

ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

Фришев С.Г.¹, Козупиця С.І.², Воронков О.А.³

¹ доктор технічних наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

² кандидат технічних наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

³ аспірант, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Обґрунтовано напрям удосконалення збирально-транспортних процесів із застосуванням обігових напівпричепів.

Зерно, збирання, транспортування, транспортні засоби, обігові напівпричепи, ефективність.

Постановка проблеми. Введення в технологічну лінію між зернозбиральними комбайнами (ЗК) і автотранспортними засобами (АТЗ) під час збирання урожаю проміжної перевантажувальної ланки – міжопераційного компенсатора дозволяє суттєво, порівняно з прямими автомобільними перевезеннями зерна, скоротити час збирально-транспортних операцій і в цілому підвищити ефективність збирально-транспортного комплексу (ЗТК) головним чином за рахунок зменшення простоїв ЗК під час очікування розвантаження зерна з бункера.

Роль таких мобільних компенсаторів виконують спеціалізовані тракторні причепи-перевантажувачі (ПП) (інша назва – перевантажувальні бункери-накопичувачі – ПБН, ПНБ) зі шнековими пристроями для розвантаження, а також автомобільні та тракторні універсальні причепи і напівпричепи [1-3] (рис. 1).

Найбільш розповсюдженим типом міжопераційних компенсаторів, що застосовують у виробництві, є ПП, який у складі ЗТК під час збирання зернових культур виконує наступний технологічний процес. Група комбайнів рухається по полю, і по мірі заповнення їх бункерів, зерно розвантажується в кузови ПП, які транспортують його на край поля для перевантаження у великовантажні АТЗ (рис. 2-4), що здійснюють перевезення зерна у хлібоприймальний пункт (ХПП - тік або елеватор).

Застосування шин низького тиску у ПП виключає ущільнення ґрунту колесами великовантажних АТЗ, які транспортують зерно у приймальний пункт лише від краю поля. Підвищення продуктивності ЗК відбувається за рахунок зменшення часу їх простою для очікування розвантаження бункерів.

Аналіз технологічної схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням ПП дозволяє виявити ряд недоліків, перешкоджаючих досягненню максимального ефекту, до числа яких можна віднести наступні:

- необхідність своєчасного під'їзду АТЗ до ПП обумовлює простої АТЗ (до 36% від часу зміни [4]);
- необхідність виконання додаткової операції (в порівнянні з технологією прямих перевезень) - перевантаження зерна із одного транспортного засобу (причепа-перевантажувача) в інший (великовантажний АТЗ); таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна.

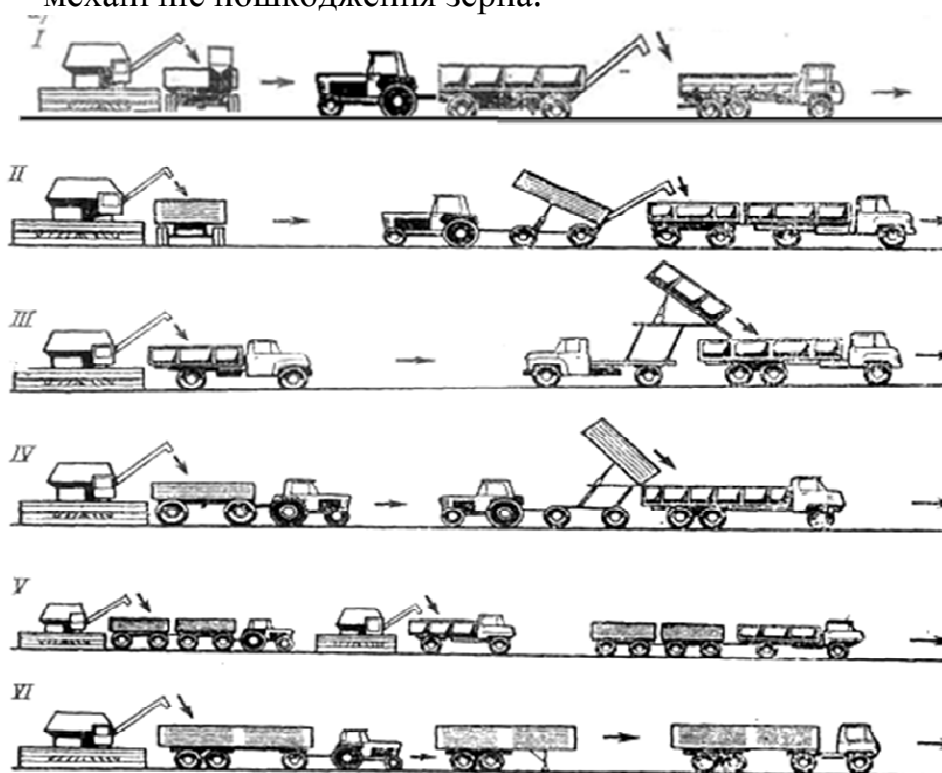


Рис. 1. Схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням мобільних міжопераційних компенсаторів



Рис. 2. Розвантаження зерна з бункера комбайна в ПП



Рис. 3. Транспортування зерна в ПП на край поля



Рис. 4. Вивантаження зерна на краю поля в кузов великовантажного АТЗ

Аналіз останніх досліджень. З метою пошуку раціональних схем транспортування продукції урожаю від комбайнів нами застосовані дані аналізу роботи компенсаторів, які виконано Каплановичем М.С. [2]. Оскільки на перевезенні зерна можливо застосування ТЗ різних вантажностей, то для порівняльної їх оцінки доцільно визначати питому тривалість ЗТО, яка віднесена до 1т перевезеного зерна:

$$t_{\text{пит}} = \frac{T_n}{q \cdot \gamma} = \frac{t_n + t_{\text{оч}} + t_{\text{п.ф.}} + t_{\text{рух}} + t_{\text{роз}}}{q \cdot \gamma}, \quad (1)$$

де T_n – тривалість ЗТО, год.

t_n , – тривалість переїздів ТЗ по полю та завантаження зерном автомобіля [1-2]:

$$t_n = 0,08 + 0,12\rho,$$

ρ - кількість бункерів зерна комбайна, яка розвантажується в кузов ТЗ;

$t_{\text{рух}}$ - тривалість руху АТЗ від поля до ХПП і назад;

$t_{\text{роз}}$ - тривалість розвантаження зерна в ХПП;

$t_{\text{оч}}$, $t_{\text{п.ф.}}$ - тривалість відповідно очікування автомобілем завантаження зерном та переформування автотракторного поїзда

(відчіплення – причіплення НП або причепів);

q – номінальна вантажність ТЗ, т;

γ – коефіцієнт статичного застосування вантажності.

На рис.5 представлено отримані залежності питомої тривалості ЗТО від вантажності ТЗ [2]. Введення в технологічну лінію між комбайнами і транспортними засобами проміжної ланки дозволяє значно (в 2-5 рази) скоротити час збирально-транспортних операцій (ЗТО) порівняно з прямими автомобільними перевезеннями. Виробниче впровадження схеми V ускладнено реалізацією переформування багатоланкового автотракторного поїзда. Схеми I-IV, VI, мають практично однакові результати.

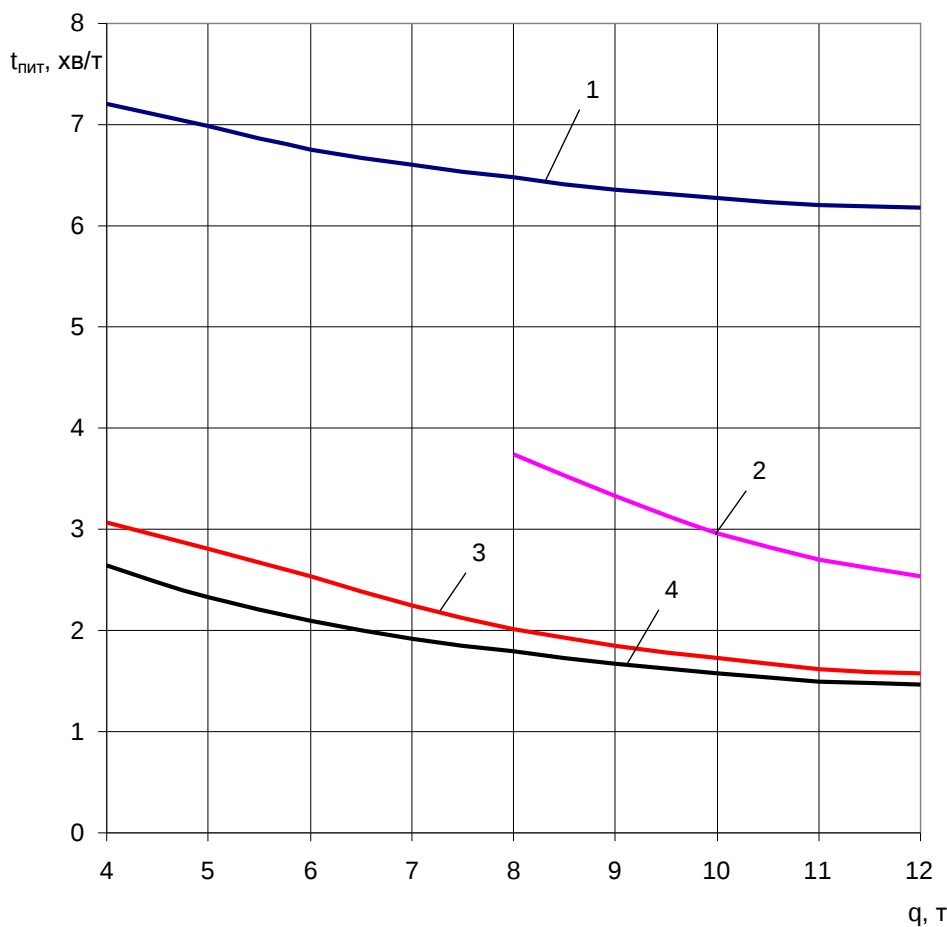


Рис. 5. Залежність питомої тривалості збирально-транспортних операцій: 1 – прямі автомобільні перевезення; 2 – перевезення по схемі V; 3 – перевезення по схемам I, II, III, IV; 4 – перевезення по схемі VI.

Метою дослідження є підвищення ефективності технології перевезення зерна від комбайнів шляхом обґрунтування

перспективного напрямку удосконалення збирально-транспортних процесів

Результати досліджень. З урахуванням позитивних оціночних показників і наявності певного технічного забезпечення, яке дозволяє проводити удосконалення на сучасному етапі, нами прийнято до наступних досліджень схема VI. Одним із варіантів такого удосконалення є застосування для транспортування НП трактора із сідельним зчіпним пристроєм (СЗП). Такий трактор не тільки ефективно буксирує напівпричіп в полі та має мінімальний час на «причіплення-відчіплення» НП, але і зменшує ущільнення ґрунту, оскільки частка ваги НП з зерном сприймається задніми колесами трактора, кількість яких при цьому збільшується. Характеристика тракторів із СЗП подана в таблиці 1.

Таким чином, напівпричіп в поєднанні з трактором може виконувати функцію компенсатора - спеціалізованого транспортного засобу замість, наприклад причепів ПБН-30, ПБН-40, що дозволить знизити витрати на оренду або придбання необхідної техніки. Одночасно такі транспортні засоби використовуються як обігові НП та дозволяють організувати безперервну роботу АТЗ на ділянці «край поля – ХПП» шляхом застосування «складу на колесах».

Таблиця 1– Характеристика тракторів із сідельним пристроєм

Параметри трактора	Модель трактора	
	ХТА-200-5	К-703 МА-12-02
Номінальна потужність к.с. (кВт)	210 (154,4)	350 (257)
Максимальне навантаження на сідло (СЗП), т	5	11
Висота сидла від рівня дороги, мм	1600	1900-2000

НП в полі працює в складі тракторного транспортного агрегату, який містить трактор з сідельним зчіпним пристроєм (сідло - ідентичне з авто-тягачами) (рис. 6), а на дорозі від поля до ХПП - з автомобілем-тягачем, як транспортний засіб. Після заповнення зерном НП перевозиться на край поля, відчіпляється і замінюється на пустий для подальшої роботи, а завантажені НП перевозяться тягачами на ХПП.



Прикладом НП для роботи по даної схемі є напівпричіп самоскид НПС 2150 (зерновоз промислової компанії «Пожмашина») та НП Langendorf Tipper (рис. 7, 8), які призначені для перевезення у складі автопоїзда з сідельним автотягачем зернових та інших насипних, навалочних сільськогосподарських вантажів: комбікормів, соломи, цукрових буряків та ін.



Рис. 7. Автомобільний напівпричіп-самоскид НПС 2150 (Україна) з автотягачем

Напівпричіп-самоскид НПС 2150 призначений для експлуатації з сідельними тягачами і обладнано гідравлічною системою для підйому кузова. Місткість кузова - 50 м^3 ; маса (номінальна) вантажу, - до 25,8 т.



Рис.8. Автомобільний напівпричіп-самоскид Langendorf Tipper (Бельгія) (вантажність 24,4 т)

Для розрахунку параметрів ЗТК розглянемо ритмічність роботи першої ланки: «ЗК – НП з трактором». Виходячи з основної вимоги поточності для групи комбайнів та одного ТПП, маємо:

$$R_K = I_H, \quad (2)$$

де R_K - ритм роботи групи комбайнів, год.;

I_H - інтервал надходження НП до місця взаємодії з технологічною машиною – комбайном, год.

Ритм роботи групи комбайнів в кількості m_K , якщо в НП завантажується ρ бункерів, тобто НП обслуговує ρ комбайнів ($\rho = m_K$), дорівнює

$$R_K = \frac{1,11t_B\rho}{m_K} = \frac{1,11\omega_K d_B}{W_{KP}}, \text{ год.}, \quad (3)$$

де t_B — час заповнення зерном бункера комбайна:

$$t_B = \frac{\omega_K d_B}{W_{KP}}, \text{ год.},$$

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

ω_K — об'єм бункера комбайна, м³;

d_B — об'ємна маса зерна, т/м³;

Інтервал надходження НП до місця взаємодії з комбайнами:

$$I_H = t_{II} + t_{B-II} - \frac{\omega_K d_B}{W_{ШК}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-II} - \frac{\omega_K d_B}{W_{ШК}}, \text{ год.}, \quad (4)$$

де t_{B-II} середня тривалість перечіпки (відчіплення - причеплення) НП;

$t_{\Pi} = 0,08 + 0,12\rho$ - тривалість їздки НП по полю [2];

$W_{\text{ШК}}$ – продуктивність вивантажувального шнека ЗК, т/год.

Після підстановки значень з (3 та 4) в (2) одержимо

$$\frac{1,11\omega_K d_B}{W_{\text{КР}}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{\text{Б-П}} - \frac{\omega_K d_B}{W_{\text{ШК}}}.$$

Звідси кількість бункерів зерна ЗК, що завантажується в НП, а також кількість ЗК, які обслуговуються одним НП, дорівнює

$$\rho = \text{INT}(\omega_K \cdot d_B (\frac{9,25}{W_{\text{КР}}} + \frac{8,33}{W_{\text{ШК}}}) - 8,33t_{\text{Б-П}} - 0,667), \text{ од.}, \quad (5)$$

де INT - функція, що повертає найближче менше ціле значення.

Вибір вантажопідйомності НП виконується, виходячи з умови кратності вантажопідйомності кузова НП і бункера ЗК:

$$q_H \geq q_B \rho, \quad (6)$$

де q_H - номінальна вантажопідйомність кузова обраного НП;

q_B - маса зерна в бункері.

Друга умова вибору марки НП: місткість кузова ω_H обраного НП повинна бути кратною місткості бункера комбайна:

$$\omega_H \geq \omega_K \rho. \quad (7)$$

Виходячи з виразів (6, 7) вибираємо відповідну за вантажопідйомністю q_H марку НП.

Кількість НП з тракторами, які одночасно з комбайнами працюють в полі, дорівнює:

$$n_{\text{НП}} = \text{CEILING} \frac{m_K}{\rho}, \quad (8)$$

де CEILING - функція, що повертає найближче більше ціле значення.

Умова поточності другої ланки «НП – АТ» має такий вид:

$$R_2 = I_2, \quad (9)$$

де R_2 - ритм роботи НП з трактором, год.;

I_2 - інтервал надходження АТ, год.

Ритм роботи НП з трактором визначається як

$$R_2 = \frac{0,08 + 0,12\rho + 2t_{\text{Б-П}}}{n_{\text{НП}}}, \text{ год.}, \quad (10)$$

Інтервал надходження АТ:

$$I_2 = \frac{t_{OB}}{n_{AT}} = \frac{2t_{B-\Pi} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{BIB}}{n_{AT}}, \text{ год.}, \quad (11)$$

де $t_{OB} = 2t_{B-\Pi} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{BIB}$ - тривалість обороту АТ, год.;

n_{AT} - кількість АТ, од.;

t_{BIB} — 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 приймальний пункт розвантаження (пункт j), км;

v_T — середня технічна швидкість АТ на шляху від поля на тік, км/год.

Після підстановки значень з (10 та 11) в (9) та відповідного перетворення одержимо кількість автотягачів для перевезення зерна з рівняння

$$n_{AT} = CEILING \frac{n_{HPI} t_{OB}}{0,08 + 0,12\rho + 2t_{B-\Pi}} = CEILING \frac{n_H (2t_{B-\Pi} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{BIB})}{0,08 + 0,12\rho + t_{B-\Pi}}, \text{ од.}, \quad (12)$$

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:

$$P = P_1 + P_2, \text{ од.}, \quad (13)$$

де P_1, P_2 - кількість НП відповідно у ланках «ЗК – НП з трактором» та «НП - АТ»;

$$P_1 = n_{HPI}, \text{ од.},$$

Кількість НП у ланці «НП - АТ»:

$$P_2 = n_{AT} (1 + \frac{(t_{BIB} + t_{B-\Pi})v_T}{2(l_{ij} + v_T t_{B-\Pi})}), \text{ од.}, \text{ од.},$$

Після підстановки складових рівняння (13) отримаємо загальну кількість НП як

$$P = n_{HPI} + n_{AT} (1 + \frac{(t_{BIB} + t_{B-\Pi})v_T}{2(l_{ij} + v_T t_{B-\Pi})}), \text{ од.}, \text{ од.} \quad (14)$$

Таким чином на підставі теоретичного аналізу роботи збирально-транспортного комплексу із обіговими автомобільними напівпричепами самоскидами обґрунтована методика визначення складу ЗТК.

Порівняємо даний варіант технології збирання та перевезення зерна з найбільш прогресивною по темпам 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 ($W_{кр} = 15,3 \text{ т/год.}$, $\omega_k = 10 \text{ м}^3$, $d_B = 0,75 \text{ т/м}^3$, урожайність $U = 6 \text{ т/га}$, кількість робочих днів для збирання зерна за агровимогами $D_p = 10$ днів, тривалість зміни $T_{зм} = 8$ год., коефіцієнт змінності $K_{зм} = 1,5$, відстань перевезення зерна $l_{ij} = 8 \text{ км}$, $v_T = 40 \text{ км/год.}$).

В таблиці 2 представлено розрахунковий склад та показники роботи машин двох ЗТК: для перевантажувальної технологічної схеми і для перевезення із застосуванням НП.

З представлених даних видно, що використання НП, які працюють за напівчовниковим рухом у двох ланках: в полі та на дорозі, забезпечує мінімальні простої транспортних засобів. Це дозволяє в 1,5 рази підняти їх продуктивність та відповідно зменшити кількість автотягачів і скоротити витрати палива.

Таблиця 2 – Порівняльні техніко-експлуатаційні та кількісні показники роботи ЗТК за перевантажувальною технологічною схемою та перевезеннями з використанням НП

Варіанти ЗТТ	Склад і кількість машин, од.						Середній виробіток одного АТЗ, т/р.д.
	ЗК Джон Дір 9780	ПП Кінзе 850	НП Lan ger dorf	трактор Джон Дір 8440	автотягач Iveco Trakker AT260T44	АТЗ КамАЗ 6520 AGRO r	
Перевантажувальна технологічна схема	9	3	-	3	-	6 -	210
Перевезення напівпричепами	9	-	7	3	4	-	315

Висновок. Застосування обігових НП в складі автотракторних поїздів забезпечує підвищення як продуктивності ЗК так і підвищення продуктивності АТЗ. Основною проблемою впровадження такої технології, яку потрібно вирішити в наступній науково-дослідній роботі, є зменшення ущільнення ґрунту напівпричепами як за рахунок встановлення додаткових задніх коліс трактора так і шляхом перерозподілу зерна в кузові під час його перевезення в полі.

Список літератури

- 1 Зязев В. А., Капанович М. С., Петров В. И. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом. – М.:Транспорт, 1979. – 253 с.
- 2 Капанович М.С. Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам. – М.:Россельхозиздат, 1982, - 315 с.
- 3 Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
- 4 Измайлов А. Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. / Измайлов А. Ю. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. — 200 с.

*Обосновано направление усовершенствования уборочно-транспортного комплекса для зерновых культур с применением оборотных полуприцепов **Зерно, уборка, транспортировка, транспортные средства, автомобильный полуприцеп, оборотные полуприцепы, эффективность.***

The direction of improvement of a harvest and transport complex for grain with using of reverse semi-trailers is proved.

Grain, harvesting, transportation, vehicles, automobile semi-trailer, reverse semi-trailers, efficiency.