

## ДОСЛІДЖЕННЯ І РАНЖУВАННЯ СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНОЇ ТРІСКИ З ПОРУБКОВИХ ЗАЛИШКІВ

Думич В.,

<https://orcid.org/0000-0002-7813-5437>

Львівська філія УкрНДІПВТ Л. Погорілого

Крупич О., канд. техн. наук,

<https://orcid.org/0000-0002-5634-8116>

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнології

### Анотація

**Метою** досліджень є оцінка ефективності техніко-технологічних рішень виробництва тріски з порубкових залишків.

**Методи.** Дослідження проводились в умовах Малого Полісся України, на зрубках, де проведена суцільна рубка із застосуванням комплексу машин харвестер+форвардер. Визначалася ефективність восьми варіантів виробництва тріски з порубкових залишків із використанням трьох типів деревоподрібнювальних машин: «DP 660 TC» із ручною подачею матеріалу, «Farmi CH-27ACC» із механізованою подачею біомаси та «Skorpion 350 RBP» – комбінованої машини на базі шасі причепа з бункером для тріски і механізованою подачею матеріалу.

**Результати.** Найвищу продуктивність за змінним часом (4,02-7,93 т/год.) одержано за виробництва тріски на площадках біля лісової дороги та у споживача. За поточкових способів виробництва тріски на зрубках продуктивність знаходилася в інтервалі 1,27-3,05 т/год. Щодо перевалочних способів виробництва тріски на базі комбінованої машини (деревоподрібнювача-трісковоза) «Skorpion 350 RBP» слід відзначити, що його продуктивність становила 1,92-3,45 т/год. і залежала від відстані перевезення тріски до місця вивантаження. Продуктивність та ефективність деревоподрібнювачів значною мірою залежить від технології виробництва тріски і застосовуваних для його реалізації машин.

**Висновки.** Найбільш раціональними з техніко-економічної точки зору є технологічні комплекси на базі деревоподрібнювача «Farmi CH-27ACC» у різних технологічних варіаціях. Для котелень потужністю 1-2 МВт перспективною виявилася система машин для потокової технології, а для котелень потужністю 4-5 МВт – для виробництва тріски на майданчиках біля лісової дороги та у споживача. Термін окупності комплексів машин становить 3,0-3,3 роки.

Для котелень потужністю до 1 МВт-год ефективним є впровадження системи машин на базі деревоподрібнювача «DP 660 TC», термін окупності якої становить 3,7 роки.

Застосування «Skorpion 350 RBP» у поточкових технологіях заготівлі тріски є економічно недоцільним. Ефективність системи машин на базі цього деревоподрібнювача виявляється у перевалочній технології з транспортуванням тріски на узбіччя ділянки на відстань 0,2 км та у технології переробки деревини на придорожній площадці. Термін окупності системи машин – 6,6-7,5 років.

**Ключові слова:** порубкові залишки, деревна тріска, подрібнювач деревини, система машин, продуктивність, ефективність.



**Вступ.** Деревна тріска є місцевим відновлюваним ресурсом, що дає виробникам тепла змогу (за умови переоснащення котелень і ТЕЦ на цей вид палива) бути незалежними від постачання традиційних енергоресурсів (природного газу, вугілля тощо). Тріску отримують із порубкових залишків, решток догляду за лісовими насадженнями, відходів лісопиляння та фрагментів деревини, непридатних для іншого застосування. Тріска є мінімально обробленим матеріалом, вона доступна за вартістю для теплогенерувальних підприємств [Murphy et al., 2014; Moskalik & Gendek, 2019].

Окрім того, за умови використання тріски як палива можна досягнути нульового рівня викидів в атмосферу, що актуально в контексті пом'якшення екстремальних погодних явищ і наслідків глобальних кліматичних змін [Kuusmanen et al., 2020]. Відтак обсяги використання твердого біопалива з деревини як джерела енергії зростатимуть протягом найближчих років не тільки завдяки екологічній політиці Європейського Союзу (ЄС), але й тому, що воно доступне у всіх країнах ЄС [Álvarez et al., 2015]. Директива (ЄС) 2023/2413 Європейського парламенту та Ради від 18 жовтня 2023 р. визначає ціль щодо відновлюваної енергії на рівні щонайменше 42,5% до 2030 р. [The European parliament..., 2023].

Згідно з Директивою про відновлювані джерела енергії (RED), лісова біомаса повинна становити 20% відновлюваної енергії [IINAS, EFI, JR, 2014]. До того ж, поточна геополітична ситуація, агресивна політика Росії зумовлює підвищення стратегічного значення лісової біомаси як альтернативи для переходу на відновлювані джерела енергії [The European parliament..., 2023; Kożuch et al., 2024].

Вагомим ресурсом лісової біомаси для виробництва паливної тріски є порубкові залишки. Цей вид біомаси накопичується на лісосіках, які зазвичай розташовані в умовах пересічної місцевості у віддалених місцях, що ускладнює заготівлю та доставку палива до споживачів [Kühmaier

& Erber, 2018]. Це спонукає до розробки та впровадження ефективних технологій і комплексів машин виробництва палива з порубкових залишків [EUBIA, 2025].

**Постановка завдання.** Для України використання відновлюваних місцевих біопаливних ресурсів є запорукою енергетичної безпеки держави, що дасть змогу мінімізувати ризики від руйнування агресором магістральних систем і джерел постачання викопного палива [Коченков & Омельченко, 2022]. Значна кількість вітчизняних ТЕЦ і котелень на біомасі працюють на деревній трісці.

Важливим джерелом місцевого палива є порубкові рештки як сировина для виробництва деревної тріски. Доступний для енергетичного використання обсяг порубкових залишків становить 2,20 млн м<sup>3</sup>/рік (близько 1,43 млн. т/рік) [Гелетуша та ін., 2018 а].

У світовій практиці деревну тріску з порубкових залишків заготовляють за декількома технологіями, які різняться місцем подрібнення і застосовуваними системами машин для транспортування порубкових залишків, тріски і подрібнювання деревини.

В європейських країнах основний обсяг тріски з порубкових залишків виготовляється на майданчиках біля лісових доріг [Ranta & Rinne, 2006; Kärhä, 2011]. Ряд науковців вважають, що заготівля тріски на лісосіці є найбільш ефективним варіантом виробництва цього виду біопалива з порубкових залишків [Ryżński & Jabłoński, 2014; Spinelli et al., 2014]. Інші стверджують, що необроблену біомасу доцільно транспортувати на відстані до 30 км і перетворювати на тріску на майданчиках споживача [Piszczalka et al., 2007; Gołos & Kaliszewski, 2015].

Донедавна в Україні лісосічні відходи практично не використовуються для виробництва біопалива [Гелетуша та ін., 2018 б], відтак проблематиці їхньої переробки на тріску не приділялося належної уваги. Окремі аспекти техніко-технологічних рішень виробництва тріски з порубкових залишків висвітлено в працях вітчизняних

науковців [Драгнєв, 2023; Думич & Крупич, 2025 а; 2025 б]. Тому метою досліджень є оцінка ефективності техніко-технологічних рішень виробництва тріски з порубкових залишків.

**Методи і матеріали.** Дослідження проводилися в умовах Малого Полісся України на зрубках, де проведена суцільна рубка із застосуванням комплексу машин харвестер+форвардер. Зруби характеризувалися слаборозчленованою, переважно рівною поверхнею з невеликими горбами та неглибокими балками. Кількість порубкових залишків на площі – 35 м<sup>3</sup>/га. Обсяг порубкових залишків в одній купі – 0,7 м<sup>3</sup>. Відстань переїзду до лісосіки становила 10 км, у тому числі від зрубу до лісової дороги – 3 км, лісовою і магістральною дорогами – 7 км.

У ході виконання роботи оцінювалися вісім техніко-технологічних варіантів і систем машин для заготівлі тріски з порубкових залишків та її доставки до споживача на базі деревоподрібнювачів трьох типів – «DP 660 TC», «Farmi CH27ACC» та «Skorpion 350 RBP», які різняться комплектацією, конструкційним виконанням робочих органів, способом подачі матері-

алу на подрібнення, технічними параметрами тощо.

Системи машин формувалися згідно з передбачуваним варіантом виробництва тріски технологічних операцій. Номенклатура і кількість допоміжних машин (причіпів-трісковозів, лісових причіпів для збирання і перевезення порубкових залишків і навантажувачів) підбиралася за їхньою продуктивністю таким чином, щоб забезпечити безперебійну роботу основної машини – деревоподрібнювача.

У процесі роботи досліджувалися тракторні причіпи «2ПТС-4,5» та «2ПТС-6», оснащені надставними бортами, причіп-лісовоз «ПЛ-4» для збирання і перевезення біомаси, оснащений платформою з гідравлічно керованими стійками та маніпулятором, фронтальний навантажувач «Metal-Fach T-229D», обладнаний ковшем місткістю 1,2 м<sup>3</sup>.

Схема досліджень включала в себе три варіанти потокового способу виробництва тріски, два варіанти перевалочного способу виробництва тріски, два варіанти виробництва тріски на придорожній площадці і один на майданчику споживача (табл. 1).

**Таблиця 1 – Схема проведення досліджень**

Техніко-технологічна схема, технологічні операції	Склад агрегату, обслуговуючий персонал
1	2
<b>Варіант 1.1 (потоковий спосіб із ручною подачею маси в камеру подрібнення)</b>	
Підготовки порубкових залишків, їхня подача у приймальний отвір подрібнювальної камери	Бензопила «Stihl MS 231» (2 шт.) Два робітники-бензопильщики Два допоміжні робітники
Подрібнення біомаси, завантаження тріски в кузов	Трактор «КІЙ 14820» + деревоподрібнювач «DP 660 TC» + причіп «2ПТС-4,5»
Транспортування тріски до споживача	Трактор «КІЙ 14820» + причіп «2ПТС-4,5»
<b>Варіант 1.2 (потоковий спосіб із механічною подачею маси на подрібнення)</b>	
Підбирання, подрібнення біомаси, завантаження тріски в кузов	Трактор ЛТ-105 «Solis» + деревоподрібнювач «Farmi CH-27ACC»
Робота в агрегаті з деревоподрібнювачем і транспортування тріски до споживача	Трактор «КІЙ 14820» + причіп «2ПТС-4,5»
<b>Варіант 1.3 (потоковий спосіб, комбінованим деревоподрібнювачем)</b>	
Підбирання, подрібнення порубкових залишків, транспортування тріски до споживача	Трактор ЛТ-105 «Solis» + деревоподрібнювач «Skorpion 350 RBP»

Продовження табл. 1

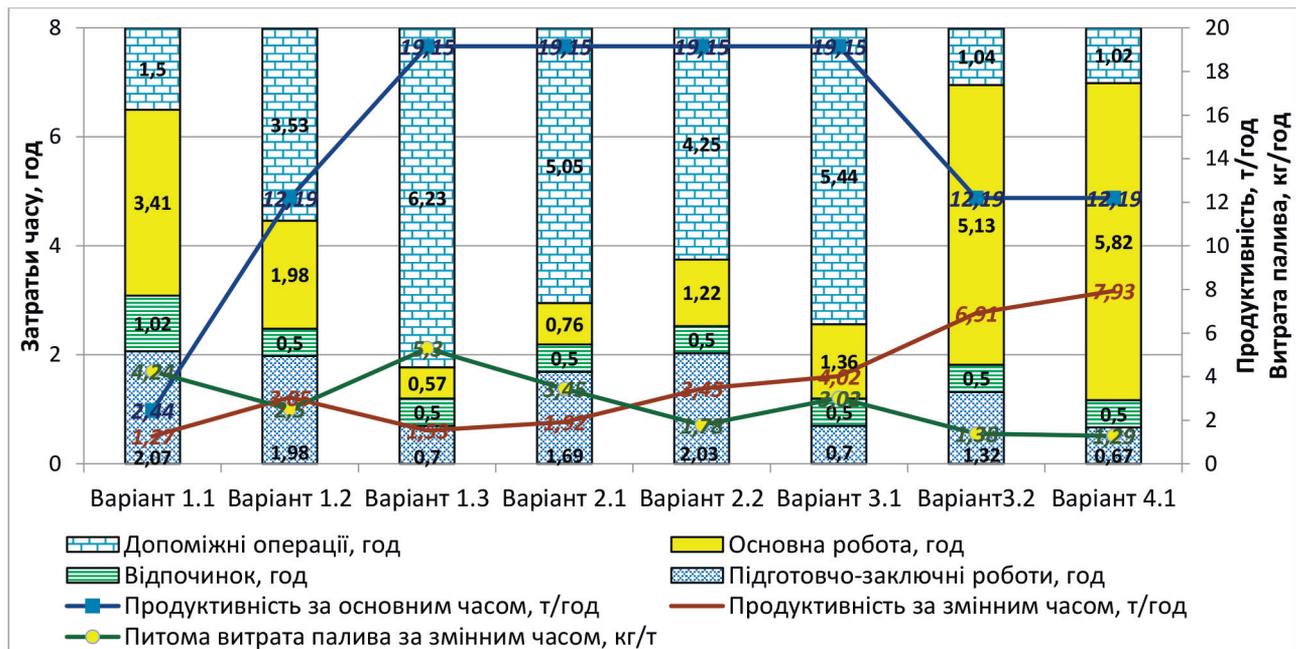
1	2
<b>Варіант 2.1 (перевалочний спосіб із транспортуванням тріски на узбіччя лісової дороги комбінованим деревоподрібнювачем)</b>	
Підбирання, подрібнення порубкових залишків, транспортування тріски на узбіччя лісової дороги	Трактор ЛТ-105 «Solis» + деревоподрібнювач «Skorpion 350 RBP»
Навантаження тріски в кузов причіпа	Трактор «КІЙ 14820» + фронтальний навантажувач «Metal-Fach T-229D»
Транспортування тріски до споживача	Трактор «КІЙ 14820» + причіп «2ПТС-6»
<b>Варіант 2.2 (перевалочний спосіб із транспортування тріски на майданчик скраю лісосіки)</b>	
Підбирання, подрібнення порубкових залишків, транспортування тріски на узбіччя лісосіки	Трактор ЛТ-105 «Solis» + деревоподрібнювач «Skorpion 350 RBP»
Завантаження тріски в кузов транспортного засобу	Трактор «КІЙ 14820» + фронтальний навантажувач «Metal-Fach T-229D»
Транспортування тріски до споживача	трактор КІЙ 14820 + причіп 2ПТС-6
<b>Варіант 3.1 (виробництво тріски на придорожному майданчику з транспортуванням до споживача комбінованим деревоподрібнювачем)</b>	
Підбирання, перевезення на відстань 3 км та укладання у кагати порубкових залишків на придорожній площадці	Трактор ЛТ-105 «Solis» + лісовий причіп «ПЛ-4»
Подача, подрібнення деревини з навантаження тріски в кузов. Перевезення тріски на відстань 7 км	Трактор ЛТ-105 «Solis» + деревоподрібнювач «Skorpion 350 RBP»
<b>Варіант 3.2 (виробництво тріски на придорожному майданчику)</b>	
Підбирання, перевезення на відстань 3 км та укладання порубкових залишків у кагати на придорожній площадці	Трактор ЛТ-105 «Solis» + лісовий причіп «ПЛ-4»
Подрібнення порубкових залишків і завантаження тріски в кузов	Трактор ЛТ-105 «Solis» + деревоподрібнювач «Farmi CH-27ACC»
Транспортування тріски до споживача	Трактор «КІЙ 14820» + причіп «2ПТС-6»
<b>Варіант 4.1 (виробництво тріски на майданчику споживача)</b>	
Підбирання, перевезення та укладання порубкових залишків у кагати на майданчику споживача	трактор ЛТ-105 «Solis» + лісовий причіп «ПЛ-4»
Подрібнення біомаси та вивантаження тріски на площадку	Трактор ЛТ-105 «Solis» + деревоподрібнювач «Farmi CH-27ACC»
Формування кагатів тріски для її зберігання	Трактор «КІЙ 14820» + фронтальний навантажувач «Metal-Fach T-229D»

Визначення експлуатаційно-технологічних та економічних показників виконувалося за стандартизованими методами, застосовуваними під час випробувань і досліджень машин.

Статистичну обробку результатів досліджень проведено за загальноприйнятими традиційними у лісівництві та рослинництві методиками.

**Результати.** За результатами оцінювання встановлено, що змінна продуктивність деревоподрібнювачів за різних техніко-технологічних схем виробництва тріски з порубкових залишків варіювалася в межах від 1,27 до 7,93 т/год. (рис. 1).

Вищі показники продуктивності виробництва тріски (4,02-7,93 т/год.) одержано за подрібнення порубкових залиш-



**Рисунок 1** – Показники експлуатаційно-технологічної оцінки деревоподрібнювальних машин для виробництва тріски з порубкових залишків

ків на майданчиках біля лісової дороги та у споживача (варіанти 3.1, 3.2, 4.1). За цих техніко-технологічних схем деревоподрібнювачі виконували переробку порубкових залишків із кагатів, сформованих лісовими причіпами для біомаси. Відтак зникла потреба у переїздах лісосікою, що призвело до збільшення тривалості основної роботи подрібнювального пристрою і коефіцієнта використання змінного часу.

За потокових способів виробництва тріски на зрубах (варіанти 1.1, 1.2, 1.3) значні затрати часу на підготовчо-заклучні, (технічне і технологічне обслуговування, переїзди з місця стоянки до лісосіки, переведення з транспортного положення в робоче і навпаки) та допоміжні операції (переїзди між купами порубкових залишків і переведення гідроманіпулятора з транспортного положення в робоче і навпаки, очікування зміни причіпа) спричинили зменшення тривалості основної роботи, а відтак і продуктивності за змінним часом до 1,27-3,05 т/год. У потокових технологіях виробництва тріски застосовувалися два типи машин: деревоподрібнювач і причіпи-трісковози.

Щодо перевалочних способів виробництва тріски з порубкових залишків на базі комбінованої машини (деревоподріб-

нювача-трісковоза) «Skorpion 350 RBP» слід відзначити, що його продуктивність залежала від відстані транспортування тріски. Так, за транспортування тріски на майданчику скраю лісосіки на відстань 0,2 км продуктивність деревоподрібнювача становила 3,45 т/год., а за перевезення на придорожній майданчик на відстань 3 км зменшилася до 1,92 км. Для навантаження і перевезення тріски до споживача застосовувалися навантажувачі та причіпи-трісковози.

Відтак за даними досліджень встановлено, що продуктивність і ефективність деревоподрібнювачів значною мірою залежить від технології виробництва тріски і застосовуваних для його реалізації машин.

У ході виконання роботи проведено оцінювання ефективності різних технологій заготівлі та переробки порубкових залишків із отриманням паливної тріски. Результати систематизовано відповідно до потужностей котелень, які можуть бути забезпечені виробленим біопаливом.

Для забезпечення роботи котелень потужністю до 1 МВт ефективною є технологія на базі деревоподрібнювача «DP 660 TC». Продуктивність машини становила 1,27 т/год., а річний обсяг виробництва

паливної тріски – 1096 т, що відповідає енергетичному потенціалу 3726 МВт·год. Цей обсяг тріски можна заготовити на зрубках площею 43,8 га (за площі лісових наса-

джень 3500 га). Термін окупності системи машин – 3,7 років, що підтверджує її економічну ефективність при роботі в умовах обмеженої сировинної бази (табл. 2).

**Таблиця 2 – Ранжування систем машин для виробництва палива відповідно до потужності котелень**

Діапазон потужності котельні, МВт·год.	Варіант дослід (система машин)	Значення показника				
		Характерні особливості комплексу машин і технології	Собівартість тріски, грн./т	2Економічний ефект1, грн./т	Річний обсяг виробництва тріски, т	Термін окупності капіталовкладень, рік
1	2	3	4	5	6	7
до 1	<b>Варіант 1.1 (потокова технологія)</b> Трактор «КІЙ 14820» (2 шт.) <b>Подрібнювач «DP 660 TC»</b> Причіп «2ПТС-4,5» (2шт.) Бензопила «Stihl MS 291» (2 шт.) Капіталовкладення на систему машин – 2785,40 тис. грн.	<i>Машина належить до мобільних подрібнювачів середнього класу. Подача матеріалу на подрібнення виконується вручну. Значні затрати праці на одиницю продукції.</i>	1813	687	1096	3,7
	<b>Варіант 1.3 (потокова технологія)</b> Трактор ЛТ-105 «Solis» <b>Подрібнювач «Skorpion 350 RBP»</b> Капіталовкладення на систему машин – 5172,00 тис. грн.	<i>Подрібнювач належить до комбінованих машин, які можуть виробляти і транспортувати тріску. Значні затрати часу на перевезення тріски до споживача суттєво вплинули на ефективність процесу. Машини цього типу недоцільно використовувати в поточних технологіях заготівлі тріски з порубкових залишків. Термін окупності термін служби перевищує машин</i>	2352	148	1224	28,6
1-2	<b>Варіант 1.2 (потокова технологія)</b> Трактор ЛТ-105 «Solis» Трактор «КІЙ 14820» (4 шт.) <b>Подрібнювач «Farmi CH-27ACC»</b> Причіп «2ПТС-4,5» (4шт.) Капіталовкладення на систему машин – 7032,00 тис. грн.	<i>Доцільність застосування подібних машин при наявності регулярних лісосічних залишків за проведення рубок головного користування на площі 100 га (наявності лісових масивів площею 7500-8000 га)</i>	1608	892	2440	3,2

## Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
1-2	<b>Варіант 2.2 (перевалочна технологія з транспортуванням тріски на придорожній майданчик)</b> Трактор ЛТ-105 «Solis» Трактор «КІЙ 14820» (4 шт.) <b>Подрібнювач «Skorpion 350 RBP»</b> Навантажувач «Metal-Fach T-229D» Причіп-трісковоз «2ПТС-6» (3шт.) <b>Капіталовкладення на систему машин - 10229,20 тис. грн.</b>	<i>Значні затрати часу на перевезення тріски на відстань 3 км суттєво вплинули на ефективність процесу. Машини недоцільно використовувати в перевалочних технологіях із транспортуванням тріски понад 1 км. Система машин не окупиться впродовж терміну експлуатації</i>	2422	78	1536	85,4
2-3	<b>Варіант 2.1 (перевалочна технологія з транспортуванням тріски на майданчик скраю лісосіки)</b> Трактор ЛТ-105 «Solis» Трактор «КІЙ 14820» (6 шт.) <b>Подрібнювач «Skorpion 350 RBP»</b> Навантажувач «Metal-Fach T-229D» Причіп-трісковоз «2ПТС-6» (5шт.) <b>Капіталовкладення на систему машин - 12759,60 тис. грн.</b>	<i>Комбінований подрібнювач може бути ефективним у перевалочних технологіях із транспортуванням тріски на узбіччя ділянки на відстань 0,2-0,3 км та у складі системи машин для виробництва тріски на придорожньому майданчику.</i>	1795	705	2760	6,6
	<b>Варіант 3.1 (технологія виробництва тріски на придорожньому майданчику)</b> Трактор ЛТ-105 «Solis» (3 шт.), Причіп лісовоз «ПЛ-4» (2 шт.) <b>Подрібнювач «Skorpion 350 RBP»</b> <b>Капіталовкладення на систему машин - 10844,00 тис. грн.</b>		2049	451	3216	7,5
4-5	<b>Варіант 3.2 (технологія виробництва тріски на придорожньому майданчику)</b> Трактор ЛТ-105 «Solis» (4 шт.) Трактор «КІЙ 14820» (3 шт.) <b>Подрібнювач «Farmi CH-27ACC»</b> Причіп лісовоз «ПЛ-4» (3 шт.) Причіп «2ПТС-6» (3шт.) <b>Капіталовкладення на систему машин - 15765,60 тис. грн.</b>	<i>Комплекс машин на базі деревоподрібнювача забезпечує високу продуктивність та ефективність виробництва тріски у технологіях - придорожньому майданчику та площадці та в споживача. Доцільність застосування таких машин при наявності регулярних лісосічних залишків (наявності лісових масивів площею 17500-20000 га).</i>	1554	946	5528	3,0
	<b>Варіант 4.1 (технологія виробництва тріски на майданчику споживача)</b> Трактор ЛТ-105 «Solis» (5 шт.), Трактор «КІЙ 14820» <b>Подрібнювач «Farmi CH-27ACC»</b> Причіп лісовоз «ПЛ-4» (4 шт.) Навантажувач «Metal-Fach T-229D» <b>Капіталовкладення на систему машин - 6067,60 тис. грн</b>		1732	768	6344	3,3

<sup>1</sup> ціна паливної тріски – 1800-3600 грн./т [Олійник, 2023; Коцупей, 2024; Настільні книги, 2025]. Економічний ефект розраховано за ціни тріски 2500 грн./т

Подрібнювач «Skorpion 350 RBP» установлений на шасі причіпа з кузовом місткістю 16 м<sup>3</sup>. Використовуючи його у потокових технологіях заготівлі тріски на зрубках, можна виробити 1224 т біопалива (4142 МВт·год), що достатньо для забезпечення котелень потужністю 0,96 МВт. Однак значні затрати часу на перевезення тріски до споживача (на відстань 10 км) суттєво вплинули на продуктивність роботи і ефективність машини. Термін окупності машини – понад 20 років. Відтак машини цього типу недоцільно використовувати в потокових технологіях заготівлі тріски з порубкових залишків.

Для котелень потужністю 1-2 МВт перспективною є потокова технологія виробництва тріски на зрубках на базі деревоподрібнювача «Farmi СН-27АСС». Річний обсяг виробництва тріски – 2440 т (8296 МВт·год енергії), що достатньо для роботи в опалювальний сезон котельні потужністю 1,92 МВт. Капіталовкладення на систему машин становлять 7032 тис. грн. Термін окупності інвестицій – 3,2 роки.

Застосування перевалочної технології на базі машини «Skorpion 350 RBP» з перевезенням тріски на придорожній майданчик на відстань 3 км є неефективним. Термін окупності комплексу машин значно перевищує їхній термін експлуатації. Відтак ця система машин не окупиться за період її служби.

Ефективність систем машин на базі «Skorpion 350 RBP» виявляється у перевалочній технології з транспортуванням тріски на узбіччя ділянки (варіант 2.1) на відстань 0,2 км та в технології переробки деревини на придорожньому майданчику (варіант 3.1). Річні обсяги виробництва біопалива – 2760 і 3216 т (9384-10934,4 МВт·год, ще еквівалентно спалюванню 1,0-1,16 млн. м<sup>3</sup> природного газу) відповідно. Такі обсяги тріски можуть забезпечити потребу в паливі котелень потужністю 2,17-2,53 МВт·год за опалювальний сезон. Термін окупності системи машин – 6,6-7,5 років.

За використання «Farmi СН-27АСС» для подрібнення порубкових залишків на

придорожньому майданчику та на майданчику споживача отримано 5528-6344 т палива з енергетичним потенціалом 18795-21570 МВт·год. Цього достатньо для забезпечення котелень потужністю 4,35-5,0 МВт. Система продемонструвала високу ефективність завдяки оптимізації логістики (подрібнення на придорожньому майданчику та у споживача). Окупність становить 3,0-3,3 року.

**Обговорення.** Дані вітчизняних і зарубіжних наукових установ свідчать про співставність продуктивності й ефективності виробництва біопалива за різних підходів і технічних рішень переробки у тріску порубкових залишків з одержаними в процесі досліджень показниками і висновками.

Так, Spinelli та ін. (2023) підтверджують, що за потокових способів виробництва тріски на зрубі знижується ефективність використання подрібнювача, оскільки деревний матеріал менш концентрований і вимагає частого перепозиціонування, маневри стають частішими і більш трудомісткими. Тому економія, отримана від уникнення операцій збирання і вивезення залишків на майданчики біля дороги чи у споживача, буде знівельована збільшенням витрат на подрібнення та транспортування тріски [Spinelli et al., 2023].

У авипадку виробництва значних обсягів паливної тріски доцільним є подрібнення порубкових залишків на узбіччі лісової дороги із застосуванням потужних агрегатів із механізованою подачею сировини до камери подрібнення [Rozanski & Jablonski, 2012].

За дослідженнями вітчизняних науковців, використання мобільного деревоподрібнювача «JENZ 540R-Truck», змонтованого на шасі вантажного автомобіля разом із двома транспортними засобами, забезпечило продуктивність за змінного часу на рівні 10,82 т/год, а прямі експлуатаційні витрати становили 960 грн/т. Загальна вартість технічного комплексу – понад 26 млн грн [Драгнев, 2023]. За іншими дослідженнями, комплекс у складі подрібнювальної машини «Starchl МК74

600» на шасі вантажівки та тракторного причіпа-тріскового і автомобіля-тріскового забезпечив продуктивність 11,1 т/год при витратах 26,7 EUR/т [Mihelič et al., 2018].

Науковці Познанського університету природничих наук (Польща) зазначають, що собівартість виробництва паливної тріски з порубкових залишків становить 25 USD/мі (або 38 USD/т), що за актуальним валютним курсом еквівалентно приблизно 1606 грн/т. Автори підкреслюють, що витрати на виробництво можна суттєво знизити за рахунок використання менш потужних і дешевших машин за умови, що їхній технічний потенціал відповідає потребам споживача [Szewczyk & Polowy, 2020].

Фахівці Університету в Брно (Чехія) наголошують, що для виробництва невеликих обсягів тріски доцільним є використання деревоподрібнювачів із ручною подачею та тракторних причепів, агрегованих із сільськогосподарськими тракторами. Хоча такі системи характеризуються низькою продуктивністю і вищою трудомісткістю, вони є більш універсальними, придатними до подрібнення різних видів деревної біомаси, здатні працювати в умовах пересіченої місцевості [Neruda et al., 2022].

Фахівцями ТОВ «НТЦ «Біомаса» Біоенергетичної асоціації України встановлено, що продуктивність деревоподрібнювальної машини «RM52» з ручною подачею матеріалу становить 0,82 т/год, водночас прями експлуатаційні витрати на подрібнення порубкових залишків і транспортування тріски сягають 1829 грн/т. Загальна вартість комплексу вітчизняної техніки, що застосовувалася у дослідженні, оцінюється на рівні 2,6 млн грн [Драгнев, 2023].

Таким чином, результати наведених досліджень демонструють широкий спектр цін і продуктивності виробництва паливної тріски залежно від обраної технологічної схеми, рівня механізації, умов заготівлі та обсягів виробництва. Водночас зазначається, що представлені по-

казники є орієнтовними і відображають лише загальну картину в межах конкретних дослідницьких умов. Для отримання точніших економічних висновків доцільно провести більш глибокі й локалізовані дослідження.

**Висновки.** Отримані результати структуровано за потужністю котелень з урахуванням технологічних характеристик, річних обсягів виробництва палива та термінів окупності.

Найбільш раціональними з техніко-економічної точки зору є технологічні комплекси з високою продуктивністю та стабільною сировинною базою, зокрема «Farmi СН-27АСС» у різних технологічних варіаціях.

Для котелень потужністю 1-2 МВт найбільш перспективною виявилася система машин для потокової технології виробництва тріски на базі цього деревоподрібнювача, який працював із продуктивністю 3,05 т/год. Термін окупності комплексу машин становить 3,2 року.

Ефективне забезпечення котелень паливом потужністю 4-5 МВт може бути досягнуто за виробництва тріски на майданчиках біля лісової дороги та у споживача комплексом машин на базі «Farmi СН-27АСС». Річний обсяг виробництва – 5528-6344 т тріски (18795-21570 МВт·год). Термін окупності систем машин – 3,0-3,3 роки.

Для котелень потужністю до 1 МВт·год ефективними виявилися системи на базі деревоподрібнювача «DP 660 ТС». Продуктивність становила 1,27 т/год, а річний обсяг виробництва тріски – 1096 т, що відповідає 3726-4760 МВт·год теплової енергії. Термін окупності системи машин становить 3,7 роки.

Установлено, що застосування «Skorpion 350 RBP» у потокових технологіях заготівлі тріски є економічно недоцільним через перевищення терміну окупності понад 30 років. Ефективність системи машин на базі «Skorpion 350 RBP» виявляється у перевалочній технології з транспортуванням тріски на узбіччя ділянки на відстань 0,2 км та у технології переробки деревини на придорожньому

майданчику. Річні обсяги виробництва біоопалива – 3216 і 2760 т відповідно. Термін окупності системи машин – 6,6-7,5 років.

Технологічні комплекси з переробки біомаси забезпечують заміщення значних обсягів природного газу від 298 тис.мі до понад 4,2 млн мі на рік, сприяють зниженню собівартості теплової енергії та підвищенню енергетичної автономності підприємств.

Практична значущість отриманих результатів полягає в можливості їхнього застосування органами державного управління, міністерствами, профільними установами та підприємствами, що здійснюють заготівлю деревної біомаси, її подібнення, транспортування та зберігання для забезпечення сталого постачання паливної тріски споживачам.

### Перелік літератури

- Гелетука, Г.Г., Железна, Т.А., Драгнев, С.В., Баштовий, А.І. (2018 а). Аналіз можливостей заготівлі деревного палива в лісах України. *Промислова теплотехніка*, 40 (1), 61-67.
- Гелетука, Г.Г., Железна, Т.А., Пастах, А.В., Драгнев, С.В. (2018 б). Можливості заготівлі деревного палива в лісах України. Аналітична записка БАУ №19: Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/position-paper-uabio-19-ua.pdf>
- Драгнев С. (2023) Техніко-економічні показники логістичних операцій постачання біомаси на енергетичні об'єкти. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/12/10.-Dragnyev-S.-V.-Tehniko-ekonomichni-pokaznykologistichnyh-operatsij-postachannya-biomasy-na-energetychni-obyekty.pdf>
- Думич, В., & Крупич, О. (2025 а). Дослідження ефективності систем машин для виробництва паливної тріски на лісосіці. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України, 1(36 (50)), 69-84. URL:[https://doi.org/10.31473/2305-5987-2025-1-36\(50\)-6](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2025-1-36(50)-6)
- Думич, В., & Крупич, О. (2025 б). Оцінка техніко-технологічних виробництва паливної тріски з порубкових залишків. Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технології: XXV Міжнародна наукова конференція присвячена пам'яті академіка Леоніда Погорілого, 214-222.
- Коцупей, О. (2024). Недороге тепло: на Хмельниччині виготовляють тріску для опалення. URL: [https://ye.ua/sypilstvo/70301\\_Nedoroge\\_teplo\\_\\_na\\_Hmelnichchini\\_vigotovlyayit\\_trisku\\_dlya\\_opalennya.html](https://ye.ua/sypilstvo/70301_Nedoroge_teplo__na_Hmelnichchini_vigotovlyayit_trisku_dlya_opalennya.html)
- Коченков, А., Омельченко, В. (2022). Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. Центр Разумкова. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>
- Настільні книги (2025). Скільки коштує тонна тріски URL <https://bora.prosto.sx.ua/maysternist/skilki-koshtuie-tonna-triski.html>
- Олійник, Є. (2023). SAF Україна: Аналіз публічних закупівель паливної тріски за 2018-2023 роки. URL: <https://uabio.org/materials/14776/>
- Álvarez, A.; Pizarro, C.; Garcna, R.; Bueno, J.L (2015). Spanish Biofuels Heating Value Estimation Based on Structural Analysis. *Industrial Crops and Products*, 77, 983-991
- EUBIA (2025). Recovery of forest residues. URL: <https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/biomass-resources/challenges-related-to-biomass/recovery-of-forest-residues/>
- Gołos, P. & Kaliszewski, A. (2015). Aspects of using wood biomass for energy production. *Forest Research Papers*. , 76, 78–87. URL:<https://doi.org/10.1515/frp-2015-0009>
- IINAS, EFI, JR (2014). Forest biomass for energy in the EU: current trends, carbon balance and sustainable potential. Final report. Darmstadt, Madrid, Joensuu, Graz. URL: [https://www.transportenvironment.org/uploads/files/IINAS\\_EFI\\_JR20201420Forest-20biomass20for20energy20in20the20EU20fi](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/IINAS_EFI_JR20201420Forest-20biomass20for20energy20in20the20EU20fi)

nal.pdf

Kärhä K. (2011). Industrial supply chains and production machinery of forest chips in Finland. *Biomass Bioenergy*, 35, 3404–3413. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.11.016>

Moskalik, T., & Gendek, A. (2019). Production of Chips from Logging Residues and Their Quality for Energy: A Review of European Literature. *Forests*, 10(3), 262. <https://doi.org/10.3390/f10030262>

Kozuch, A., Cywicka, D., & Gyrna, A. (2024). Forest Biomass in Bioenergy Production in the Changing Geopolitical Environment of the EU. *Energies*, 17(3), 554. URL: <https://doi.org/10.3390/en17030554>

Křhmaier, M., Erber, G. (2018). Research trends in European forest fuel supply chains: A review of the last ten years (2007–2016) - part two: Comminution, transport & logistics. *Croatian journal of forest engineering*, 39(1), 139–152

Kuosmanen, T., Kuosmanen, N., El-Melligli, A., Ronzon, T., Gurria, P., Iost, S., & M'Barek, R. (2020). How Big is the Bioeconomy? Reflections from an economic perspective. Luxembourg: Publications Office of the European Union

Mihelič, M., Spinelli, R., & Poje, A. (2018). Production of wood chips from logging residue under space-constrained conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 39(2), 223–232.

Murphy, F., Devlin, G., McDonnell, K. (2014). Forest biomass supply chains in Ireland: A life cycle assessment of GHG emissions and primary energy balances. *Applied Energy*, 116, 1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.041>

Neruda, Simanov, V., Klvač, R., Skoupe, A., Kadlec, J., Zeměnek, T., & Nevrkla, P. (2022). Technika a technologie v lesnictví – part two. Brno: Mendelova univerzita v Brno. URL: [https://ut.ldf.mendelu.cz/wcd/w-ldf-ut/soubory/skripta\\_ttl\\_2022\\_2dil.pdf](https://ut.ldf.mendelu.cz/wcd/w-ldf-ut/soubory/skripta_ttl_2022_2dil.pdf)

Piszczalka, J., Korenko, M. & Rutkowski, K. (2007). Ocena energetyczno-ekonomiczna ogrzewania dendromasą. *Inżynieria Rolnicza*, 6, 189–196. URL: [https://ir.ptir.org/artykuly/pl/94/IR\(94\)\\_1888\\_pl.pdf](https://ir.ptir.org/artykuly/pl/94/IR(94)_1888_pl.pdf)

artykuly/pl/94/IR(94)\_1888\_pl.pdf

Ranta, T., Rinne, S. (2006). The profitability of transporting uncomminuted raw materials in Finland. *Biomass Bioenergy*, 30, 231–237. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.11.012>

Ryzański, H. & Jabłoński, K. (2014). Technologie pozyskiwania biomasy leśnej na cele energetyczne. *Czasopismo inżynierii lądowej, mizdrzej i architektury*, XXXI (61), 453–458. URL: <https://doi.org/10.7862/rb.2014.111>

Spinelli, R., Di Gironimo, G., Esposito, G., & Magagnotti, N. (2014). Alternative supply chains for logging residues under access constraints. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(3), 266–274. URL: <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.896939>

Spinelli, R., Mihelič, M., Kováč, B., Heger, P., & Magagnotti, N. (2023). Logging residue chipping options for short rotation poplar plantations. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 16(1), 23.

Szewczyk, K., & Polowy, K. (2020). Production of fuel wood chips as an example of supply chain reorganisation resulting from socioeconomic changes in Poland. *Drewno*. 63. (205), 141–154. doi:10.12841/wood.1644-3985.274.02.

The European parliament and the council of the European union (2023). Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 Amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as Regards the Promotion of Energy from Renewable Sources, and Repealing Council. URL: [https://www.stradalex.eu/en/se\\_src\\_publication/leg\\_eur\\_jo\\_20231031/doc/ojeu\\_202302413](https://www.stradalex.eu/en/se_src_publication/leg_eur_jo_20231031/doc/ojeu_202302413)

## References

Álvarez, A.; Pizarro, C.; García, R.; Bueno, J.L (2015). Spanish Biofuels Heating Value Estimation Based on Structural Analysis. *Industrial Crops and Products*, 77, 983–991

Desktop books (2025). How much does

a ton of wood chips cost? URL <https://bora.prosto.cx.ua/maysternist/skilki-koshtuie-ton-na-triski.html>

Dragnev S. (2023) Technical and economic indicators of logistic operations of biomass supply to energy facilities. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/12/10.-Dragnyev-S.-V.-Tehniko-ekonomichni-pokaznyky-logistychnyh-operatsij-postachannya-biomasy-na-energetychni-obyekty.pdf>

Dumych, V., & Krupych, O. (2025a). Research on the efficiency of machine systems for the production of fuel chips at a logging site. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine, 1(36 (50)), 69-84. URL: [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2025-1-36\(50\)-6](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2025-1-36(50)-6)

Dumych, V., & Krupych, O. (2025b). Assessment of technical and technological aspects of the production of fuel chips from logging residues. Scientific and technical principles of development, testing and forecasting of agricultural machinery and technology: XXV International scientific conference dedicated to the memory of academician Leonid Pohorily. Doslidnytske village: UkrNDIPVT named after L. Pohorily, 214-22

EUBIA (2025). Recovery of forest residues. URL: <https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/biomass-resources/challenges-related-to-biomass/recovery-of-forest-residues/>

Geletukha, G.G., Zhelezna, T.A., Dragnev, S.V., Bashtovyi, A.I. (2018a). Analysis of the possibilities of wood fuel procurement in the forests of Ukraine. *Industrial Heat Engineering*, 40 (1), 61-67.

Geletukha, G.G., Zhelezna, T.A., Pastakh, A.V., Dragnev, S.V. (2018b). Possibilities of wood fuel procurement in the forests of Ukraine. Analytical note of the UAB No. 19: Bioenergy Association of Ukraine. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/position-paper-uabio-19-ua.pdf>

Golos, P. & Kaliszewski, A. (2015). Aspects of using wood biomass for energy production. *Forest Research Papers.*, 76, 78–87. URL: <https://doi.org/10.1515/frp-2015-0009>

IINAS, EFI, JR (2014). Forest biomass for

energy in the EU: current trends, carbon balance and sustainable potential. Final report. Darmstadt, Madrid, Joensuu, Graz. URL: [https://www.transportenvironment.org/uploads/files/IINAS\\_EFI\\_JR20201420Forest20biomass20for20energy20in20the20EU20final.pdf](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/IINAS_EFI_JR20201420Forest20biomass20for20energy20in20the20EU20final.pdf)

Кдрнд К. (2011). Industrial supply chains and production machinery of forest chips in Finland. *Biomass Bioenergy*, 35, 3404–3413. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.11.016>

Kochenkov, A., Omelchenko, V. (2022). Renewable energy sector of Ukraine before, during and after the war. Razumkov Center. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>

Kotsupey, O. (2024). Inexpensive heat: in Khmelnytskyi region they produce wood chips for heating. URL: [https://ye.ua/syspilstvo/70301\\_Nedoroge\\_teplo\\_na\\_Hmelnichchini\\_vigotovlyayit\\_trisku\\_dlya\\_opalennya.html](https://ye.ua/syspilstvo/70301_Nedoroge_teplo_na_Hmelnichchini_vigotovlyayit_trisku_dlya_opalennya.html)

Kozuch, A., Cywicka, D., & Gyra, A. (2024). Forest Biomass in Bioenergy Production in the Changing Geopolitical Environment of the EU. *Energies*, 17(3), 554. URL: <https://doi.org/10.3390/en17030554>

Kühmaier, M., Erber, G. (2018). Research trends in European forest fuel supply chains: A review of the last ten years (2007-2016) - part two: Comminution, transport & logistics. *Croatian journal of forest engineering*, 39(1), 139-152

Kuosmanen, T., Kuosmanen, N., El-Melligli, A., Ronzon, T., Gurria, P., Iost, S., & M'Barek, R. (2020). How Big is the Bioeconomy? Reflections from an economic perspective. Luxembourg: Publications Office of the European Union

Mihelič, M., Spinelli, R., & Poje, A. (2018). Production of wood chips from logging residue under space-constrained conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 39(2), 223-232.

Moskalik, T., & Gendek, A. (2019). Production of Chips from Logging Residues and Their Quality for Energy: A Review of Euro-

pean Literature. *Forests*, 10(3), 262. <https://doi.org/10.3390/f10030262>

Murphy, F., Devlin, G., McDonnell, K. (2014). Forest biomass supply chains in Ireland: A life cycle assessment of GHG emissions and primary energy balances. *Applied Energy*, 116, 1-8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.041>

Neruda, Simanov, V., Klvač, R., Skoupě, A., Kadlec, J., Zemčonek, T., & Nevrkla, P. (2022). Machinery and technology in forestry. Brno: Mendelova univerzita v Brně. URL: [https://ut.ldf.mendelu.cz/wcd/w-ldf-ut/soubory/skripta\\_ttl\\_2022\\_2dil.pdf](https://ut.ldf.mendelu.cz/wcd/w-ldf-ut/soubory/skripta_ttl_2022_2dil.pdf)

Oliynyk, E. (2023). SAF Ukraine: Analysis of public procurement of fuel wood chips for 2018-2023. URL: <https://uabio.org/materials/14776/>

Piszczalka, J., Korenko, M. & Rutkowski, K. (2007). Ocena energetyczno-ekonomiczna ogrzewania dendromasą. *Inżynieria Rolnicza*, 6, 189-196. URL: [https://ir.ptir.org/artykuly/pl/94/IR\(94\)\\_1888\\_pl.pdf](https://ir.ptir.org/artykuly/pl/94/IR(94)_1888_pl.pdf)

Ranta, T., Rinne, S. (2006). The profitability of transporting uncomminuted raw materials in Finland. *Biomass Bioenergy*, 30, 231-237. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.11.012>

Ryżański, H. & Jabłoński, K. (2014). Technologies for harvesting forest biomass for energy purposes. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*, XXXI (61), 453-458. URL: <https://doi.org/10.7862/rb.2014.111>

Spinelli, R., Di Gironimo, G., Esposito, G., & Magagnotti, N. (2014). Alternative supply chains for logging residues under access

constraints. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(3), 266-274. URL: <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.896939>

Spinelli, R., Mihelič, M., Kováč, B., Heger, P., & Magagnotti, N. (2023). Logging residue chipping options for short rotation poplar plantations. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 16(1), 23.

Szewczyk, K., & Polowy, K. (2020). Production of fuel wood chips as an example of supply chain reorganization resulting from socioeconomic changes in Poland. *Drewno*.63. (205), 141-154. doi:/10.12841/wood.1644-3985.274.02.

The European parliament and the council of the European union (2023). Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 Amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as Regards the Promotion of Energy from Renewable Sources, and Repealing Council. URL: [https://www.stradalex.eu/en/se\\_src\\_publ\\_leg\\_eur\\_jo\\_/toc/leg\\_eur\\_jo\\_3\\_20231031/doc/ojeu\\_202302413](https://www.stradalex.eu/en/se_src_publ_leg_eur_jo_/toc/leg_eur_jo_3_20231031/doc/ojeu_202302413)

*Надійшла до редакції 30.09.2025 р.;  
переглянуто 23.10.2025 р.;  
прийнято до друку 24.11.2025 р.;  
опубліковано 29.12.2025 р.*

*Received September 30, 2025;  
revised October 23, 2025;  
accepted November 24, 2025;  
published December 29, 2025*

UDC 662.7

## RESEARCH AND RANKING OF MACHINERY SYSTEMS FOR THE PRODUCTION OF FUEL CHIPS FROM LOGGING RESIDUES

**Dumych V.**, <https://orcid.org/0000-0002-7813-5437>

Lviv Branch of the L. Pogorilyy UkrNDIPVT

**Krupych O.**, PhD in Technical Sc., <https://orcid.org/0000-0002-5634-8116>

Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies

### Summary

*The purpose of the study is to assess the effectiveness of technical and technological solutions for the production of wood chips from logging residues.*

**Methods.** *The research was conducted in the conditions of Maly Polesie, Ukraine, in log houses where continuous felling was carried out using a harvester+forwarder complex of machines. The efficiency of eight options for producing wood chips from logging residues using three types of wood chipping machines was determined: «DP 660 TC» with manual material feed, «Farmi CH-27ACC» with mechanized biomass feed, and «Skorpion 350 RBP» – a combined machine based on a trailer chassis with a chip hopper and mechanized material feed.*

**Results.** *The highest productivity (4.02-7.93 t/h) was obtained for the production of wood chips at sites near the forest road and at the consumer. For flow methods of wood chip production at log cabins, the productivity was in the range of 1.27-3.05 t/h. Regarding the reloading methods of wood chip production based on the combined machine (wood chipper-wood cutter) «Skorpion 350 RBP», it should be noted that its productivity was 1.92-3.45 t/h. and depended on the distance of wood chip transportation to the unloading point. The productivity and efficiency of wood chippers largely depend on the technology of wood chip production and the machines used for its implementation.*

**Conclusions.** *The most rational from a technical and economic point of view are technological complexes based on the «Farmi CH-27ACC» wood chipper in various technological variations. For boiler houses with a capacity of 1-2 MW, a system of machines for flow technology turned out to be promising, and for boiler houses with a capacity of 4-5 MW – for the production of wood chips on sites near the forest road and at the consumer. The payback period of machine complexes is 3.0-3.3 years.*

*For boiler houses with a capacity of up to 1 MWh, the implementation of a system of machines based on the «DP 660 TC» wood chipper is effective, the payback period of which is 3.7 years.*

*The use of «Skorpion 350 RBP» in flow technologies for wood chip harvesting is economically inexpedient. The effectiveness of the system of machines based on this wood chipper is manifested in the transshipment technology with the transportation of wood chips to the side of the site for a distance of 0.2 km and in the technology of wood processing on the roadside site. The payback period of the machine system is 6.6-7.5 years.*

**Keywords:** *logging residues, wood chips, wood chipper, machine system, productivity, efficiency.*