

машин и оборудования АПВ Уманского национального университета садоводства.

Сделан вывод, что продолжение разработки систем автоматизированного проектирования технологических карт выращивания сельскохозяйственных культур для упрощения обмена технологиями между пользователями, донесения современных инновационных решений к каждому сельскохозяйственному производителю Украина является высокоперспективным.

Ключевые слова: технологическая карта, система автоматизированного проектирования, сельскохозяйственная культура, веб-ресурс

RATIONALE FUNCTIONALITY OF SYSTEM OF AUTOMATED DESIGN OF TECHNOLOGICAL MAPS IN CROP

A. V. Voytik, R. V. Wyhvatnjuk

Abstract. *Advanced tools for design automation technologies for growing crops in Ukraine and the world have considered. List of key capabilities such systems required for their functioning successfully in the development of modern information technology have justified.*

Showing results of development of computer-aided design technology cards with extended functionality at the site of the department of processes, machinery and equipment of AIP of Uman National University of Horticulture.

It is concluded that the continuation of the development of computer-aided design of technological maps of growing of crops to facilitate technology transfer between users, delivering advanced innovative solutions to every farmer in Ukarine is very perspective.

Key words: *technological map, computer-aided design, crop, web-resource*

УДК 659.002.1

ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗБИРАЛЬНО- ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

С. Г. Фришев, доктор технічних наук
С. І. Козупиця, кандидат технічних наук
О. А. Воронков, аспірант
e-mail: fryshev@mail.ru

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

© С. Г. Фришев, С. І. Козупиця, О. А. Воронков, 2016

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); необхідність виконання додаткової операції (в порівнянні з технологією прямих перевезень) – перевантаження зерна із одного транспортного засобу (причепи-перевантажувача) в інший (великовантажний АТЗ); таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна. 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 постанововці додаткових задніх коліс трактора так і шляхом перерозподілу зерна в кузові під час його перевезення в полі.

Ключові слова: *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 – рис. 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.

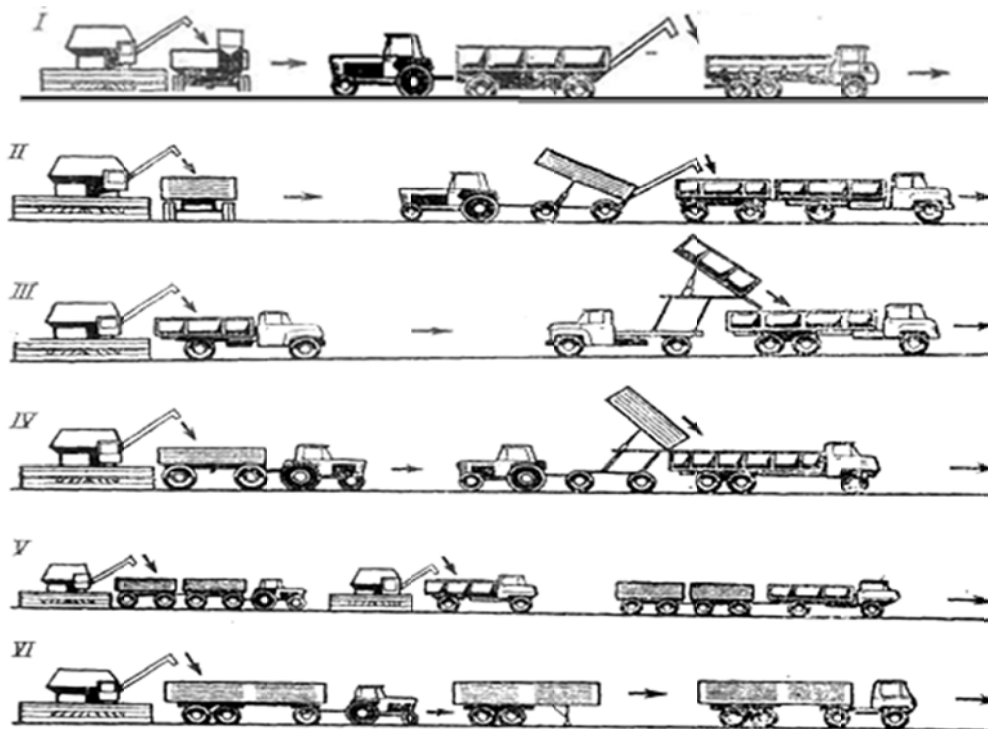


Рис. 1. Схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням мобільних міжопераційних компенсаторів.



Рис. 2. Розвантаження зерна в ПП з бункера комбайна в ПП.



Рис. 3. Транспортування зерна на край поля.



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

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 (причепи-перевантажувача) в інший (великовантажний АТЗ); таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна.

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 1 т перевезеного зерна:

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

де: T_n – тривалість ЗТО, год; t_n , – тривалість переїздів ТЗ по полю та завантаження зерном автомобіля [1, 2]:

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

де: ρ – кількість бункерів зерна комбайна, яка розвантажується в кузов ТЗ; $t_{пyx}$ – тривалість руху АТЗ від поля до ХПП і назад; $t_{роз}$ – тривалість розвантаження зерна в ХПП; $t_{оч}$, $t_{п.ф.}$ – тривалість відповідно очікування автомобілем завантаження зерном та переформування автотракторного поїзда (відчиплення – 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.

Метою досліджень 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 табл. 1.

1. Характеристика тракторів із сідельним пристроєм

| Параметри трактора | Модель трактора | |
|--------------------------------------------|-----------------|----------------|
| | ХТЗ-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 сідла від рівня дороги, мм | 1600 | 1900-2000 |

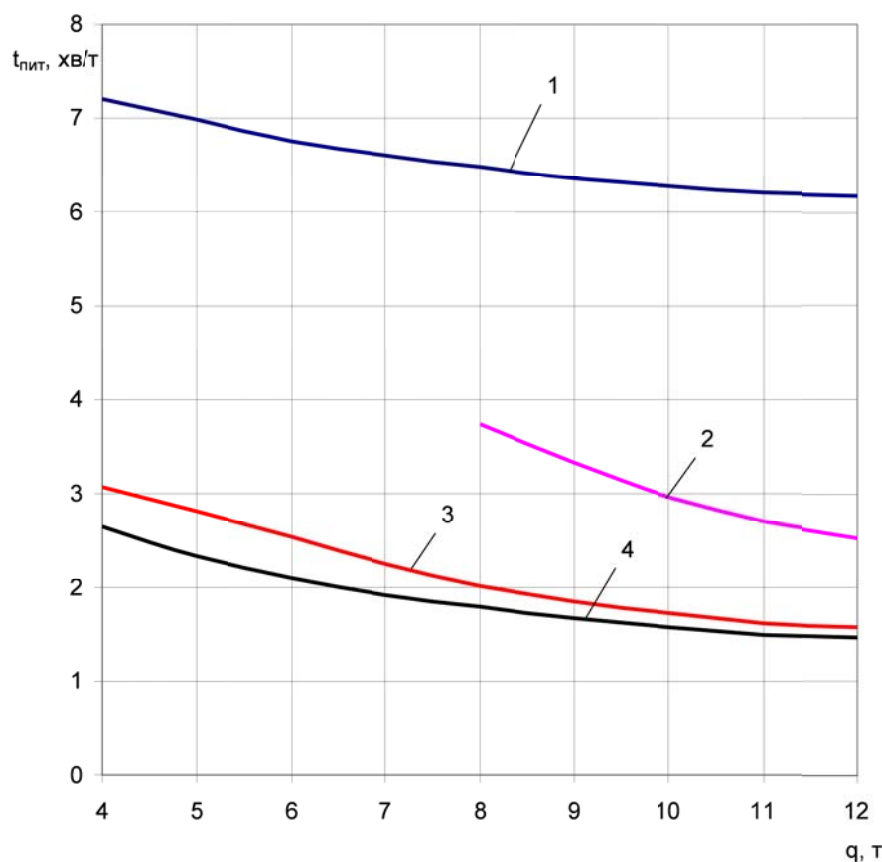


Рис. 5 Залежність питомої тривалості збирально-транспортних операцій: 1 – прямі автомобільні перевезення; 2 – перевезення по схемі V; 3 – перевезення по схемам I, II, III, IV; 4 – перевезення по схемі VI.

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».

НП в полі працює в складі тракторного транспортного агрегату, який містить трактор з сідельним зчпним 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, рис. 8), які призначені для перевезення у складі автопоїзда з сідельним автотягачем зернових та інших насипних, навалочних сільськогосподарських вантажів: комбікормів, соломи, цукрових буряків та ін.



150К-09



б)К-703МА-12-02

а) Т-

Рис. 6. Трактори з сідельним пристроєм.



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



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

Напівпричіп-самоскид НПС 2150 призначений для експлуатації з сідельними тягачами і обладнано гідравлічною системою для підйому кузова. Місткість кузова – 50 м³; маса (номінальна) вантажу, – до 25,8 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:

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

де: 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; $t_{II} = 0,08 + 0,12\rho$ – тривалість їздки НП по полю [2]; $W_{ШК}$ – продуктивність вивантажувального шнека ЗК, т/год.

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

$$\frac{1,11\omega_K d_B}{W_{KP}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-II} - \frac{\omega_K d_B}{W_{ШК}}.$$

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

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

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:

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

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:

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

Інтервал надходження АТ:

$$I_2 = \frac{t_{ОБ}}{n_{АТ}} = \frac{2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИБ}}{n_{АТ}}, \text{ год.}, \quad (11)$$

де: $t_{ОБ} = 2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИБ}$ – тривалість обороту АТ, год.; $n_{АТ}$ – кількість АТ,

од; $t_{ВИБ}$ – тривалість перебування АТ в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт, год.; l_{ij} – відстань перевезення зерна з поля (пункту i) 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:

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

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:

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2, \text{ од.}, \quad (13)$$

де: Π_1, Π_2 – кількість НП відповідно у ланках «ЗК – НП з трактором» та «НП -АТ»:

$$\Pi_1 = n_{HPI}, \text{ од.}$$

Кількість НП у ланці «НП - АТ»:

$$\Pi_2 = n_{AT} \left(1 + \frac{(t_{BIB} + t_{B-П})v_T}{2(l_{ij} + v_T t_{B-П})}\right), \text{ од.}, \text{ од.}$$

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

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

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 ($W_{KP} = 15,3 \text{ т/год.}$, $\omega_K = 10 \text{ м}^3$, $d_B = 0,75 \text{ т/м}^3$, урожайність $U = 6 \text{ т/га}$, кількість робочих днів для збирання зерна за агровимогами $D_P = 10$ днів, тривалість зміни $T_{3M} = 8$ год., коефіцієнт змінності $K_{3M} = 1,5$, відстань перевезення зерна $l_{ij} = 8$ км, $v_T = 40$ км/год.). В табл. 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 простой транспортних засобів. Це дозволяє в 1,5 рази підняти їх продуктивність та відповідно зменшити кількість автотягачів і скоротити витрати палива.

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-дослідної роботі, є зменшення ущільнення ґрунту напівпричепами як за рахунок постановці додаткових задніх коліс трактора так і шляхом перерозподілу зерна в кузові під час його перевезення в полі.

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 Langerdorf | Трактор Джон Дір 8440 | авто-тягач Iveco Trakker AT260T44 | АТЗ КамАЗ 6520 AGROr | |
| Перевантажувальна технологічна схема | 9 | 3 | - | 3 | - | 6 | 210 |
| Перевезення напівпричепами | 9 | - | 7 | 3 | 4 | - | 315 |

Список літератури

1. Зязев В. А. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом / Зязев В. А., Капланович М. С., Петров В. И. – М.: Транспорт, 1979. – 253 с.
2. Капланович М. С. Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам / М. С. Капланович. – 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 / А. Ю. Измайлов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 200 с.

References

1. Zyazev, V. A., Kaplanovych, M. S., Petrov, V. Y. (1979). Perevozky sel'skokhozyaystvennykh hruzov avtomobyl'nym transportom [Transportation of agricultural goods by road]. M.: Transport, 253.
2. Kaplanovych, M. S. (1982). Spravochnyk po sel'skokhozyaystvennym transportnym rabotam [Handbook of agricultural transport works]. M.: Rossel'khozyzdat, 315.
3. Vorkut, A. Y. (1986). Hruzovye avtomobyl'nye perevozky [Road freight]. K.: Vyshcha shkola, 447.
4. Yzmaylov, A. Yu. (2007). Tekhnolohyy y tekhnicheskyye reshenyya po povyshenyu effektivnosti transportnykh system APK [Technology and technical solutions to improve the efficiency of transport systems APK]. M.: FHNU «Rosinformahrotekh», 200.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

С. Г. Фришев, С. И. Козулиця, А. А. Воронков

Аннотация. Обосновано направление совершенствования сборочно-транспортных процессов с использованием оборотных

полуприцепов. Анализ технологической схемы перевозки зерна от комбайнов с использованием ПП позволяет выявить ряд недостатков, препятствующих достижению максимального эффекта, к числу которых можно отнести следующие: необходимость своевременного подъезда АТС ПП обуславливает простои АТС (до 36% от времени смены); необходимость выполнения дополнительной операции (в сравнении с технологией прямых перевозок) – перегрузки зерна из одного транспортного средства (прицепа-перегрузчика) в другой (большегрузный АТС); такая перегрузка зерна с использованием шнековых рабочих органов требует дополнительных энергозатрат, затрат времени и не исключает механическое повреждение зерна. Применение оборотных НП в составе автотракторных поездов обеспечивает повышение как производительности ЗК так и повышения производительности АТС. Основной проблемой внедрения такой технологии, которую нужно решить в следующей научно-исследовательской работе, является уменьшение уплотнения почвы полуприцепами как за счет постановке дополнительных задних колес трактора так и путем перераспределения зерна в кузове во время его перевозки в поле.

Ключевые слова: зерно, уборка, транспортировка, транспортные средства, оборотные полуприцепы, эффективность

PROMISING DIRECTION OF IMPROVING ASSEMBLY AND TRANSPORT PROCESSES

S. G. Fryshev, S. I. Kozupytsa, O. A. Voronkov

Abstract. *It justifies the direction of improving the assembly and transport processes using recycled trailers. Analysis of the technological scheme of transportation of grain from combines, using PP allows to identify a number of gaps in achievement of the maximum effect, among which are the following: the need for the timely entrance of ATM PP causes the ATM downtime (up to 36% of shift time), the need for further action (in comparison with the technology of direct transport) – grain transfer from one vehicle (trailer loader) to another (heavy ATM), this overload of grain with the use of screw working bodies require additional energy, time and does not preclude mechanical damage to the grain. The use of recycling of NP in the composition of the tractor trains provides improved performance of the LC and improve the performance of ATM. The main problem of implementing such technology that needs to be solved in the next research work is to reduce soil compaction semitrailers as through the formulation of additional rear tractor wheels and by redistribution of grains in the body during its transport in field.*

Key words: grain, harvesting, transportation, vehicle, automobile semi-trailer, efficiency

машин и оборудования АПВ Уманского национального университета садоводства.

Сделан вывод, что продолжение разработки систем автоматизированного проектирования технологических карт выращивания сельскохозяйственных культур для упрощения обмена технологиями между пользователями, донесения современных инновационных решений к каждому сельскохозяйственному производителю Украина является высокоперспективным.

Ключевые слова: технологическая карта, система автоматизированного проектирования, сельскохозяйственная культура, веб-ресурс

RATIONALE FUNCTIONALITY OF SYSTEM OF AUTOMATED DESIGN OF TECHNOLOGICAL MAPS IN CROP

A. V. Voytik, R. V. Wyhvatnjuk

Abstract. *Advanced tools for design automation technologies for growing crops in Ukraine and the world have considered. List of key capabilities such systems required for their functioning successfully in the development of modern information technology have justified.*

Showing results of development of computer-aided design technology cards with extended functionality at the site of the department of processes, machinery and equipment of AIP of Uman National University of Horticulture.

It is concluded that the continuation of the development of computer-aided design of technological maps of growing of crops to facilitate technology transfer between users, delivering advanced innovative solutions to every farmer in Ukarine is very perspective.

Key words: *technological map, computer-aided design, crop, web-resource*

УДК 659.002.1

ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗБИРАЛЬНО- ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

С. Г. Фришев, доктор технічних наук
С. І. Козупиця, кандидат технічних наук
О. А. Воронков, аспірант
e-mail: fryshev@mail.ru

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

© С. Г. Фришев, С. І. Козупиця, О. А. Воронков, 2016

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 простій АТЗ (до 36% від часу зміни); необхідність виконання додаткової операції (в порівнянні з технологією прямих перевезень) – перевантаження зерна із одного транспортного засобу (причепи-перевантажувача) в інший (великовантажний АТЗ); таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна. 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 постановки додаткових задніх коліс трактора так і шляхом перерозподілу зерна в кузові під час його перевезення в полі.

Ключові слова: *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 – рис. 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.

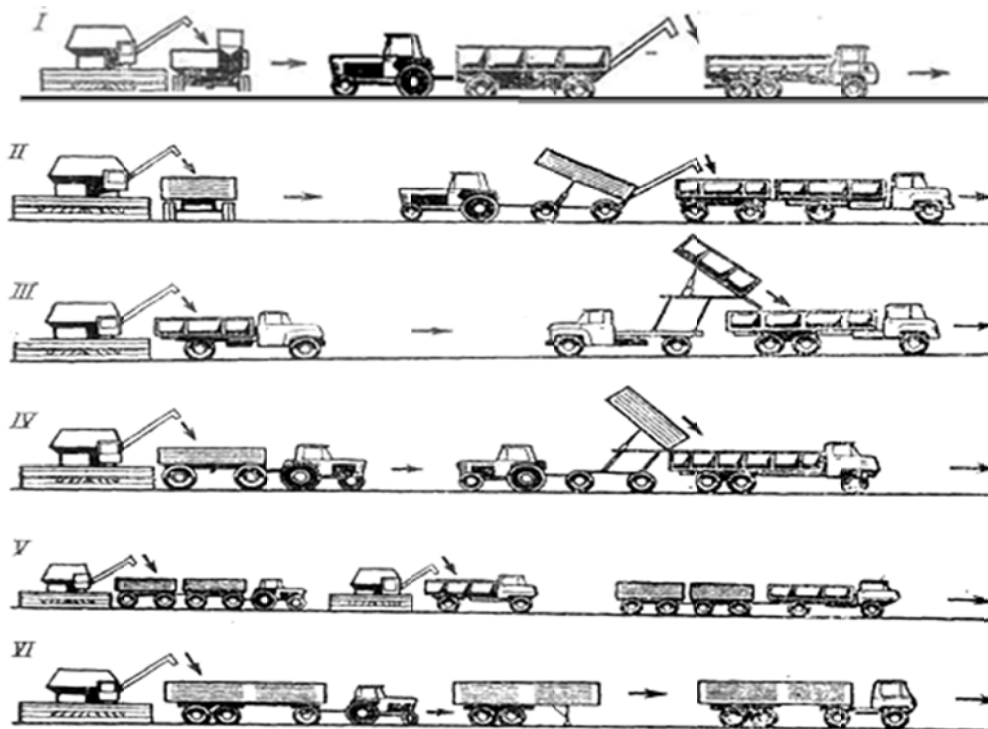


Рис. 1. Схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням мобільних міжопераційних компенсаторів.



Рис. 2. Розвантаження зерна в ПП з бункера комбайна в ПП.



Рис. 3. Транспортування зерна на край поля.



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

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 (причепи-перевантажувача) в інший (великовантажний АТЗ); таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна.

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 1 т перевезеного зерна:

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

де: T_n – тривалість ЗТО, год; t_n , – тривалість переїзду ТЗ по полю та завантаження зерном автомобіля [1, 2]:

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

де: ρ – кількість бункерів зерна комбайна, яка розвантажується в кузов ТЗ; $t_{пyx}$ – тривалість руху АТЗ від поля до ХПП і назад; $t_{роз}$ – тривалість розвантаження зерна в ХПП; $t_{оч}$, $t_{п.ф.}$ – тривалість відповідно очікування автомобілем завантаження зерном та переформування автотракторного поїзда (відчиплення – 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.

Метою досліджень 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 табл. 1.

1. Характеристика тракторів із сідельним пристроєм

| Параметри трактора | Модель трактора | |
|--------------------------------------------|-----------------|----------------|
| | ХТЗ-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 сідла від рівня дороги, мм | 1600 | 1900-2000 |

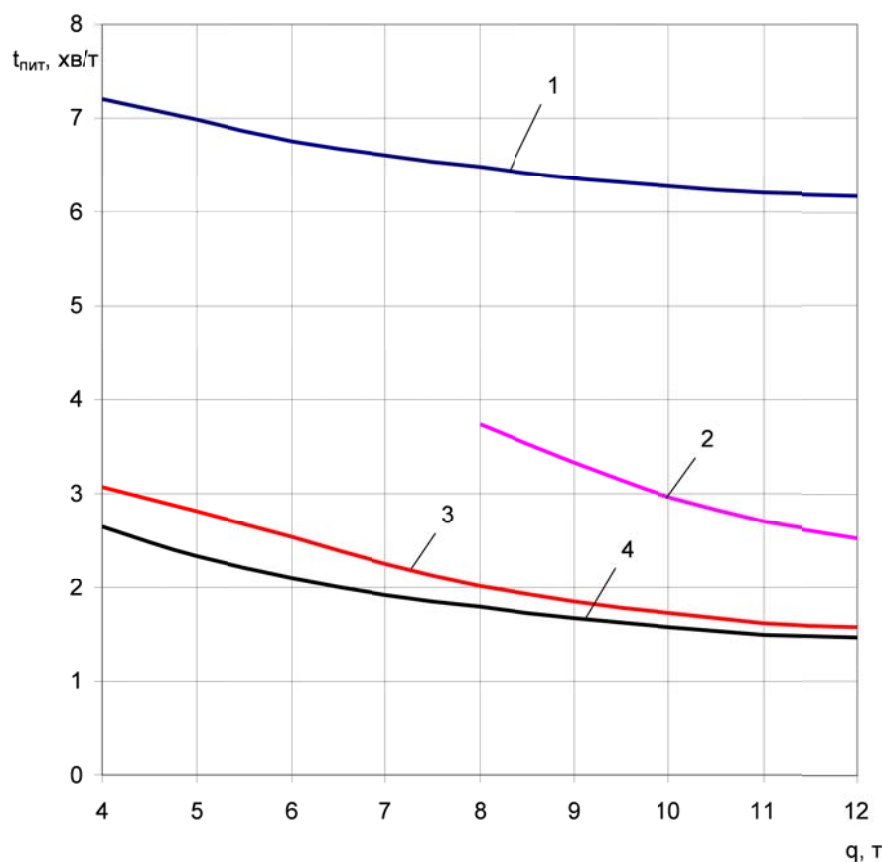


Рис. 5 Залежність питомої тривалості збирально-транспортних операцій: 1 – прямі автомобільні перевезення; 2 – перевезення по схемі V; 3 – перевезення по схемам I, II, III, IV; 4 – перевезення по схемі VI.

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».

НП в полі працює в складі тракторного транспортного агрегату, який містить трактор з сідельним зчпним 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, рис. 8), які призначені для перевезення у складі автопоїзда з сідельним автотягачем зернових та інших насипних, навалочних сільськогосподарських вантажів: комбікормів, соломи, цукрових буряків та ін.



150К-09



б)К-703МА-12-02

Рис. 6. Трактори з сідельним пристроєм.

а) Т-



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



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

Напівпричіп-самоскид НПС 2150 призначений для експлуатації з сідельними тягачами і обладнано гідравлічною системою для підйому кузова. Місткість кузова – 50 м³; маса (номінальна) вантажу, – до 25,8 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:

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

де: 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; $t_{II} = 0,08 + 0,12\rho$ – тривалість їздки НП по полю [2]; $W_{ШК}$ – продуктивність вивантажувального шнека ЗК, т/год.

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

$$\frac{1,11\omega_K d_B}{W_{KP}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-II} - \frac{\omega_K d_B}{W_{ШК}}.$$

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

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

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:

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

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:

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

Інтервал надходження АТ:

$$I_2 = \frac{t_{ОБ}}{n_{АТ}} = \frac{2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИБ}}{n_{АТ}}, \text{ год.}, \quad (11)$$

де: $t_{ОБ} = 2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИБ}$ – тривалість обороту АТ, год.; $n_{АТ}$ – кількість АТ,

од; $t_{ВИБ}$ – тривалість перебування АТ в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт, год.; l_{ij} – відстань перевезення зерна з поля (пункту i) 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:

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

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:

$$П = П_1 + П_2, \text{ од.}, \quad (13)$$

де: $П_1, П_2$ – кількість НП відповідно у ланках «ЗК – НП з трактором» та «НП -АТ»:

$$П_1 = n_{HPI}, \text{ од.}$$

Кількість НП у ланці «НП - АТ»:

$$П_2 = n_{AT} \left(1 + \frac{(t_{BIB} + t_{B-П})v_T}{2(l_{ij} + v_T t_{B-П})}\right), \text{ од.}, \text{ од.}$$

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

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

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 ($W_{KP} = 15,3 \text{ т/год.}$, $\omega_K = 10 \text{ м}^3$, $d_B = 0,75 \text{ т/м}^3$, урожайність $U = 6 \text{ т/га}$, кількість робочих днів для збирання зерна за агровимогами $D_P = 10$ днів, тривалість зміни $T_{3M} = 8$ год., коефіцієнт змінності $K_{3M} = 1,5$, відстань перевезення зерна $l_{ij} = 8$ км, $v_T = 40$ км/год.). В табл. 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 простой транспортних засобів. Це дозволяє в 1,5 рази підняти їх продуктивність та відповідно зменшити кількість автотягачів і скоротити витрати палива.

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-дослідної роботі, є зменшення ущільнення ґрунту напівпричепами як за рахунок постановці додаткових задніх коліс трактора так і шляхом перерозподілу зерна в кузові під час його перевезення в полі.

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 Langerdorf | Трактор Джон Дір 8440 | авто-тягач Iveco Trakker AT260T44 | АТЗ КамАЗ 6520 AGROr | |
| Перевантажувальна технологічна схема | 9 | 3 | - | 3 | - | 6 | 210 |
| Перевезення напівпричепами | 9 | - | 7 | 3 | 4 | - | 315 |

Список літератури

1. Зязев В. А. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом / Зязев В. А., Капланович М. С., Петров В. И. – М.: Транспорт, 1979. – 253 с.
2. Капланович М. С. Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам / М. С. Капланович. – 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 / А. Ю. Измайлов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 200 с.

References

1. Zyazev, V. A., Kaplanovych, M. S., Petrov, V. Y. (1979). Perevozky sel'skokhozyaystvennykh hruzov avtomobyl'nym transportom [Transportation of agricultural goods by road]. M.: Transport, 253.
2. Kaplanovych, M. S. (1982). Spravochnyk po sel'skokhozyaystvennym transportnym rabotam [Handbook of agricultural transport works]. M.: Rossel'khozyzdat, 315.
3. Vorkut, A. Y. (1986). Hruzovye avtomobyl'nye perevozky [Road freight]. K.: Vyshcha shkola, 447.
4. Yzmaylov, A. Yu. (2007). Tekhnolohyy y tekhnicheskyye reshenyya po povyshenyu effektivnosti transportnykh system APK [Technology and technical solutions to improve the efficiency of transport systems APK]. M.: FHNU «Rosinformahrotekh», 200.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

С. Г. Фришев, С. И. Козулиця, А. А. Воронков

Аннотация. Обосновано направление совершенствования сборочно-транспортных процессов с использованием оборотных

полуприцепов. Анализ технологической схемы перевозки зерна от комбайнов с использованием ПП позволяет выявить ряд недостатков, препятствующих достижению максимального эффекта, к числу которых можно отнести следующие: необходимость своевременного подъезда АТС ПП обуславливает простои АТС (до 36% от времени смены); необходимость выполнения дополнительной операции (в сравнении с технологией прямых перевозок) – перегрузки зерна из одного транспортного средства (прицепа-перегрузчика) в другой (большегрузный АТС); такая перегрузка зерна с использованием шнековых рабочих органов требует дополнительных энергозатрат, затрат времени и не исключает механическое повреждение зерна. Применение оборотных НП в составе автотракторных поездов обеспечивает повышение как производительности ЗК так и повышения производительности АТС. Основной проблемой внедрения такой технологии, которую нужно решить в следующей научно-исследовательской работе, является уменьшение уплотнения почвы полуприцепами как за счет постановке дополнительных задних колес трактора так и путем перераспределения зерна в кузове во время его перевозки в поле.

Ключевые слова: зерно, уборка, транспортировка, транспортные средства, оборотные полуприцепы, эффективность

PROMISING DIRECTION OF IMPROVING ASSEMBLY AND TRANSPORT PROCESSES

S. G. Fryshev, S. I. Kozupytsa, O. A. Voronkov

Abstract. *It justifies the direction of improving the assembly and transport processes using recycled trailers. Analysis of the technological scheme of transportation of grain from combines, using PP allows to identify a number of gaps in achievement of the maximum effect, among which are the following: the need for the timely entrance of ATM PP causes the ATM downtime (up to 36% of shift time), the need for further action (in comparison with the technology of direct transport) – grain transfer from one vehicle (trailer loader) to another (heavy ATM), this overload of grain with the use of screw working bodies require additional energy, time and does not preclude mechanical damage to the grain. The use of recycling of NP in the composition of the tractor trains provides improved performance of the LC and improve the performance of ATM. The main problem of implementing such technology that needs to be solved in the next research work is to reduce soil compaction semitrailers as through the formulation of additional rear tractor wheels and by redistribution of grains in the body during its transport in field.*

Key words: grain, harvesting, transportation, vehicle, automobile semi-trailer, efficiency