**УДК 631.354:631.115.1/1.6**

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПШЕНИЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ МАШИН

***С.Г. Фришев, доктор технічних наук,***
***Г.В.Гненний, студент НАТІ МА-181***

*Пропонується розробка методики визначення раціональних параметрів перевантажувальної технології під час збирання пшениці*

***Пшениця, збирання, транспортування, ефективність.***

*Актуальність теми.* Аналіз світових тенденцій у споживанні зерна за останні роки підтверджує його зростання, при цьому темпи зростання з року в рік збільшуються.

Основна вимога, що висувається до будови поточних процесів збирання врожаю, полягає в забезпеченні роботи збиральних машин без простоїв, пов'язаних з відсутністю транспортних засобів для розвантаження при наповненні бункера. Пряме перевезення зерна з полів до місць його первинної обробки виконується, як правило, за схемою комбайн-автомобіль-тік. При цьому через те, що автомобіль, навантажений бункером зерна, повинен простоювати в очікуванні намолоту ще декількох бункерів, загальний час перебування його в полі складає 50-70 % часу циклу. В свою чергу, простоюють і комбайни (до 20 % від часу зміни) [1-3] , очікуючи повернення порожніх автомобілів.

Правильний вибір технологічного процесу транспортування зерна від комбайнів, що забезпечують високу якість і найбільшу продуктивність, базується на знаннях новітніх технологій. Застосування проміжної компенсаційної ланки в технологічному ланцюжку між комбайнами і транспортними засобами дозволяє значно порівняно з прямими автомобільними перевезеннями скоротити тривалість збірально-транспортних операцій. Застосування компенсаторів, по-перше, дозволяє організувати роботу так, що комбайни можуть розвантажуватися зразу ж після наповнення бункера, а автомобіль завантажуватися - по прибуттю до поля. По-друге, такі

компенсатори, як причепні бункери навантажувачі (ПБН), мають можливість вирішувати проблему виключення ущільнення в полі грунту великовантажними автомобілями, оскільки останні при цьому знаходяться за межами поля.

**Мета дослідження.** Метою досліджень є підвищення ефективності транспортно-виробничого процесу під час збирання пшениці шляхом застосування раціонального комплексу машин.

**Досвід застосування різних зернозбирально-транспортних процесів.** Найбільше впровадження у виробництво у країнах ЄС та США, а в останні роки і в Україні одержали перевантажувальні мобільні бункери (ПБН) (або інша назва причепи-перевантажувачі (ПП), які мають причепні бункери для завантаження зерна від ЗК і пристрій для перевантаження зерна у великовантажні АТЗ, що знаходяться на краю поля.

Головні переваги використання таких ПП - зниження собівартості збирання зерна за рахунок безупинної роботи комбайна «в загонці» без втрати часу на розвантаження і виключення проходів автомобілів по полю, а також зменшення простоїв автотранспорту і холостих його проходів.

Основним принципом сучасних агротехнологій є збереження родючого шару ґрунту. Постійне і багатократне переміщення автотранспорту по полю під час збирання зерна для прямих його перевезень чинить високий тиск на грунт, створює глибинне переущільнення. На відміну від сільгосптехніки (комбайнів і тракторів), що має завдяки широкопрофільним шинам збалансований тиск на грунт, автомобілі чинять тиск, що значно перевищує допустимі норми. А це означає зниження врожайності у наступні роки і додаткові витрати, пов'язані з подальшою обробкою ґрунту. Причепи-зерноперевантажувачі обладнані широкопрофільними шинами і міра їх дії на грунт мінімальна в порівнянні з іншою сільгосптехнікою$[1-3{,}7]$. Тривалість простою ЗК під час очікування тракторного причепа для розвантаження бункера при відповідної організації робіт наближається до нуля.

Технічна характеристика ПБН-20 наведена в таблиці 1 [2,3]

Таблиця 1 - Технічна характеристика ПБН-20

| Характеристики | Значення параметрів |
|---|---|
| Повна маса, кг | 20 000 |
| Маса причепа, кг | 4 000 |
| Вантажопідйомність, кг | 16 000 |
| Об'єм, м$^3$ | 20 |
| Швидкість розвантаження, м$^3$/год | 220 |
| Агрегатується з трактором, к.с. | 120 |

Ефективність роботи причепів-перевантажувачів, як центральної ланки у ланцюзі «ЗК – ПП – ТЗ)», визначається раціональною кількістю ЗК ($m_{КП}$), які обслуговуються кожним із ПП, що входять до складу збирально-транспортного комплексу (ЗТК). В свою чергу кількість ЗК, які обслуговуються кожним із ПП, є кількість бункерів зерна комбайнів, що завантажуються в кузов кожного причепа.

Кількість бункерів зерна ЗК, що завантажується в ПП та дорівнює кількості ЗК ($m_{КП}$), які обслуговуються причепом-перевантажувачем, отримаємо як [2-3 ]:

$$\rho_{П} = m_{КП} = INT \frac{\omega_К d_В (\frac{1{,}11}{W_{КР}} + \frac{1}{W_{ШК}}) - 0{,}08}{0{,}12 + \frac{K_М \omega_К d_В}{W_{ШП}}} \text{ од.,} \quad (1)$$

де $W_{КР}$ -номінальна продуктивність ЗК за годину чистого робочого часу, т/год.;

Тривалість розвантаження бункера ПП дорівнює

$$t_{РОЗ} = \frac{K_М \omega_К d_В \rho_П}{W_{ШП}} \text{, год.} \quad - \quad (2)$$

$К_М$ – коефіцієнт, що враховує додатковий час на маневрування ПП при розвантаженні ПП (1,5);

$\omega_К$ – обсяг бункера ЗК, м$^3$;

$d_в$ - об'ємна вага зерна, т/м$^3$;

$W_{ШП}$ – продуктивність вивантажувального шнека ПП, т/год., для розрахунків невідомої марки ПП та з урахуванням технічних характеристик приймаємо $W_{ШП} = (1,5 - 1,9)W_{ШК.}$

На підставі даного рівняння побудована графічна залежність $\rho_П$ та $m_{КП}$ від $W_{КР}$ і $\omega_К$ (Рисунок 1). Аналіз приведених залежностей показує, що суттєвим фактором, який впливає на кількість зерна, що завантажується за один робочий цикл в ПП, є місткість бункера ЗК. При цьому обслуговується більша кількість ЗК, які мають меншу продуктивність і відповідно ПП повинні мати більшу місткість для зерна по кількості бункерів $\rho_П$. Так кількість ЗК з $W_{КР} = 9,5$ т/год., які можуть обслуговуватися одним ПП зростає з 1 (1,7) до 6 (6,1) одиниць при збільшенні місткості бункера з 3-х до 11 м$^3$. Відповідно потрібно збільшити місткість ПП з 1 (1,7) до 6 (6,1) одиниць бункерів $\rho_П$. Це зростання природно зменшується, коли продуктивність ЗК збільшується. Для ЗК з $W_{КР} = 17$ т/год. вказані параметри зростають лише від 0 (0,7) до 3 (3,5) од. при зміні обсягу $\omega_К$ в даному діапазоні.

Мінімальна місткість бункера $\omega_К$, м$^3$ комбайнів, які обслуговуються одним ПП (з місткістю $\omega_П$, м$^3$) в групі за кількістю $m_{КП}$, визначена за даними графічної залежності Рисунок 1 і представлена в табл. 2..

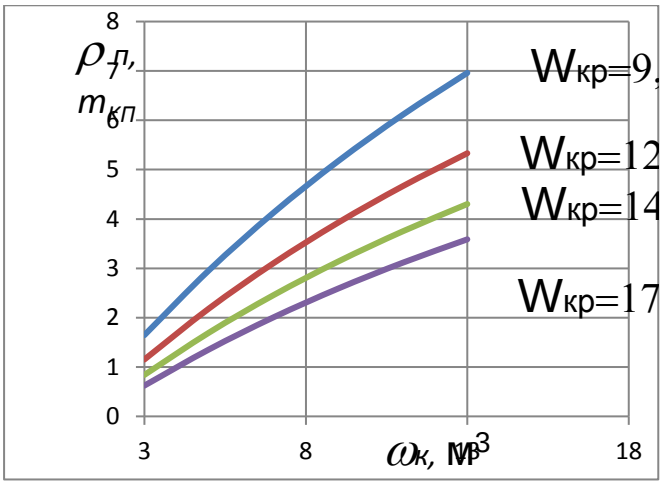


Рисунок 1 Залежність кількості бункерів зерна $\rho_П$, од., що завантажується в ПП за одну його їздку, а також кількості ЗК $m_К$ , які

обслуговуються одним ПП, від місткості бункера ЗК для певної продуктивності $W_{КР}$ = 9,5; 12,0; 14,5 та 17 т/год.

Таблиця 2.2 - Раціональна місткість ПП (для відповідної місткості бункера ЗК $\omega_К$, м$^3$ ), який обслуговує групу ЗК

| Продуктивність ЗК $W_{КР}$, т/год. | Раціональна місткість ПП, м$^3$ (для відповідної місткості бункера ЗК $\omega_К$, м$^3$ ), який обслуговує групу ЗК з кількістю $m_{КП}$, од.: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 9,5 | 7,0 (3,5) | 15,3 (5,1) | 27,2 (6,8) | 44 (8,8) | 64,8 (10,8) |
| 12 | 9,0 (4,5) | 20,4 (6,8) | 37,2 (9,3) | 60 (12,0) | - |
| 14,5 | 11,6 (5,8) | 26,1 (8,7) | 48 (12,0) | - | - |
| 17 | 14,0 (7,0) | 31,8 (10,6) | - | - | - |

Як видно з таблиці для раціонального режиму роботи ЗК з продуктивністю $W_{КР}$ = 17 т/год при зростанні їх кількості в групі від 2-х до 3-х од. відповідно потрібні ПП місткістю від 14 (для $\omega_К$ =7 м$^3$ ) до 31,8 м$^3$ (для $\omega_К$ = 10,6 м$^3$ ). Високопродуктивні ЗК з $W_{КР}$ = 14,5 - 17 т/год. потребують для обслуговування ПП з місткістю від 11,6 до 48 м$^3$. Зменшення продуктивності до $W_{КР}$ = 9,5-12 т/год. дозволяє збільшити кількість обслуговуючих ЗК до 5-6 од. шляхом використання ПП з місткістю до 44-65 м$^3$. Так для раціонального режиму роботи ЗК з продуктивністю $W_{КР}$ = 9,5 т/год при зростанні їх кількості в групі від 2-х до 6 од. відповідно потрібні ПП місткістю від 7 (для $\omega_К$ =3,5 м3) до 64,8 м$^3$ (для $\omega_К$ = 10,8 м$^3$ ).

Вибір марки ПП виконується за показниками його вантажопідйомності та місткості, виходячи з умови кратності цих показників для бункера ПП і бункера ЗК відповідно таких виразів:

$$1)\ q_П \geq \omega_К d_В \rho_П, \quad (3)$$

де $q_П$ - вантажопідйомність обраного ПП;

$$2)\ \omega_П \geq \omega_К \rho_П, \quad (4)$$

де $\omega_П$ – місткість бункера обраного ПП.

Виходячи з цих виразів вибираємо відповідну $q_П$ марку ПП і рекомендований для нього трактор.

Кількість ПП, які обслуговують групу ЗК при заданої їх кількості визначаємо як

$$n_П = CEILING \frac{m_K}{\rho_П}, \text{ од.} \quad (5)$$

Загальна раціональна кількість ЗК, яка працює у певному ЗТК визначається як

$$m_K = m_{КП} n_П, \quad (6)$$

де $n_П$- кількість ПП в ЗТК.

Вибір марки АТЗ за вантажопідйомністю виконується таким чином, що ПП при взаємодії з одним або групою АТЗ, повністю розвантажиться і не буде очікувати додатковий.

$$\sum q_A \geq \rho_П \omega_K \mathrm{d_В} = \sum q_A \gamma, \text{ т.} \quad (7)$$

$\sum q_A$ – номінальна вантажопідйомність одного або групи АТЗ, в кузов(и) яких вивантажується все зерно, що міститься в ПП.

Число АТЗ або груп АТЗ для перевезення зерна, кожний(а) з яких за вантажопідйомністю дорівнює або перевищує вантажопідйомність ПП, знаходиться з рівняння:

$$n_{АП} = \frac{n_П T_{АП}}{T_{ЦП}}, \text{ од.,} \quad (8)$$

де $T_{АП}$ - тривалість обороту АТЗ, год.

$T_{ЦП}$ - тривалість основного часу робочого циклу для ПП.

Середній виробіток одного автомобіля за робочий день визначається як:

$$Q_{АРДП} = \frac{\mathrm{m_K T_{ЗМ}} K \mathrm{W_{КП}}}{n_{АП}}, \ m / р.д.$$

На підставі розробленої методики порівняємо кількість машин ЗТК та їх виробіток під час збирання одного і того ж обсягу урожаю пшениці в господарстві ННВП НАТІ за агротермін 5 днів їх роботи у двох варіантах:

1) для перевантажувальної технологічної схеми ЗТП при роботі ПП;
2) під час прямих перевезень.

У ЗТК входять ЗК марки Кейс 2388 з продуктивністю $W_{KP}$ = 12 т/год.

$$\omega_K = 7,5м^3$$

$W_{ШК}$=210 т/год; умови роботи: $d_B$ =0, 75 т/м$^3$, $l_{ij}$ =6 км, ., $v_П$ =15 км/год.; площа поля 130 га, урожайність 4 т/га; тип дороги – грейдерна.

В таблиці 3 представлено розрахований раціональний склад машин двох ЗТК та їх раціональні параметри із застосуванням перевантажувальної технологічної схеми (ЗТП при роботі ПП) і під час прямих перевезень. З представлених даних видно, що один ЗК Кейс 2388 під час виконання перевантажувальної технологічної схеми виконує обсяг робіт двох одиниць ЗК, які працюють за прямими перевезеннями.

Раціональний варіант обраного ЗТП і відповідний склад ЗТК дає можливість підвищити продуктивність як ЗК так і АТЗ за зміну в 1,3 рази в порівнянні із прямими перевезеннями.

Таблиця 3 - Порівняльні технічні показники роботи ЗТК за перевантажувальної технологічною схемою та для прямих перевезень

| Варіанти ЗТП | Склад і кількість машин, шт | | | Продуктивність ЗК за годину змінного часу, т/год | Середній виробіток одного АТЗ, т/р.д. |
|---|---|---|---|---|---|
| | ЗК Кейс 2388 | ПП ПБН-20 + трактор 130 к.с. | АТЗ МАЗ-5550С5-520-0216520О | | |
| Перевантажувальна технологічна схема | 1<br>1 | 1<br>1 | 1 | 9,7 | 116,4 |
| Прямі перевезення | 2 | - | 2 | 7,4 | 90 |

Збільшення продуктивності ЗК під час застосування ПБН-20 дозволяє при даних агровимогах зменшити кількість необхідних комбайнів до 1 од. замість 2-х, які застосовують для прямих перевезень.

Розрахунок річної економічної ефективності виконано шляхом порівняння прямих експлуатаційних витрат (собівартості) за базової (прямі перевезення зерна) і досліджуємої (перевантажувальної) технологіями стосовно комплексу машин, що розглядається. Порівняльна оцінка техніко-економічних показників збирально-транспортних процесів наведено в таблиці 4.

. З представлених даних бачимо, що використання причепа ПБН-20, які забезпечують безперервну і високопродуктивну роботу ЗК, дозволяє отримати загальний економічний ефект 724690 грн. за рахунок зменшення кількості ЗК в ЗТК.

Таблиця 4 - Порівняльна оцінка техніко-економічних показників збирально-транспортного процесу

| Найменування техніко-економічних показників машин ЗТК | Технологічні варіанти | |
|---|---|---|
| | Прямі перевезення | Збирально-транспортний процес із застосуванням перевантажувальної технології |
| Продуктивність ЗК «Кейс 2388», т/год | 7,5 | 9,7 |
| Необхідна кількість ЗК, од. | 2 | 1 |
| Кількість ТЗ, од | 2 од. МАЗ-5550С5 вантажністю 14т | ПБН-20 1 од в полі з трактором Т-150 К + МАЗ 5550С5 |
| Приведені витрати, грн/т | 476 | 959 |
| Додатковий економічний ефект за рахунок | - | 1000.000 |

| | | |
|---|---|---|
| зменшення ЗК та АТЗ в ЗТК, грн | | |
| Загальний економічний ефект,грн | - | 724690 |

## ВИСНОВКИ

1. Існуючі збирально-транспортні комплекси машин під час прямих перевезень мають недостатню ефективність в зв'язку із значними простоями комбайнів - до 20 % і транспортних засобів до 36 %. Огляд і аналіз між операційних компенсаторів в зернозбиральному процесі показав, що найбільш продуктивним та екологобезпечним є застосування спеціалізованих тракторних причіпних бункерів накопичувачів (ПБН), які забезпечують більш рівномірне завантаження всього логістичного ланцюга від комбайна до автомобіля.
2. Порівняння традиційного процесу перевезення (прямі перевезення) зерна від комбайнів та перевантажувальної технології із застосуванням тракторних причепів ПБН показало збільшення продуктивності ЗК та АТЗ для останнього варіанту орієнтовано в 1,3 рази.
3. Запропонована методика розрахунку раціонального складу і техніко-експлуатаційних параметрів машин збирально-транспортного комплексу для здійснення перевантажувальної технології під час виробництва пшениці.
4. Економічний ефект від впровадження нової технології перевезення пшениці, отриманий за рахунок підвищення продуктивності зернозбиральних комбайнів та вантажних автомобілів, що працюють в комплексі із причіпним бункером-накопичувачем ПБН-20 складає 724690 грн.

**Список використаних джерел :**

1. Измайлов А. Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. — 200 с.

2. Фришев С.Г. Аналіз збирально-транспортного процесу зерна при застосуванні змінних кузовів.
3. Фришев С.Г. Стан і сучасні тенденції розвитку транспортних засобів сільськогосподарського призначення.
4. Ільченко В. Ю., Карасьов П.І., Лімоніт А.С. та ін. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. – К.: «Урожай», 1993. – 284с.
5. Ільченко В.Ю., Нагірний Ю.П., Джолос П.А. та ін. Машино – використання в землеробстві. – К.: «Урожай»,1996. – 375с.
6. Иофинов С.А., Лышко Г.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Колос,1984. – 351с
7. Миронюк С.К. Использование транспорта в сельськом хозяйстве. – М.: Колос, 1982. – 287 с.