

УДК 630.7:631.5(477.6):631.84

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.34>

Потапський Ю. В.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: yurapotap@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6446-9471

Безвіконний П. В.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: bezvikonnyi777@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4922-1763

Тарасюк В. А.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: valeratarasuk003@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4207-1013

РАЦІОНАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ВИВЕЗЕННЯ ПОРУБКОВИХ ЗАЛИШКІВ У ПАРКОВИХ НАСАДЖЕННЯХ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

Анотація

У статті представлено результати досліджень ефективності використання мінісамоскида Cedrus TR300G для вивезення порубкових залишків у паркових та лісопаркових насадженнях міста Хмельницького. Установлено, що фактична вантажопідйомність частково реалізується через нерівномірну форму та цільність матеріалу. Під час перевезення свіжозрубаних колод клена гостролистого середньою довжиною 0,8–1,0 м та діаметром 6–12 см середня маса вантажу становила 170–190 кг (55–60% вантажопідйомності), а об'єм заповнення кузова – 0,25–0,28 м³. Легкі залишки: гілля, хмиз та дрібні чагарники використовували лише 7–8% вантажопідйомності, що значно збільшувало кількість рейсів і витрати пального та часу.

Застосування швидкознімних надставних бортів, що підвищують висоту кузова з 0,23 до 0,9 м, збільшило об'єм вантажу майже в чотири рази (до 1,0 м³), підвищило коефіцієнт використання вантажопідйомності до 75–80% під час перевезення колод і до 40–45% для легких залишків, а також скоротило кількість рейсів майже вдвічі, забезпечивши економію пального на 30–35% і зменшення трудовитрат. Сумарний обсяг заготовленої деревини становив 4,9 цільних м³, із них 3,4 цільних м³ – дрова. Технологічна питома витрата палива на 1 м³ деревини становила 1,48 кг, а питомі трудовитрати – 5,33 люд.-год.

Оцінка прохідності на ділянках із перевищеннями показала зниження швидкості за навантаження 200–250 кг до 1,0–1,4 км/год, тоді як на рівній поверхні швидкість досягала 3,0–3,5 км/год. Перевантаження понад 300 кг викликало часткове буксування, проте гусеничний хід забезпечував рівномірний розподіл тиску на ґрунт (0,22–0,24 МПа), мінімізуючи пошкодження рослинного покриву.

Результати підтверджують доцільність застосування малої механізації у паркових господарствах та ефективність конструктивних удосконалень. Отримані дані можуть бути використані для оптимізації технологій вивезення порубкових залишків у міських парках і лісопарках, підвищення екологічної безпечності та економічної ефективності робіт з утримання зелених насаджень рекреаційного призначення.

Ключові слова: мінісамоскид, Cedrus TR300G, порубкові залишки, паркові насадження, лісопаркове господарство, вантажопідйомність, надставні борти, ефективність транспортування, екологічна безпечність.

Вступ. Сучасний розвиток урбанізованих територій, збільшення густоти населення та зростання потреби у відпочинку на природі призводять до активного формування й утримання парків, лісопарків та міських зелених насаджень. Зелені зони виконують не лише рекреаційні та естетичні функції, а й сприяють поліпшенню мікроклімату міських територій, зменшенню забруднення повітря, регулюванню водного балансу та підтриманню

біорізноманіття [2]. Рубки догляду в насадженнях рекреаційного призначення є одним із ключових заходів лісогосподарської діяльності, які дають змогу формувати стійкі та здорові деревостани, зберігати санітарний стан насаджень і забезпечувати їхню естетичну привабливість. Правильне планування та виконання рубок догляду сприяє підтриманню оптимальної густоти деревостанів, запобігає поширенню захворювань та шкідників і підвищує біологічну стійкість насаджень [3].

Однак одним з актуальних завдань залишається ефективна утилізація порубкових залишків, що утворюються під час доглядових рубок. У лісогосподарській практиці застосовуються різні способи їх ліквідації: спалювання на місці, складування у купи для природного перегнивання, розкидання подрібненої маси по площі, а також вивезення з подальшою переробкою для паливних або технологічних потреб [10; 16]. В умовах паркових і рекреаційних територій більшість традиційних методів стає неприйнятною через високі екологічні та соціальні вимоги: відкриті вогнища або залишення відходів на місці рубки можуть порушити ландшафтний дизайн, погіршити санітарний стан територій та знизити їхню рекреаційну цінність [12; 14].

Згідно з результатами попередніх досліджень [7; 9], ефективним напрямом є застосування малої механізації для транспортування та утилізації порубкових залишків, зокрема мінітрактора або компактного мінісамоскида. Переваги такого підходу полягають у високій мобільності агрегатів, зменшенні антропогенного впливу на ґрунтовий покрив та можливості маневрування у густо зарослих ділянках. Використання малої техніки дає змогу збирати як великі колоди, так і легкі об'ємні матеріали (гілля, хмиз, чагарники), що підвищує продуктивність робіт та знижує витрати праці.

Разом із тим дослідження [1; 5] вказують на обмеження таких агрегатів: недостатня вантажопідйомність, низька прохідність на пересіченій місцевості, значний питомий тиск на ґрунт за перевантаження та обмежена раціональність завантаження легких матеріалів. Наприклад, під час перевезення свіжозрубаних колод осики середньою довжиною 0,8–1,0 м та діаметром 6–12 см фактична маса вантажу становила 140–160 кг, що відповідало лише 45–50% від номінальної вантажопідйомності агрегату, а легкі залишки (гілля, хмиз) використовували лише 7–8% потужності машини, що значно збільшувало кількість рейсів і витрати пального. При цьому технологічна питома витрата палива на перевезення 1 м³ деревини становила 1,48 кг/м³, а питомі трудовитрати – 5,33 люд.-год [8].

Для підвищення ефективності малої механізації у паркових господарствах пропонуються такі технічні рішення: використання широкопрофільних шин, оснащення причепів тандемними колесами або гусеничними стрічками, встановлення швидкознімних гусеничних модулів, а також оптимізація конструкції для рівномірного розподілу маси між осями [6]. Важливим є також застосування надставних бортів для кузовів мінісамоскидів, що дає змогу збільшити об'єм перевезеного вантажу майже в чотири рази та підвищити коефіцієнт використання вантажопідйомності до 65–70% під час перевезення колод і до 40–45% – за перевезення легких об'ємних матеріалів, зменшуючи кількість рейсів майже вдвічі.

Окрім того, екологічні аспекти експлуатації малої лісотransпортної техніки є критично важливими. Питомий тиск на ґрунт за середнього навантаження 200 кг не перевищує 0,22–0,24 МПа, що значно нижче критичного рівня для дерново-підзолистих ґрунтів, забезпечуючи мінімальний негативний вплив на рослинний покрив. Використання гусеничного ходу додатково зменшує ризик утворення глибоких колій порівняно з колісними агрегатами [13].

Таким чином, аналіз літератури та експериментальних даних свідчить, що пошук оптимальних технологічних рішень для вивезення порубкових залишків у паркових господарствах залишається актуальним завданням. Особлива увага повинна приділятися адаптації малої механізації, зокрема мінісамоскидів типу Cedrus TR300G, до умов рекреаційних насаджень з урахуванням вантажопідйомності, прохідності, впливу на ґрунт та економічної ефективності. Реалізація конструктивних удосконалень, таких як надставні борти та оптимізація розподілу маси, дає змогу досягти більшої продуктивності, зменшити витрати пального та мінімізувати вплив на екосистему парку, що робить даний напрям досліджень перспективним і науково значущим.

Мета роботи – установити вплив конструктивних та технологічних параметрів мінісамоскида Cedrus TR300G на ефективність вивезення порубкових залишків у паркових насадженнях Хмельницького.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили на парковій ділянці площею 0,35 га у м. Хмельницькому. Для проведення рубок догляду та санітарного прибирання використовували комплекс інструментів та техніки:

- бензопилу Stihl MS180 – для заготівлі колод;
- мотокущоріз Husqvarna 343F – для обрізки чагарникових та дрібнолісних залишків;
- для транспортування порубкових залишків застосовували мінісамоскид Cedrus TR300G, оснащений

4-тактним бензиновим двигуном Loncin G200F потужністю 6,5 к. с. та об'ємом 196 см³. Машина має гусеничний хід, механічну трансмісію з трьома передачами вперед і однією назад, ручний підйом кузова та вантажопідйомність 300 кг. Компактні габарити, низька маса (178 кг) та наявність додаткових ящиків для силових матеріалів забезпечують ефективне транспортування різноманітних порубкових залишків у паркових і лісопаркових насадженнях.

Облік фактичної роботи агрегату включав кількісну оцінку рейсів для повного очищення ділянки від порубкових залишків, вимірювання маси та об'єму перевезеної деревини, гілля, хмизу та дрібних чагарників,

а також оцінку коефіцієнта використання вантажопідйомності. Прокідність мінісамоскида оцінювалася на ділянках із різними перешкодами (пні, виступи коріння, каміння) та за змінного навантаження, що давало змогу визначити вплив конструктивних параметрів на продуктивність і екологічний вплив на ґрунтовий покрив. Для оцінки останнього визначався питомий тиск на ґрунт у різних режимах роботи агрегату, що відповідає рекомендаціям з охорони ґрунтів під час використання малої техніки у рекреаційних насадженнях [4]. Технологічна ефективність визначалася через питомі витрати палива та трудовитрати на заготовлений і вивезений 1 м³ деревини.

Дані, отримані в процесі експерименту, дали змогу оцінити ефективність використання Cedrus TR300G у паркових господарствах, зокрема за перевезення легких об'ємних матеріалів і колод середнього розміру, а також визначити вплив конструктивних удосконалень (надставних бортів) на продуктивність та експлуатаційні витрати.

Облік фактичного завантаження кузова під час транспортування різних видів порубкових залишків показав, що номінальна вантажопідйомність 300 кг реалізується частково через нерівномірну форму та щільність матеріалу. Під час перевезення свіжозрубаних колод клена гостролистого середньою довжиною 0,8–1,0 м та діаметром 6–12 см середня маса вантажу становила 170–190 кг (55–60% вантажопідйомності), а об'ємне заповнення кузова – 0,25–0,28 м³. Транспортування легших залишків: гілля, хмизу та дрібних чагарників характеризувалося ще нижчим коефіцієнтом використання вантажопідйомності (7–8%), що значно збільшувало кількість рейсів та підвищувало витрати часу і пального.

Аналіз досліджень (рис. 1) показав, що колоди без надставних бортів використовують лише 53% вантажопідйомності, що потребує великої кількості рейсів (42). Використання надставних бортів для колод підвищує завантаження до 73%, скорочуючи рейси вдвічі (20).



Рис. 1. Ефективність роботи мінісамоскида Cedrus TR300G

Гілля та хмиз без надставних бортів завантажуються лише на 8% потужності машини, що робить перевезення нерациональним. Надставні борти для гілля дають змогу збільшити завантаження до 40% та зменшити рейси із 42 до 18.

Таким чином, надставні борти є ключовим конструктивним удосконаленням, яке забезпечує оптимальне використання Cedrus TR300G у паркових господарствах.

Застосування швидкознімних надставних бортів, які збільшують висоту кузова з 0,23 до 0,9 м, дає змогу суттєво підвищити ефективність роботи. Об'єм кузова зріс майже в чотири рази (до 1,0 м³), що забезпечило більш раціональне завантаження легких порубкових залишків. У результаті коефіцієнт використання вантажопідйомності зріс до 40–45%, а кількість рейсів зменшилася майже вдвічі (до 18–20). Під час перевезення колод маса вантажу сягала 230–255 кг (75–80% вантажопідйомності), наближаючись до оптимальних значень без перевантаження агрегату.

Експериментальні дані щодо заготовки деревини показали, що сумарний обсяг заготовленої деревини (з урахуванням коефіцієнта 0,10 для хмизу та 0,75 для дров) становив 4,9 щільних м³, у тому числі 3,4 щільних м³ дров. Технологічна питома витрата палива на заготовлений та вивезений 1 м³ деревини становила 1,48 кг/м³, а питомі трудовитрати – 5,33 люд.-год. Відходи рубки використовувалися як паливо для опалення приміщень.

Прокідність мінісамоскида була оцінена на контрольній ділянці з 15–18 перешкодами на 100 м маршруту (пні, виступи коріння, каміння). За завантаження 220–260 кг швидкість руху становила 1,0–1,4 км/год, тоді як на рівній ділянці – 3,0–3,5 км/год, що свідчить про зниження продуктивності на 50–55%. За перевантаження понад 300 кг спостерігалася часткове буксування гусениць, проте конструкція забезпечувала рівномірний розподіл тиску на ґрунт, зменшуючи утворення глибоких колій.

Комплексний аналіз питомого тиску Cedrus TR300G на ґрунт (рис. 2) показав, що навіть за максимальних робочих навантажень (300–320 кг) тиск не перевищує критичного рівня ущільнення для дерново-підзолистих ґрунтів (0,30 МПа). Зафіксовані значення становили 0,24–0,26 МПа, що свідчить про безпечність експлуатації агрегату навіть у напружених режимах роботи.

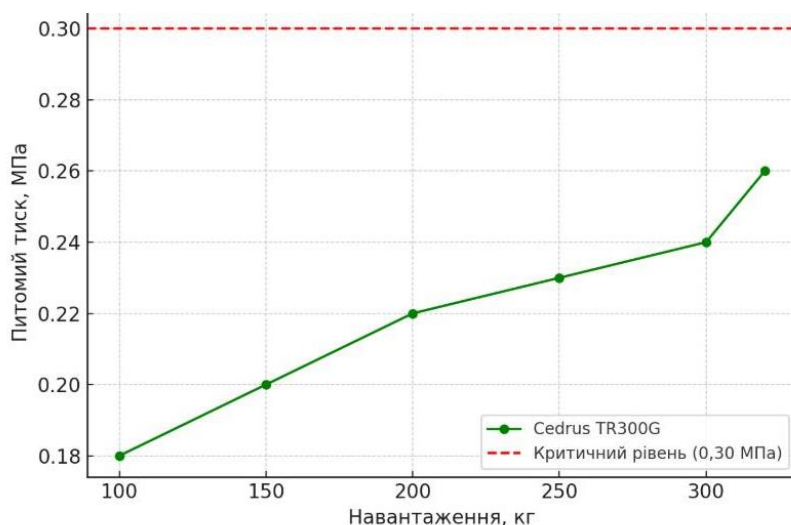


Рис. 2. Питомий тиск Cedrus TR300G на ґрунт за різного навантаження

За середнього робочого навантаження 200–250 кг питомий тиск становив 0,22–0,23 МПа, тобто залишався в межах екологічно допустимих значень. Це забезпечувало мінімальний негативний вплив на рослинний покрив і структуру ґрунту, зберігаючи його водно-повітряний режим. У разі перевезення дрібних порубкових залишків вагою до 100 кг питомий тиск знижувався до 0,18 МПа, що практично усувало будь-який негативний вплив на поверхневий шар ґрунту.

Таким чином, Cedrus TR300G можна вважати екологічно безпечним технічним засобом для використання у паркових господарствах і лісопаркових насадженнях. Машина забезпечує рівномірний розподіл навантаження завдяки гусеничному ходу, знижує ризик утворення глибоких колій та не перевищує критичних показників ущільнення ґрунту навіть за умов інтенсивної експлуатації. Окрім того, раціональне використання вантажопідйомності досягається за рахунок збільшення борту причепа, що підвищує паливну економічність і зменшує трудовитрати. Це підтверджує доцільність її застосування в системі малої механізації під час утримання зелених насаджень рекреаційного призначення.

Отримані результати демонструють, що Cedrus TR300G є ефективним технічним засобом для паркових господарств і лісопаркових підприємств, особливо під час роботи з об'ємними легкими порубковими залишками. Використання надставних бортів оптимізує завантаження та дає змогу зменшити експлуатаційні витрати, підвищуючи загальну ефективність роботи агрегату.

Висновки. Результати досліджень показали, що мінісамоскид Cedrus TR300G ефективний для вивезення порубкових залишків у паркових насадженнях Хмельницького. Застосування швидкознімних надставних бортів, що збільшують висоту кузова з 0,23 до 0,9 м, забезпечило зростання об'єму вантажу майже у чотири рази (до 1,0 м³). Це дало змогу підвищити коефіцієнт використання вантажопідйомності з 55–60% до 75–80% за перевезення колод і до 40–45% за транспортування легких залишків. У результаті кількість рейсів зменшилася майже вдвічі, що забезпечило економію пального на 30–35% і скоротило трудовитрати. Питомий тиск на ґрунт залишався нижчим за критичні значення, мінімізуючи негативний вплив на рослинний покрив, а конструктивні вдосконалення забезпечували достатню прохідність і рівномірний розподіл маси.

Таким чином, дослідження підтверджують доцільність малої механізації та оптимізацію конструкції агрегатів для підвищення екологічної безпечності та економічності робіт у рекреаційних лісопарках.

Список використаних джерел

1. Гелетука Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В., Баштовий А.І. Аналіз можливостей заготівлі деревного палива в лісах України. *Промислова теплотехніка*. 2018. Т. 40. № 1. С. 61–67. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PTT_2018_40_1_11
2. Можливості заготівлі деревного палива в лісах України / Г.Г. Гелетука та ін. *Аналітична записка БАУ*. 2018. № 19. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/position-paper-uabio-19-ua.pdf>
3. Правила рубок головного користування : Наказ Державного комітету лісового господарства України від 23.12.2009 № 364. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10>
4. Санітарні правила в лісах України : Постанова Кабінету Міністрів України від 27.07.1995 № 555 (зі змінами). Київ : КМУ, 1995. URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ukr51854.pdf>

5. Ackerman P., Conradie I. Performance of harvesting residue treatment methods in south african pine plantations. *Forests*. 2016. Vol. 7(6). P. 116. <https://doi.org/10.3390/f7060116>
6. Baker J.S., et al. Logging residue supply and costs for electricity generation: Potential variability and policy considerations. *Energy Policy* 2018. 116(5). P. 397–409. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.026>
7. Chen C.X., et al. Modeling the processing and transportation logistics of forest residues using life cycle assessment. *Journal of Forestry*. 2017. 115(2). <https://doi.org/10.5849/jof.2016-027>
8. Eriksson M., Lindroos O. Rubber-tracked forwarders – productivity and cost efficiency potentials. *Forests*. 2014. Vol. 5(7). P. 1544–1561. <https://doi.org/10.3390/f5071544>
9. Figueiredo da Silva J., et al. Analysis of the truck transportation of eucalyptus logging residues to Portuguese power plants. *International Journal of Forest Engineering*. 2019. 30(1). P. 1–10. <https://doi.org/10.1080/14942119.2019.1565029>
10. Han H., Chung W., Wells L., Anderson N. Optimizing biomass feedstock logistics for forest residue processing and transportation on a tree-shaped road network. *Forests*. 2018. 9(3). P. 121. URL: <https://doi.org/10.3390/f9030121>
11. Lopes D., Fernandes C., Reis A. Analysis of the truck transportation of eucalyptus logging residues to portuguese power plants. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2016. Vol. 6. P. 295–304. <https://doi.org/10.1080/17597269.2016.1154822>
12. Myalkovsky R., Plahtiy D., Bezvikonnyy P., Horodyska O., Nebaba K. Urban parks as an important component of environmental infrastructure: *Biodiversity conservation and recreational opportunities Scientific Journal Ukrainian Journal of Forest & Wood Science*. 2023. Vol. 14. Iss. 4. P. 57–72. <https://doi.org/10.31548/forest/4.2023.57>
13. Ranius T., et al. The effects of logging residue extraction for energy on biodiversity and ecosystem services. *Journal of Environmental Management*. 2018. Vol. 209(1). P. 409–425. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.048>
14. Spinelli R., Magagnotti N., Nati C. Forest operations using a combi-forwarder in deciduous forests. *European Journal of Forest Research*. 2010. Vol. 129. P. 561–569. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0356-3>
15. Udali A., et al. Managing harvesting residues: a systematic review of residue extraction practices. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 2025. Vol. 98. Iss. 2. P. 117–135. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpae041>

Potapsky Yu. V.

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Landscaping, Geodesy and Land Management,
Higher educational institution “Podillia State University”

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: yurapotap@ukr.net

ORCID: 0000-0001-6446-9471

Bezvikonnyy P. V.

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Landscaping, Geodesy and Land Management,
Higher educational institution “Podillia State University”

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: bezvikonnuy777@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4922-1763

Tarasiuk V. A.

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution “Podillia State University”

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: valeratarasuk003@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4207-1013

RATIONAL TECHNOLOGICAL APPROACHES TO MANAGING TIMBER TREATMENT RESIDUES IN URBAN PARKS OF KHMELNYTSKYI

Abstract

The article presents the results of research on the effectiveness of using the Cedrus TR300G mini-dump truck for the removal of logging residues in city and forest parks of Khmelnytskyi. It was found that the actual carrying capacity is only partially utilized due to the uneven shape and density of the material. When transporting freshly cut maple logs with an average length of 0.8–1.0 m and a diameter of 6–12 cm, the average cargo weight was 170–190 kg (55–60% of the rated capacity), and the volumetric filling of the body was 0.25–0.28 m³. Light residues – branches, brushwood, and small shrubs – utilized only 7–8% of the carrying capacity, significantly increasing the number of trips, fuel consumption, and time required.

The use of quick-detachable extension sides, which increased the body height from 0.23 to 0.9 m, nearly quadrupled the cargo volume (up to 1.0 m³), increased the load capacity utilization factor to 75–80% for logs and to 40–45% for light residues, and reduced the number of trips by almost half, resulting in 30–35% fuel savings and lower labor costs. The total harvested wood volume was 4.9 dense m³, of which 3.4 dense m³ was firewood. The technological specific fuel consumption per 1 m³ of wood was 1.48 kg, and the specific labor costs were 5.33 man-hours.

Assessment of off-road performance on areas with obstacles showed a decrease in speed to 1.0–1.4 km/h when carrying 200–250 kg, whereas on flat surfaces the speed reached 3.0–3.5 km/h. Overloading beyond 300 kg caused partial skidding; however, the caterpillar track ensured uniform soil pressure (0.22–0.24 MPa), minimizing damage to vegetation.

The results confirm the feasibility of using small-scale mechanization in park management and the effectiveness of design improvements. The data can be used to optimize technologies for removing logging residues in city and forest parks, increasing environmental safety and economic efficiency in the maintenance of green spaces for recreational purposes.

Key words: mini-dump truck, Cedrus TR300G, logging residues, park plantings, forestry, load capacity, extension sides, transportation efficiency, environmental safety.

References

1. Heletukha H.H., Zheliezna T.A., Drahnev S.V., Bashtovyi A.I. (2018). Analiz mozhlyvostei zahotivli derevnoho palyva v lisakh Ukrainy [Analysis of the possibilities of harvesting wood fuel in the forests of Ukraine]. Prom. Teplotekhnika – Industrial Heat Engineering iss. 40 (1) pp. 61–67. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PTT_2018_40_1_11 [in Ukrainian].
2. Heletukha H.H., Zheliezna T.A., Pastukh A.V. ta in. (2018). Mozhlyvosti zahotivli derevnoho palyva v lisakh Ukrainy [Possibilities of wood fuel procurement in the forests of Ukraine]. Analitichna zapyska BAU – Analytical note of the UAB iss. 19. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/position-paper-uabio-19-ua.pdf> [in Ukrainian].
3. Pravyla rubok holovnoho korystuvannia [Rules for final felling]. (2009). Kyiv: Derzhavnyi komitet lisovoho hospodarstva Ukrainy. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10> [in Ukrainian].
4. Sanitarni pravyla v lisakh Ukrainy [Sanitary rules in the forests of Ukraine]. (27.07.1995, № 555). Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy – Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine. Kyiv: KMU. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ukr51854.pdf> [in Ukrainian].
5. Ackerman P., Conradie I. (2016). Performance of harvesting residue treatment methods in south african pine plantations. *Forests*, 7(6), 116. <https://doi.org/10.3390/f7060116> [in English].
6. Baker J.S., et al. (2018). Logging residue supply and costs for electricity generation: Potential variability and policy considerations. *Energy Policy*, 116(5), 397–409. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.026> [in English].
7. Chen C.X., et al. (2017). Modeling the processing and transportation logistics of forest residues using life cycle assessment. *Journal of Forestry*, 115(2), <https://doi.org/10.5849/jof.2016-027> [in English].
8. Eriksson M., Lindroos O. (2014). Rubber-tracked forwarders – productivity and cost efficiency potentials. *Forests*, 5(7), 1544–1561. <https://doi.org/10.3390/f5071544> [in English].
9. Figueiredo da Silva J., et al. (2019). Analysis of the truck transportation of eucalyptus logging residues to Portuguese power plants. *International Journal of Forest Engineering*, 30(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/14942119.2019.1565029> [in English].
10. Han H., Chung W., Wells L., Anderson N. (2018). Optimizing biomass feedstock logistics for forest residue processing and transportation on a tree-shaped road network. *Forests*, 9(3), 121. URL: <https://doi.org/10.3390/f9030121> [in English].
11. Lopes D., Fernandes C., Reis A. (2016). Analysis of the truck transportation of eucalyptus logging residues to portuguese power plants. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 6, 295–304. <https://doi.org/10.1080/17597269.2016.1154822> [in English].
12. Myalkovsky R., Plahtiy D., Bezvikonnyi P., Horodyska O., Nebaba K. (2023). Urban parks as an important component of environmental infrastructure. *Biodiversity conservation and recreational opportunities Scientific Journal Ukrainian Journal of Forest & Wood Science*, 14(4), 57–72. <https://doi.org/10.31548/forest/4.2023.57> [in English].
13. Ranius T., et al. (2018). The effects of logging residue extraction for energy on biodiversity and ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 209(1), 409–425. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.048> [in English].
14. Spinelli R., Magagnotti N., Nati C. (2010). Forest operations using a combi-forwarder in deciduous forests. *European Journal of Forest Research*, 129, 561–569. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0356-3> [in English].
15. Udali A., et al. (2025). Managing harvesting residues: a systematic review of residue extraction practices. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 98(2), 117–135. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpae041> [in English].

Отримано: 29.09.2025

Рекомендовано: 27.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025