

ФРИШЕВ Сергій

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
„Ніжинський агротехнічний інститут”, м. Ніжин.
ORCID ID: [0000-0001-6474-2191](https://orcid.org/0000-0001-6474-2191)
e-mail: fryshev@outlook.com

ЛУКАЧ Василь

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
„Ніжинський агротехнічний інститут”, м. Ніжин.
ORCID ID: [0000-0001-5715-9029](https://orcid.org/0000-0001-5715-9029)
e-mail: vslukach@ukr.net

ІКАЛЬЧИК Микола

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
„Ніжинський агротехнічний інститут”, м. Ніжин.
ORCID ID: [0000-0001-7085-2952](https://orcid.org/0000-0001-7085-2952)
e-mail: m.ikalchyk@gmail.com

ВАСИЛЮК Володимир

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
„Ніжинський агротехнічний інститут”, м. Ніжин.
ORCID ID: [0000-0003-3840-5428](https://orcid.org/0000-0003-3840-5428)
e-mail: dekan.ac@ukr.net

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА ВІД КОМБАЙНІВ

У роботі наведено обґрунтування вдосконаленого технологічного процесу перевезення зерна від зернових комбайнів (ЗК) напівпричепом самоскидом (НП) з трактором та сідельним причепом.

Ключові слова: перевезення зерна, комбайни, напівпричеп самоскид, підкатний сідельний причіп, продуктивність.

FRYSHEV Sergii, LUKACH Vasyi, IKALCHYK Mykola, VASYLYUK Volodymyr
Separated Subdivision of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
“Nizhin Agrotechnical Institute”, Nizhyn, Ukraine

IMPROVEMENT OF GRAIN TRANSPORTATION TECHNOLOGY FROM COMBINES

The article provides a rationale for an improved technological process for transporting grain from grain combines (ЗК) by a semi-trailer dump truck (НП) in an aggregate with a tractor and a saddle trailer. One of the main reserves for increasing the productivity of a combine is to increase the utilization factor of its shift time by using transshipment technology based on interoperation compensators - tractor trailers for reloaders of the PBN-30, PBN-40, PBN-50 brands, etc. and heavy vehicles (AT), in the body which grain is being reloaded outside the field. The lack of technology is significant downtime of vehicles.

A comparative analysis of various technological schemes for the operation of the (ЗК) and vehicles showed that the minimum specific duration of harvesting and transport operations is achieved by using a tractor with a tractor to work in the field, subject to the minimum time spent on the formation (uncoupling, hitching) of transport units using a fifth wheel coupling device, which fitted with a trailer. At the same time, vehicles are used as negotiable (НП)s, which makes it possible to organize the continuous operation of tractors in the sections “ЗК - edge of the field” and “edge of the field - grain receiving point”, where possible downtime of the AT is replaced by downtime only of the НП.

We have proposed a technical solution containing a temporary redistribution of the mass of grain in the body of the НП by loading it into the front part of the body. At the same time, the rear wheels of the НП are partially unloaded and do not over-compact the soil, and the rolling semi-trailer, equipped with wide-profile low-pressure tires, perceives additional load without significant soil compaction.

The theoretical analysis of the rhythm of the processes of grain movement by individual technological links of the harvesting and transport complex made it possible to determine the analytical dependences of the main parameters of these links on the productivity of the grain combine and the volume of its bunker, the nominal load capacity of the НП, the duration of the НП recoupling, the distance of grain transportation, the average technical speed of the tractor and the car. The use of semi-shuttle transporters operating in two stages: in the field and on the road, provides a 1.5-fold increase in the productivity (average output) of the AT, and also eliminates the cost of specialized reloading trailers and double reloading of grain.

Key words: Transportation of grain, combines, semi-shuttle movement, semi-trailer dump truck, rolling saddle trailer, productivity.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Аналіз технологічної схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням причепів-перевантажувачів (ПП), інша назва – перевантажувальні бункери-накопичувачі – ПБН, ПНБ зі шнековими пристроями для розвантаження, дозволів виявити [1,2] ряд перешкоджаючих досягненню максимального ефекту недоліків, до числа яких можна віднести наступні:

- необхідність своєчасного під'їзду АТ до ПП обумовлює простої АТ (до 30% від часу зміни [3]);
- необхідність виконання додаткової операції (в порівнянні з технологією прямих перевезень) -

перевантаження зерна із одного транспортного засобу (причеп-перевантажувача) в інший (великовантажний АТ). Таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна.

Аналіз досліджень та публікацій

Аналіз схем перевезення зерна від комбайнів з використанням мобільних міжопераційних компенсаторів [1,3] показав, що застосування автотракторних причепів та напівпричепів з підкатними причепами (рис. 1) забезпечує мінімальну питому тривалість збирально-транспортних операцій.

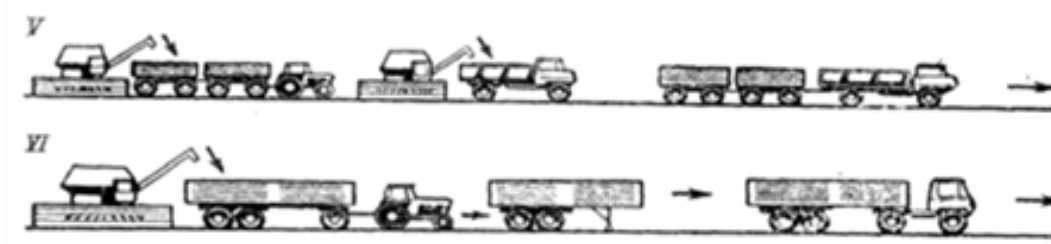


Рис. 1. Схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням автотракторних причепів та напівпричепів з підкатними причепами

Виробниче впровадження такої схеми може бути досягнуто за умовою виключення ущільнення ґрунту колесами НП та за рахунок раціональних витрат часу на відчіплення-причеплення НП.

Формулювання цілей статті

Метою досліджень є зменшення питомого тиску коліс транспортних засобів на ґрунт та часу очікування завантаження автотранспорту шляхом удосконалення технологічного процесу.

Виклад основного матеріалу

З урахуванням позитивних оціночних показників нами прийнято збирально-транспортний комплекс (ЗТК), що містить групу ЗК та автотракторні поїзди, до складу яких входить трактор, напівпричіп та сідловий причіп ПСП-20 (рис. 2).



Рис. 2. Схема тракторного автопоїзда з ПСП-20

Сідловий причіп ПСП-20, який з'єднує трактор (тягач) та НП поїзда, обладнаний спеціальним зчипним пристроєм (СЗП).

Напівпричепа з тягачами застосовуються послідовно в двох технологічних ланках: для роботи в полі «ЗК – НП - трактор» і для транспортування по дорозі від поля до ХПП - «НП – дорожній тягач (АТ - автомобільний або тракторний)». У першій ланці НП функціонує як міжопераційний компенсатор, який завантажується зерном з бункерів не менш чим від двох комбайнів.

Після заповнення зерном НП перевозиться на край поля, відчіпляється і замінюється на пустий для подальшої роботи в полі, а завантажені НП перевозяться дорожніми тягачами на ХПП, де розвантажуються і повертаються пустими на край поля.

Для зменшення ущільнення ґрунту нами запропоновано технічне рішення, яке містить тимчасовий перерозподіл маси зерна в кузові НП під час його транспортування в полі [4]. З урахуванням того, що кузов НП (рис. 4) має дві узагальнені опори на ґрунт: задню (2-х або 3-х вісню) тележку і передню 2-х вісню - підкатний сідловий причіп ПСП-20, який обладнується широкопрофільними шинами низького тиску, доцільним є завантаження зерна переважно в передню частину кузова НП.

Це створює такий розподіл навантаження під час руху тракторного автопоїзда з ПСП-20 по полю, при якому задні колеса НП будуть частково розвантажені і не ущільнюють суттєво ґрунт, а підкатний сідловий причіп сприймає додаткове навантаження і завдяки широкопрофільним шинам низького тиску, виключає надмірне ущільнення ґрунту.

Як показують попередні розрахунки з урахуванням теорії сипучих матеріалів [5] під час застосування напівпричепа зерновоза НПС 3250 з вантажопідйомністю 25 тонн (висота бортів 2,1 м,



Рис. 3. Автомобільний напівпричіп зерновоз НПС 3250 з підкатним причіпом ПСП-20 для роботи з трактором у полі

довжина кузова 6,3 м) завантаження зерна в передню частину кузова дозволяє зменшити навантаження на задні колеса до 5 тонн із завантаженням СПС-20 до 20 тонн.

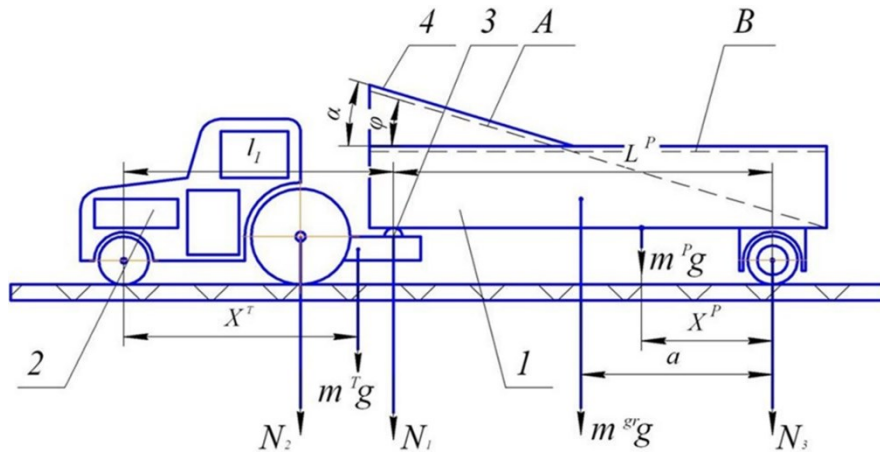


Рис. 4. Схема тимчасового перерозподілу маси зерна в кузові НП під час його транспортування у полі (підкатний причеп умовно не показаний)

Після перевезення на край поля та переціплення для перевезення по дорозі кузови НП за допомогою гідроциліндра нахиляється до горизонту для рівномірного розподілу зерна під дією гравітації по дні кузову. Технічним результатом, який забезпечується наведеною сукупністю ознак є зменшення тиску на ґрунт задніх коліс до допустимого агрономічними значеннями.

Для розрахунку робочих параметрів ЗТК в роботі [1] розглянуто ритмічність роботи першої технологічної ланки: «ЗК – напівпричіп самоскид з трактором» і визначена кількість НП $n_{П}$, які обслуговують групу комбайнів m_K за формулою:

$$n_{П} = CEILING \frac{m_K}{m_{KH}}, \text{ од.} \quad (1)$$

де $CEILING$ – функція, яка повертає найближче більше ціле значення;

m_K – загальна кількість комбайнів в групі;

m_{KH} – кількість комбайнів, які обслуговуються одним НП. Вона визначається як [1, 6]:

$$m_{KH} = INT(\omega_K d_B (\frac{9,25}{W_{KP}} + \frac{8,33}{W_{ШК}}) - 8,33 t_{ВП} - 0,667) \text{ од.}, \quad (2)$$

де INT – функція, яка повертає найближче менше ціле значення;

W_{KP} – продуктивність ЗК за 1 годину основного часу його роботи, т/год.;

$W_{ШК}$ – продуктивність вивантажувального шнека ЗК за 1 годину основного часу, т/год.;

$t_{B-П}$ – середня тривалість переціпки (відчіплення - причеплення) НП;

ω_K – об'єм бункера комбайна, m^3 ;

d_B – об'ємна маса зерна, t/m^3 .

Загальна кількість НП, які потрібні для роботи ЗТК (рухаються, очікують причеплення та знаходяться під навантаженням) дорівнює кількості НП, що працюють у обох ланках: та визначається за формулою [3]:

$$П = n_{П} + n_{AT} + n_3 \text{ од.}, \quad (3)$$

де n_3 – додаткова кількість НП, яка урахує стохастичність їх руху по дорозі і необхідна для застосування під час випадкової затримки АТ. Ця кількість визначається експериментально під час роботи ЗТК і розміщується на краю поля.

n_{AT} – кількість автотягачів (АТЗ) для перевезення зерна в ХПП з рівняння:

$$n_{AT} = CEILING \frac{n_{П} (2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВВВ})}{0,08 + 0,12\rho + t_{B-П}} \text{ од.}, \quad (4)$$

$t_{ВІВ}$ — тривалість перебування АТ в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт, год.;

l_{ij} — відстань перевезення зерна з поля (пункту і) в пункт розвантаження ХПП

V_T — середня технічна швидкість АТ.

$t_{В-П}$ - середня тривалість причіпки (відчіплення - причеплення) НП;

ρ - кількість бункерів ЗК, які вмістяться в кузов НП.

Для кількісної оцінки перевезення зерна з поля застосуємо показник продуктивності ТЗ за робочий день.

$$W_{PD} = \frac{Q_{PD} \cdot l_{ij}}{n_{DT}} \quad \text{ткм/р.д.}, \quad (5)$$

де Q_{PD} - обсяг зерна, який збирається і перевозиться збирально-транспортним комплексом за 1 робочий день.

Порівнюємо даний варіант технології збирання та перевезення зерна з найбільш прогресивною за темпами впровадження в Україні перевантажувальною технологією із використанням причепа-перевантажувача у наступному прикладі. Розглянемо застосування технологічних схем збирання урожаю зерна з площі 2100 га зерновими комбайнами Джон Дір 9780 і перевезення зерна на приймальний пункт ($W_{KR}=15,3\text{т/год.}$, $\omega_K=10\text{м}^3$, $d_B=0,75\text{ т/м}^3$, урожайність $U=6\text{ т/га}$, кількість робочих днів для збирання зерна за агровигомами $D_P=10$ днів, тривалість зміни $T_{ЗМ}=8$ год., коефіцієнт змінності $K_{ЗМ}=1,5$, відстань перевезення зерна $l_{ij}=8\text{ км}$, $v_T=40\text{ км/год.}$, транспортний склад подано в таблиці 1

Розрахунки параметрів для технології із застосуванням НП проведено відповідно методики, яка представлена в даній роботі. Для перевантажувальної технології розрахунки виконано згідно методики, яка міститься в роботі [1]. Результати розрахунків подано в таблиці 1.

З представлених даних видно, що використання НП, які працюють за напівчовниковим рухом у двох ланках: в полі та на дорозі, забезпечує підвищення продуктивності (середнього виробітку) АТЗ в 1,5 рази з 210 до 315 т/р.д. за рахунок зменшення їх простоїв. Це дозволяє відповідно зменшити їх кількісний склад в ЗТК.

Таблиця 1

Порівняльні техніко-експлуатаційні та кількісні показники роботи ЗТК

Технологічні варіанти	Машини ЗТК							Середній виробіток одного АТЗ, т/р.д.
	ЗК Джон Дір 9780	ПП Кінзе 850	НП зерновоз НПС 3250	Трактор Джон Дір 8440	Авто-тягач Iveco Trakker AT260T44	АТЗ КамАЗ 6520 AGRO	Підкатний сідловий причіп ПСП-20	
Перевантажувальна технологічна схема	9	3	-	3	-	6	-	210
Перевезення напівпричепами	9	-	7	3	4	-	3	315

1. Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

2. Тимчасовий перерозподіл маси зерна в кузові НП під час його транспортування в полі трактором і застосування сідлового причепа ПСП-20 з широкопрофільними шинами низького тиску дозволяє знизити ущільнення ґрунту.

3. Використання НП, які працюють за напівчовниковим рухом у двох ланках: в полі та на дорозі, забезпечує підвищення продуктивності (середнього виробітку) АТЗ в 1,5 рази з 210 до 315 т/р.д. за рахунок зменшення їх простоїв, що дозволяє відповідно зменшити їх кількісний склад в ЗТК.

Література

1. Фришев С. Г., Козупиця С.І. Розробка ефективних технологій транспортування зерна від комбайнів. Монографія. К. 2015. – 224 с.
2. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки./А.И. Воркут – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
3. Измайлов А. Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. /Измайлов А. Ю. — М.: ФГНУ «Рос-информагротех», 2007. – 200 с.
4. Фришев С.Г., Дьомін О.А. Патент на корисну модель № 135168. Спосіб транспортування зерна від комбайнів. Зареєстровано 25.06.2019.
5. Гячев Л.В. Теория сыпучих материалов/ М.: ФГНУ «Рос-информагротех», 1976. – 250 с.

6. Зязев В. А., Капланович М. С., Петров В. И. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом. – М.:Транспорт, 1979. – 253 с.

References

1. Frishev S. G., Kozupicya S.I. Rozrobka efektyvnykh tekhnologiy transportuvannya zerna vid kombajniv. Monografiya. K. 2015. – 224 s.
2. Vorkut A.I. Gruzovye avtomobil'nye perevozki./A.I. Vorkut – K.: Vishcha shkola, 1986. – 447 s.
3. Izmajlov A. Yu. Tekhnologii i tekhnicheskie resheniya po povysheniyu effektivnosti transportnykh sistem APK. /Izmajlov A. Yu. — M.: FGNU «Ros-informagrotekh», 2007. – 200 s.
4. Frishev S.G., D'omin O.A. Patent na korisnu model' № 135168. Sposib transportuvannya zerna vid kombajniv. Zareestrovano 25.06.2019.
5. Gyachev L.V. Teoriya sypuchih materialov/ M.: FGNU «Ros-informagrotekh», 1976. – 250 s.
6. Zyazev V. A., Kaplanovich M. S., Petrov V. I. Perevozki sel'skohozyajstvennykh gruzov avtomobil'nym transportom. – M.:Transport, 1979. – 253 s.

Надійшла/Paper received : 26.09.2022 р. Надрукована/Printed :01.11.2022 р.