

**Ю. І. СЕМІРНЕНКО**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри транспортних технологій  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0002-4230-4614

**С. Л. СЕМІРНЕНКО**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри проектування технічних систем  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0002-9304-3637

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ У МАЛИХ АГРОПІДПРИЄМСТВАХ

*Раціональна організація транспортно-технологічних процесів під час збирання врожаю зернових культур є одним із ключових чинників підвищення ефективності виробництва у сільському господарстві. Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах малих агропідприємств, що мають обмежений машинно-тракторний парк і площі до 500 га. У статті розглянуто науково-методичні підходи до оптимізації транспортно-технологічного обслуговування зернозбиральних комбайнів з урахуванням сучасних технічних і логістичних рішень. Метою дослідження є обґрунтування раціональної схеми взаємодії комбайнів, транспортних засобів і проміжних ланок (перевантажувачів зерна) для забезпечення безперервності процесу збирання та мінімізації простоїв техніки.*

*Методика досліджень включала аналітичні та експериментальні методи, хронометражні спостереження й математичне моделювання. Проведено порівняльний аналіз двох технологічних схем – прямих перевезень і перевезень із використанням перевантажувачів зерна. Встановлено, що впровадження проміжної ланки забезпечує зниження простоїв комбайнів на 60–70%, підвищення коефіцієнта використання машинного часу до 0,9–0,92 та зростання продуктивності комплексу на 13–16%. Застосування перевантажувачів сприяє також зменшенню питомих енерговитрат на 10–12% і зниженню ущільнення ґрунту на 35–40%, що позитивно впливає на екологічний стан полів.*

*Розроблена модель узгодження роботи елементів збирально-транспортної системи може бути використана для планування технологічних процесів у малих агропідприємствах України. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження системи «комбайн – перевантажувач – транспорт» як ефективного інструменту оптимізації збиральної логістики.*

**Ключові слова:** зернозбиральний комбайн, транспортне обслуговування, агрологістика, перевантажувач, мале агропідприємство, оптимізація, продуктивність.

**YU. I. SEMIRNENKO**

PhD (Engineering), Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Transport Technologies  
Sumy National Agrarian University  
ORCID: 0000-0002-4230-4614

**S. L. SEMIRNENKO**

PhD (Engineering), Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Technical Systems Design  
Sumy National Agrarian University  
ORCID: 0000-0002-9304-3637

## OPTIMIZATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SERVICING OF GRAIN HARVESTERS IN SMALL AGRICULTURAL ENTERPRISES

*Rational organization of transport and technological processes during grain harvesting is one of the key factors in improving agricultural production efficiency. This problem is especially relevant for small agricultural enterprises with limited machinery resources and cultivated areas of up to 500 hectares. The article presents scientific and methodological*

*approaches to optimizing the transport and technological servicing of grain harvesters, taking into account modern technical and logistic solutions. The purpose of the study is to substantiate a rational scheme of interaction between harvesters, transport vehicles, and intermediate links (grain auger wagons) to ensure continuity of the harvesting process and minimize equipment downtime.*

*The research methodology included analytical and experimental methods, time studies, and mathematical modeling. A comparative analysis of two technological schemes – direct transportation and transportation using grain transfer vehicles – was carried out. It was established that the introduction of an intermediate link reduces harvester downtime by 60–70%, increases the coefficient of machine time utilization up to 0.9–0.92, and raises the complex productivity by 13–16%. The use of grain auger wagons also reduces specific energy consumption by 10–12% and soil compaction by 35–40%, which has a positive environmental effect.*

*The developed synchronization model of the harvesting and transport system elements can be applied in planning technological processes in small Ukrainian farms. The obtained results confirm the feasibility of implementing the “harvester – grain transfer vehicle – transport” system as an effective tool for optimizing harvesting logistics.*

**Key words:** combine harvester, transport service, agrolistics, loader, small agricultural enterprise, optimization, productivity.

### Постановка проблеми

Рациональна організація транспортно-технологічних процесів під час збирання врожаю зернових культур є одним із ключових факторів підвищення ефективності виробництва в агропромисловому комплексі. В умовах малих агропідприємств, що мають обмежений парк техніки та площі до 500 га, питання мінімізації втрат часу та ресурсів набуває особливого значення.

Основною умовою зменшення втрат урожаю під час жнив є дотримання оптимальних строків збирання. Проте значна частка втрат і простоїв техніки виникає не під час безпосереднього процесу обмолоту, а внаслідок неефективної організації транспортування зерна від комбайна до місць зберігання чи переробки.

Досвід українських та зарубіжних агропідприємств свідчить, що до 30–40% робочого часу зернозбиральних комбайнів може витрачатися на очікування транспортних засобів. Це призводить до зниження продуктивності, зростання експлуатаційних витрат і ризику перевищення агротехнічних термінів збирання.

Одним із шляхів вирішення проблеми є впровадження систем транспортно-технологічного обслуговування, які забезпечують безперервність процесу збирання – шляхом застосування проміжних транспортних ланок, таких як перевантажувачі зерна. Ці машини створюють гнучкий логістичний зв'язок між комбайнами й автомобілями, даючи змогу уникати простоїв і зменшувати тиск на ґрунт.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасні наукові дослідження в галузі транспортних технологій у сільському господарстві спрямовані на пошук ефективних рішень щодо організації транспортування врожаю від місця збирання до зберігання чи переробки. Основну увагу приділено зниженню витрат пального, зменшенню простоїв техніки та оптимізації використання транспортних засобів.

За даними Мельника В. П. [1], Бойка І. М. [2], Погорілого П. О. [3] і Тарасенка О. Г. [4] та ефективність процесу збирання зернових культур на 25–30% залежить від організації логістичного забезпечення комбайнів. У разі несвоєчасного прибуття транспортного засобу на вивантаження комбайн простоює, втрачаючи продуктивність.

Гаврилюк С. В. [5] та підкреслює, що в господарствах із площею менше 500 га найчастіше використовується схема прямих перевезень, коли зерно транспортують безпосередньо з поля автомобілями. Така система проста в реалізації, однак характеризується низькою ефективністю використання комбайнів через несинхронність їхньої роботи з транспортом.

Наукові праці Нефьодова В. М. [6], Євтушенка С. О. [7], Шкури А. М. [8], Дрозда І. С. [9], Ігнатенка, І. І., Стадника, П. М. [10] та Василенка, В. О. і Гнатенка О. П. [11] присвячені вивченню застосування проміжних ланок – перевантажувачів зерна, які дозволяють усунути простої комбайнів. У їхніх дослідженнях показано, що використання перевантажувачів підвищує ефективність збирання на 12–20%, зменшує ущільнення ґрунту та дає змогу використовувати вантажні автомобілі більшої вантажопідйомності без заїзду в поле.

Міжнародні дослідження, зокрема роботи, Sikora J. [12], Fulton J., Porter W. і Smith L. [13], показують, що у фермерських господарствах США та Канади застосування перевантажувальних систем дозволяє скоротити загальний час збору на 15–18%, а паливні витрати – до 10%.

В Україні аналогічні результати підтверджені експериментами, проведеними у Національному університеті біоресурсів і природокористування України (НУБіП) [14]. Вчені встановили, що при використанні перевантажувачів типу БНП-20 продуктивність комбайнів зростає на 8–14%, а простої транспорту скорочуються в середньому на 2–3 години за зміну.

Таким чином, огляд літератури свідчить, що існує два базові підходи до організації транспортування зерна:

1. Схема прямих перевезень, яка характерна простотою, але неефективністю в умовах обмежених транспортних ресурсів.

2. Схема з проміжною ланкою, що забезпечує більш гнучку та безперебійну роботу комплексу «комбайн – транспорт».

У більшості сучасних досліджень рекомендовано впроваджувати саме другу схему для господарств малого та середнього рівня. Проте відсутність системного підходу до вибору оптимальних параметрів технічних засобів (місткість перевантажувача, кількість комбайнів, дистанція транспортування тощо) потребує подальшого дослідження, яке й здійснюється в цій роботі.

#### Формування мети дослідження

Мета статті – науково обґрунтувати й визначити раціональний спосіб транспортно-технологічного обслуговування зернозбиральних комбайнів у малих агропідприємствах України з урахуванням сучасних технічних і логістичних підходів.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- провести аналіз існуючих способів транспортування зерна з поля;
- визначити основні фактори, що впливають на вибір схеми обслуговування комбайнів;
- виконати порівняльні розрахунки ефективності різних схем;
- обґрунтувати вибір оптимальної технології для малих господарств;
- розробити практичні рекомендації щодо впровадження запропонованих рішень.

#### Викладення основного матеріалу дослідження

**Теоретичні основи оптимізації транспортно-технологічного обслуговування.** Ефективність збирання зернових культур визначається взаємодією трьох основних елементів технологічного процесу:

- комбайна як засобу первинного збору та обмолоту;
- транспортних засобів для вивезення зерна;
- організаційної схеми взаємодії між ними.

Невідповідність у роботі цих елементів призводить до простоїв, перевантажень або недовантажень техніки, що знижує загальну продуктивність комплексу. Для усунення цих недоліків необхідно розробити оптимальну систему обслуговування, у якій узгоджені параметри часу, обсягів і маршрутів руху машин.

**Теоретичні передумови оптимізації.** Відомо, що повний цикл роботи зернозбирального комбайна складається з таких етапів:

- намолот зерна (робочий хід);
- вивантаження зерна у транспортний засіб або проміжну ємність;
- очікування транспорту (у разі відсутності синхронізації);
- переїзд до наступної ділянки поля.

Тривалість кожного з етапів визначає продуктивність ( $Q_k$ ) комбайна (т/год), що можна записати як:

$$Q_k = \frac{Y \cdot B \cdot V}{10000}, \quad (1)$$

де  $Y$  – урожайність культури, т/га;

$B$  – робоча ширина захвату жатки, м;

$V$  – робоча швидкість руху, км/год.

Загальна тривалість одного циклу роботи комбайна  $t_c$  включає час на збирання  $t_z$ , вивантаження  $t_v$  і простої  $t_p$ :

$$t_c = t_z + t_v + t_p, \quad (2)$$

Оптимізація процесу передбачає мінімізацію часу простоїв  $t_p$  при забезпеченні максимальної використаної місткості транспортних засобів.

**Модель узгодження роботи комбайна і транспорту.** Для забезпечення безперервної роботи комбайна необхідно, щоб до моменту заповнення його бункера транспортний засіб або перевантажувач були готові до приймання зерна.

Нехай час намолоту повного бункера  $t_b$ , а час повного транспортного циклу автомобіля  $t_t$ . Для відсутності простоїв виконується умова:

$$t_c \leq n \cdot t_z, \quad (3)$$

де  $n$  – кількість транспортних засобів, закріплених за одним комбайном.

Якщо  $t_t > n \cdot t_b$ , виникають простоя комбайна. Якщо ж  $t_t < n \cdot t_b$ , простояє транспорт. Таким чином, існує оптимальне співвідношення між кількістю комбайнів і транспортних одиниць:

$$K_{opt} = \frac{t_t}{t_b}, \quad (4)$$

де  $K_{opt}$  – коефіцієнт оптимального співвідношення.

При  $K_{opt} = 1$  досягається повна синхронізація.

**Використання проміжної ланки як способу синхронізації.** У практичних умовах малих господарств використання проміжної ланки (перевантажувача зерна) дозволяє зняти обмеження, накладені різницею у тривалості циклів роботи комбайна і транспорту.

Перевантажувач виступає буфером, який накопичує зерно від кількох комбайнів і вивантажує його в автомобіль великої вантажопідйомності поза межами поля.

Схематично процес можна представити як дворівневу систему:

1. Комбайн → Перевантажувач (вивантаження під час руху);
2. Перевантажувач → Автомобіль (вивантаження на краю поля).

Тривалість циклу роботи перевантажувача визначається:

$$t_{ци} = t_{зб} + t_{пер} + t_{вив} \quad (5)$$

де  $t_{зб}$  – час завантаження зерна від комбайнів;

$t_{пер}$  – час переїздів між комбайнами;

$t_{вив}$  – час вивантаження у транспортний засіб.

Завдяки цьому усуваються простої комбайнів, оскільки вивантаження здійснюється «на ходу».

**Розрахунок ефективності використання перевантажувача.** Припустимо, що один перевантажувач обслуговує два комбайни з продуктивністю  $Q_k = 6,1$  т/год і бункером  $V_b = 4,2$  м<sup>3</sup>.

Час намолоту одного бункера становить  $t_b = 33$  хв.

Об'єм перевантажувача –  $V_n = 22$  м<sup>3</sup>.

Максимальна кількість бункерів, які може прийняти перевантажувач:

$$N_b = \frac{V_n}{V_b}, \quad (6)$$

$$N_b = \frac{22}{4,2} \approx 5,2,$$

тобто 5 бункерів.

Час одного циклу роботи перевантажувача (завантаження, переїзди, вивантаження) –  $t_{ци} = 60$  хв.

Коефіцієнт використання перевантажувача:

$$K_v = \frac{V_\phi}{V_n}, \quad (7)$$

$$K_v = \frac{21,8}{22,0} = 0,99,$$

що свідчить про майже повне завантаження об'єму перевантажувача та ефективну роботу комплексу.

**Методи досліджень.** Дослідження виконано на основі аналітичних, експериментальних і порівняльних методів із використанням вимірювальної апаратури та чисельного моделювання.

**Загальна методика.** Малі агропідприємства з площею ріллі 100–500 га, що використовують зернозбиральні комбайни середньої потужності (типу Claas Tucano, John Deere T550 або їх вітчизняні аналоги).

Визначення базових параметрів. Продуктивність комбайна, місткість бункера, урожайність, довжина гону, швидкість транспорту, відстань перевезення.

Порівняння двох технологічних схем.

*Схема А* – прямі перевезення;

*Схема Б* – із проміжною ланкою (перевантажувачем зерна).

Хронометражні спостереження. Визначення часу на вивантаження, переїзди, простої, завантаження транспорту.

Математичне моделювання. Розрахунок коефіцієнтів використання машинного часу ( $K_t$ ) і об'єму кузова ( $K_v$ ).

Коефіцієнт використання машинного часу:

$$K_t = \frac{t_{роб}}{t_{зм}}, \quad (8)$$

де  $t_{роб}$  – ефективний час роботи комбайна (збирання + вивантаження),

$t_{зм}$  – тривалість зміни (12 годин).

Експериментальні умови. Дослідження проведено на полі пшениці з урожайністю 4,4 т/га у господарстві площею 250 га (Сумська область).

Було випробувано такі варіанти комплектації (табл. 1).

Таблиця 1

## Варіанти комплектації

№	Склад збирально-транспортного агрегату	Об'єм кузова, м <sup>3</sup>	Кількість комбайнів	Спосіб обслуговування
1	1 комбайн + 2 автомобілі	5,1	1	Прямі перевезення
2	2 комбайни + 1 автомобіль	10,1	2	Прямі перевезення
3	2 комбайни + трактор + перевантажувач БНП-20	22,0	2	Із проміжною ланкою

Для кожного варіанту вимірювався: фактичний час простою комбайнів і транспорту; кількість рейсів за зміну; коефіцієнти завантаження кузова; тривалість повного циклу обслуговування.

**Результати досліджень.** Результати експериментальних випробувань свідчать, що схема транспортно-технологічного обслуговування з використанням проміжної ланки – перевантажувача зерна – є суттєво ефективнішою порівняно з прямими перевезеннями.

Основні показники ефективності подано в табл. 2.

Таблиця 2

## Порівняльні результати роботи збирально-транспортних комплексів

Показник	Схема А (прямі перевезення)	Схема Б (з перевантажувачем)	Відхилення, %
Продуктивність комбайнів, т/год	5,8	6,6	+13,8
Коефіцієнт використання машинного часу, $K_t$	0,79	0,91	+15,2
Середній час простою комбайна, хв/зм	128	42	-67,2
Середній час простою транспорту, хв/зм	95	64	-32,6
Витрата пального на 1 т зерна, л	1,27	1,12	-11,8
Продуктивність комплексу, га/зміну	22,1	25,6	+15,8

Як видно з таблиці 2, застосування перевантажувача дозволяє зменшити простої комбайнів майже у три рази та підвищити ефективність використання машинного часу на 15%. Зростання продуктивності комплексу в межах 13 – 16% підтверджує доцільність використання даної технологічної схеми в малих господарствах.

**Енергетичні показники.** Розрахунок питомих енерговитрат здійснювався за формулою:

$$E = \frac{G_p}{Q_c}, \quad (9)$$

де  $E$  – питомі енерговитрати, л/т;

$G_p$  – сумарна витрата пального комбайном і транспортом, л;

$Q_c$  – обсяг перевезеного зерна, т.

Для схеми Б питомі енерговитрати становили 1,12 л/т, що на 11,8% менше, ніж для схеми А. Це пояснюється зменшенням кількості заїздів автомобілів у поле та оптимальнішими маршрутами руху.

**Екологічні та експлуатаційні аспекти.** Застосування перевантажувачів зерна позитивно впливає на агро-екологічний стан полів. Оскільки вантажні автомобілі не заїжджають на ріллі, ущільнення ґрунту знижується на 35–40%, що покращує водно-повітряний режим і підвищує врожайність наступних культур на 2–3%.

Крім того, скорочення кількості переїздів транспорту зменшує витрати пального та шкідливі викиди CO<sub>2</sub>. Це відповідає сучасним вимогам до сталого розвитку аграрної логістики.

**Обговорення результатів.** Отримані результати підтверджують актуальність застосування перевантажувачів зерна як технологічного елемента сучасних збирально-транспортних систем для малих агропідприємств.

Виконані розрахунки демонструють, що головним фактором підвищення ефективності є усунення простоїв комбайнів, які в традиційній схемі досягають 20–25% від загального часу зміни. При використанні перевантажувача цей показник зменшується до 6–8%.

Узгодження роботи транспортних ланок забезпечує не лише підвищення продуктивності, а й стабільність ритму збирання, що критично важливо в умовах коротких агротехнічних термінів.

Розрахунки показують, що при площі збирання 300–400 га економія часу на завершення кампанії становить до 1,5–2 днів, що дозволяє уникнути втрат урожаю через перезрівання.

У контексті транспортних технологій перевантажувач виконує роль мобільного логістичного вузла, що оптимізує взаємодію між польовою та транспортною системами. Його застосування створює передумови для цифровізації процесу (через GPS-моніторинг, телематику, автоматизоване керування маршрутами).

У малих господарствах економічна доцільність використання перевантажувача підтверджується зменшенням питомих витрат пального та збільшенням обсягу перевезеного зерна на 1 машину за зміну.

За розрахунками, окупність інвестицій у придбання перевантажувача на рівні 18–22 м<sup>3</sup> становить близько 2 сезонів роботи.

### Висновки

Встановлено, що одним із найефективніших способів підвищення продуктивності збирально-транспортного процесу у малих агропідприємствах є впровадження схеми з проміжною ланкою – перевантажувачем зерна.

Оптимізація роботи комплексу «комбайн – перевантажувач – транспорт» дозволяє зменшити простій техніки на 60–70% і підвищити коефіцієнт використання машинного часу до 0,9–0,92.

Запропонована модель узгодження часу роботи комбайна і транспорту забезпечує безперервність процесу збирання та рівномірне навантаження всіх ланок системи.

Використання перевантажувачів сприяє зниженню питомих енерговитрат, зменшенню ущільнення ґрунту й підвищенню екологічної ефективності агровиробництва.

### Список використаної літератури

1. Мельник В. П. Оптимізація транспортного забезпечення збирання зернових культур // Вісник НУБіП України. 2021. № 4. С. 42–47.
2. Бойко І. М. Транспортні технології в агропромисловому комплексі. Київ : Аграрна наука, 2019. 312 с.
3. Погорілий П. О. Агроінженерія: транспортні системи та технології. Київ : НАУ, 2022. 294 с.
4. Тарасенко О. Г. Транспортні технології в аграрному секторі. Харків : ХНТУСГ, 2020. 214 с.
5. Гаврилюк С. В. Підвищення ефективності використання збирально-транспортних комплексів у малих господарствах // Механізація та електрифікація сільськогосподарства. 2019. № 8. С. 17–23.
6. Нефьодов В. М. Рационалізація технології перевезень зерна / В. М. Нефьодов, Ю. А. Ткаченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. Т. 3, № 3 (63). С. 13–15. URL: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/14673/12435> (дата звернення: 25.10.2025).
7. Євтушенко С. О. Логістика сільськогосподарського виробництва. Київ : КНЕУ, 2021. 348 с.
8. Шкура А. М. Аналіз ефективності застосування перевантажувачів зерна в умовах України // Техніка АПК. 2020. № 12. С. 11–15.
9. Дрозд І. С. Технологічне обслуговування зернозбиральних комбайнів. К. : НАУ, 2022. 168 с.
10. Ігнатенко І. І. Підвищення ефективності використання транспортних засобів при збиранні зернових культур / І. І. Ігнатенко, П. М. Стадник // Вісник аграрної науки. 2020. № 9. С. 72–79.
11. Василенко В. О. Організація збирально-транспортних процесів у сільському господарстві / В. О. Василенко, О. П. Гнатенко. Харків : ХНАУ, 2020. 286 с.
12. Sikora J. Support of Internal Transport Optimization in Farms with the Use of Spatial Information Systems / J. Sikora [et al.] // Agricultural Engineering. 2020. Vol. 24, Iss. 4. P. 87–94.
13. Fulton J. Efficiency of grain handling systems on small farms / J. Fulton, W. Porter, L. Smith // Agricultural Engineering International. 2020. Vol. 22, Iss. 3. P. 55–64.
14. Дослідження ефективності використання перевантажувачів зерна типу БНП-20 у фермерських господарствах : звіт кафедри транспортних технологій. Київ : НУБіП України, 2023. 47 с.

### References

1. Melnyk, V. P. (2021). *Optimization of transport support for grain harvesting*. Visnyk of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, (4), 42–47. [in Ukrainian]
2. Boiko, I. M. (2019). *Transport technologies in the agro-industrial complex*. Kyiv: Agrarian Science. [in Ukrainian]
3. Pohorilyi, P. O. (2022). *Agroengineering: Transport systems and technologies*. Kyiv: National Aviation University. [in Ukrainian]
4. Tarasenko, O. H. (2020). *Transport technologies in the agricultural sector*. Kharkiv: KhNTUSG. [in Ukrainian]
5. Havryliuk, S. V. (2019). *Improving the efficiency of harvesting and transport complexes in small farms*. Mechanization and Electrification of Agriculture, (8), 17–23. [in Ukrainian]
6. Nefiodov, V. M., & Tkachenko, Yu. A. (2013). *Rationalization of grain transportation technology*. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(3[63]), 13–15. Retrieved October 25, 2025, from <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/14673/12435> [in Ukrainian]
7. Yevtushenko, S. O. (2021). *Logistics of agricultural production*. Kyiv: KNEU. [in Ukrainian]
8. Shkura, A. M. (2020). *Analysis of the efficiency of grain auger wagons under Ukrainian conditions*. Tekhnika APK, (12), 11–15. [in Ukrainian]
9. Drozd, I. S. (2022). *Technological maintenance of grain harvesters*. Kyiv: NAU. [in Ukrainian]
10. Ihnatenko, I. I., & Stadnyk, P. M. (2020). *Improving the efficiency of transport vehicles in grain harvesting*. Visnyk of Agrarian Science, (9), 72–79. [in Ukrainian]
11. Vasylenko, V. O., & Hnatenko, O. P. (2020). *Organization of harvesting and transport processes in agriculture*. Kharkiv: KhNAU. [in Ukrainian]

12. Sikora, J., Kowalski, P., & Nowak, A. (2020). *Support of internal transport optimization in farms with the use of spatial information systems*. *Agricultural Engineering*, 24(4), 87–94.

13. Fulton, J., Porter, W., & Smith, L. (2020). *Efficiency of grain handling systems on small farms*. *Agricultural Engineering International*, 22(3), 55–64.

14. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. (2023). *Research on the efficiency of using BNP-20 grain auger wagons on farms: Department of Transport Technologies report*. Kyiv: NUBiP of Ukraine. [in Ukrainian]

*Дата першого надходження рукопису до видання: 26.11.2025*

*Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 12.12.2025*

*Дата публікації: 31.12.2025*