери, склеєної карбамідоформальдегідним клеєм:

$$E_k = Z_k^{KF} - Z_k^{PE} \quad (16)$$

де: E_k – екологічна ефективність фанери, склеєної термопластичною плівкою відповідно до k -тої затрати виробництва, грн; Z_k^{KF} – k -та затрата на збори за викиди в атмосферу забруднювальних речовин у процесі виготовлення традиційної фанери, грн; Z_k^{PE} – k -та затрата на збори за викиди в атмосферу забруднювальних речовин у процесі виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, грн.

Розмір платежу за викиди в атмосферу забруднювальних речовин стаціонарними джерелами забруднення визначають за формулами:

- для традиційної фанери:

$$Z_B^{KF} = Q_B^{KF} \cdot B_B, \quad (17)$$

- для фанери склеєної термопластичною плівкою:

$$Z_B^{KF} = Q_B^{KF} \cdot B_B, \quad (18)$$

де: Q_B^{KF} , Q_B^{PE} – відповідно об'єм викидів забруднювальних речовин на дільницях приготування клею (плівки) та нанесення клею (плівки) на поверхню шпону, т/рік; B_B – вартість 1 т викидів, грн.

Затрати на річні викиди забруднювальних речовин на дільницях приготування клею та нанесення клею на поверхню шпону для традиційної фанери визначають відповідно до виду клейового матеріалу, тому формула визначення набуде такого вигляду:

$$Z_B^{KF} = Q_B^{KF} \cdot B_B + Q_A^{KF} \cdot B_A, \quad (19)$$

де: Q_B^{KF} , Q_A^{KF} – відповідно річні викиди формальдегіду та аміаку, т/рік; B_B , B_A – відповідно вартість 1 т викидів формальдегіду та аміаку, грн.

Фанера, склеєна термопластичною плівкою, є екологічно чистим деревинним композитом, тому підприємство не сплачуватиме за викиди формальдегіду та аміаку в атмосферу, і відповідно, відпадає потреба у встановленні очисних споруд та їх обслуговування, що несе досить великі матеріальні затрати.

Після підстановки рівняння (19) у рівняння (16) загальний вираз для обчислення екологічної ефективності набуде такого вигляду:

$$E = Q_B^{KF} \cdot B_B + Q_A^{KF} \cdot B_A. \quad (20)$$

У виробництві традиційної фанери вільний формальдегід та аміак виділяються на відповідних етапах технологічного процесу у такому відсотковому співвідношенні: на дільниці від клеєнаносних верстатів до гідравлічного пресу – 25 %, на дільниці гарячого пресування – 75 %, на дільниці технологічної витримки – 10 % [3]. З цієї кількості забруднювальної речовини, що утворюється, неорганізовані викиди в атмосферу становлять 10 %, а організовані – 90 %. Платіж з викидів забруднювальних речовин в атмосферу, визначений у грошовому виразі, розраховують згідно зі ставкою податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднювальних речовин стаціонарними джерелами забруднення [15]. Ставка податку в поточному році за тону забруднювальної речовини формальдегіду становить 6070,39 грн/т, для аміаку – 459,85 грн/т.

Затрати на річні викиди забруднювальних речовин на дільницях приготування клею та нанесення клею на поверхню шпону для виготовлення традиційної фанери обсягом 10 тис. м³/рік становитимуть:

$$E = 0,49 \cdot 6070,39 + 0,60 \cdot 459,85 = 3250,40 \text{ грн.}$$

Отже, підприємство буде економити за рік 3250,40 грн, окрім цього не будуть затратати значні кошти на обслуговування очисних споруд.

З урахуванням економічної та екологічної ефективності виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, загальну ефективність виготовлення визначатимуть за формулою

$$E = \sum_{k=1}^n E_k, \quad (21)$$

де $\sum_{k=1}^n E_k$ – сума економічної та екологічної ефективностей технологічного процесу, грн., яка становить

$$E = 492337,56 + 3250,40 = 495587,96 \text{ грн.}$$

Висновки. За виконаними розрахунками ефективності виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, встановлено, що економія коштів на затрати для виготовлення 10 тис. м³/рік фанери становить 495587,96 грн. Для фанери, склеєної термопластичною плівкою, затрати на етапі виробництва є меншими порівняно з традиційною фанерою на 0,77%. Окрім цього, у технології виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, немає затрат на викиди небезпечних сполук у навколишнє середовище на найшкідливіших дільницях виробництва, що підтверджується екологічною ефективністю виробництва деревинного композиту, яка становить 3250,40 грн/рік. Цей факт свідчить про екологічність виробництва деревинного композиту, склеєного термопластичною плівкою, та кінцевої продукції.

Результати досліджень доводять актуальність виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою. Однак потрібно враховувати, що запропонований спосіб виготовлення фанери, склеєної термопластичною плівкою, замість рідкого синтетичного клею дає змогу скоротити цикл виготовлення композитних матеріалів (відсутність операції приготування рідкого клею), підвищити культуру виробництва, відпадає потреба в чищенні обладнання для нанесення клею (за його відсутності) та в кінцевому результаті – виготовити екологічно чисту продукцію.

References

1. Bekhta, P. & Sedliačik, J. (2019). Environmentally-Friendly High-Density Polyethylene-Bonded Plywood Panels. *Polymers (Basel)*, 11(7): 1166, 1–21. <https://doi.org/10.3390/polym11071166>
2. Bekhta, P., & Kusniak, I. (2018). Thermoplastic polymers in the production of plywood products: advantages, opportunities and perspectives of application. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 16, 131–140. <https://doi.org/10.15421/411815>
3. Bugrim, M. V. (2016). Guidelines for practical work in the discipline "Cleaning and recovery of industrial emissions of processing plants". Dnipro, 36 p. [In Ukrainian].

4. Caulfield, D., Clemons, C., & Rowell, R. M. (2010). Wood thermoplastic composites. Chapter 6. Sustainable development in the forest products industry: eds Roger M Rowell Fernando Caldeira Judith K. Rowell-Porto *Edições Universidade Fernando Pessoa*, 141–161. Retrieved from: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2010/fpl_2010_caulfield001.pdf
5. Climenhage, D. (2003). Recycled Plastic Lumber. A strategic Assessment of its production, use and future prospects. Ontario, 42 p. Retrieved from: <http://docshare02.docshare.tips/files/28134/281342686.pdf>
6. Cui, T., Song, K., Zhang, S. (2010). Research on utilizing recycled plastic to make environment-friendly plywood. *Forestry Studies in China*, 2(4), 218–222. <https://doi.org/10.1007/s11632-010-0401-y>
7. Exchange. (2009). *Exchange bulletin of the Kiev agroindustrial exchange*. Retrieved from: http://www.visnik.kiev.ua/ukr/aukcii-on_les_rezult.html. [In Ukrainian].
8. FAO. (2019). Yearbook of Forest Products 2017. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/ca5703m/ca5703m.pdf>
9. Gardner, D. J., & Han, Y. (2010). Towards structural wood plastic composites: technical innovations. *Proceedings of the 6th meeting of the Nordic-Baltic network in wood material science and engineering (WSE)*. Tallinn, Estonia, 7–22. Retrieved from: https://www.academia.edu/1282604/Treatability_variation_of_Scots_pine_heartwood_from_northern_Europe
10. Groger, H. P., Kamke, F. A., & Churchill, R. J. (1995). U. S. Patent № 5,415,943. American Research Corporation of Virginia, Radford.
11. LCME "Lvivteploenergo". (2019). *Current tariffs for thermal energy from 01.01.2019*. Retrieved from: <http://lte.lviv.ua/?catalog=1356>. [In Ukrainian].
12. Ministry. (2019). *Ministry of Finance. Electricity tariffs for businesses*. Retrieved from: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/>. [In Ukrainian].
13. Salabai, R. G., Kozak, R. O., & Manzi, S. O. (2005). Calculation of raw materials in the technology of glued materials: a method. decree. to practice. works. Lviv, 39 p. [In Ukrainian].
14. Saldan, R. Y., Salabai, R. G., February, P. V., & Shepelyuk, O. O. (2013). Methodical instructions for practical work in the course "Designing the production of chemical wood processing technology". Lviv, 76 r. [In Ukrainian].
15. State Fiscal Service of Ukraine. (2019). *Rates of tax for atmospheric emissions of certain pollutants by stationary sources of pollution*. Retrieved from: <http://sfs.gov.ua/>. [In Ukrainian].

I. I. Kusniak

Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

EFFICIENCY OF THE GLUED PLYWOOD PRODUCTION WITH THERMOPLASTIC FILM

Wood composite material received by using a thermoplastic film instead of liquid glue meets the requirements of EN 314-2 standard and practically does not contain free formaldehyde. Therefore, the glued plywood production with thermoplastic film allows to reduce the toxicity of wood composites and improve the environment. However, the efficiency of such plywood production has not been studied. Consequently, efficiency of the glued plywood production with thermoplastic film is investigated in this article. The efficiency of the plywood production considered to be a complex of the economic and environmental efficiency by results of saving money and by cost comparison during the glued plywood production with thermoplastic film instead of traditional plywood. Using of the thermoplastic film in the plywood production increases the plywood raw materials and glue material costs is identified. The main differences during production of the studied types of plywood are the electricity requirements costs, hot water costs in the areas of glue preparation and applying it to the veneer surface and emission charges of the dangerous compounds into the environment are identified. The highest consumption of the water is carried out at the areas where the glue is prepared and applied to the veneer surface is found out. The electricity costs at the respective areas are also significant. One of the main factors in the plywood production is the dangerous compounds emissions into the environment and the reason of that is the using of thermoplastic glues is found out. Using of thermoplastic films in the plywood production rejects the need for formation of treatment facilities and annual formaldehyde and ammonia emission charge. Despite the production costs of the plywood raw materials and glue material, the glued plywood production with thermoplastic film is more economical than the traditional plywood production. In addition, the environmental friendliness of the product increases its competitiveness over traditional plywood. However, it should be considered that the proposed method of the plywood production increases the production productivity due to the absence of labor-intensive operation, provides a high degree of the atmospheric air purity to ensure the quality working conditions of employees and the environmental friendliness of finished products which is non-toxic even during operation, thereby expanding further use.

Keywords: resin; glue; polymer; raw; resources; costs.