

3. *Полимеры в узлах трения машин и приборов : справочник / А.В. Чичинадзе, А.А. Левин, М.М. Бородулин, Е.В. Зиновьев ; Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.*
4. *Цурпал И.А. Сопротивление материалов : лаб. работы. – 2-е изд., перераб. и доп / Цурпал И.А., Барабан Н.П., Швайко В.М. – К.: Вища шк., 1988. – 245 с.*
5. *Швайко В.М. Нагрузочная способность композиционных материалов на основе в антифрикционных узлах / В.М. Швайко, В.Ф. Сидоренко // III Всесоюз. конф. по прочности, жесткости и тех нологичности изделий из композиционных материалов (Запорожье, 24-26 окт.1989 г.):Тез.докл. – Запорожье, 1989. – С. 76.*

*Представлены результаты экспериментальных исследований температуры загорания древесины сосны, дуба и термососны (сосны, высушенной в вакууме). Установлены основные закономерности возникновения температуры загорания древесины в зависимости от давления в зоне контактируемых поверхностей и скорости скольжения в процессе трения по металлической поверхности.*

***Момент трения, фактор  $p\nu$ , термопара, образец, древесина, загорание, тление, контртело.***

*The results of experimental researches of temperature of spunking of wood of pine-tree, oak and termowood (pine-tree, dried up in vacuum) are presented. Basic conformities to law of origin of temperature of spunking of wood are set depending on pressure in area of contact surfaces and sliding speed in process of friction on metallic surface.*

***Moment of friction,  $p\nu$  factor, thermocouple, standard, wood, spunking, decay, rider.***

УДК 629.631.554

## **УДОСКОНАЛЕНИЙ ЗБИРАЛЬНО-ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ПРОЦЕС**

***С.Г. Фришев, доктор технічних наук  
С.І. Козупиця, кандидат технічних наук***

*Встановлено доцільність роботи групи з двох причепів-перевантажувачів в поєднанні з групою зернозбиральних комбайнів в одній загонці з розвантаженням зерна у кінці гону.*

***Удосконалення, причеп-перевантажувач, довжина гону, раціональні параметри, продуктивність.***

© С.Г. Фришев, С.І. Козупиця, 2012

**Постановка проблеми.** При спільній роботі зернозбиральних комбайнів (ЗК) і транспортних засобів (ТЗ) під час застосування перевантажувальної технології з використанням причепів-перевантажувачів (ПП) технологічні затримки в їх роботі пов'язано з очікуванням розвантаження зерна з бункерів і з переїздами до ЗК.

Аналіз технологічної схеми збирально-транспортного процесу для зернових культур із застосуванням ПП показує, що одним із варіантів збільшення їх продуктивності є зменшення відстані та часу їздки.

Тому проведення досліджень, які спрямовано в цьому напрямку є актуальними.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз відстані та тривалості їздки ПП під час збирання зерна показує наступне:

- середній шлях, який проходить ПП в залежності від кількості бункерів зерна ( $\rho_{\Pi}$ ), що в нього завантажується, навіть одного бункера комбайна ( $\rho_{\Pi} = 1$ ), складає  $l_{\Pi} = 1,35 + 0,5\rho_{\Pi} = 1,85 \text{ км}$  [1-3]; тобто його величина значна і відповідно значні витрати пального, що веде до підвищення собівартості перевезень;

- значний шлях переїздів обумовлює і суттєві витрати часу, що означає зниження продуктивності транспортування і призводить до збільшення необхідної кількості ПП.

Тому нами запропоновано удосконалений збирально-перевантажувальний транспортний процес (ЗПТП) перевезення зерна від комбайнів, який включає заповнення зерном бункерів комбайна, вивантаження його в мобільний компенсатор і транспортування на край поля з наступним вивантаженням у великовантажні автомобільні транспортні засоби (АТЗ) для перевезення у приймальний пункт та повернення мобільних компенсаторів до ЗК, при цьому довжина робочого гону забезпечує наповнення зерном бункера ЗК за один або декілька його колових проходів, а розвантаження зерна виконується під час руху комбайна на ділянці у кінці гону.

Технічним результатом, який забезпечується наведеною сукупністю ознак, є підвищення продуктивності транспортних засобів (ТЗ) за рахунок зменшення відстані переїздів для завантаження і вивантаження зерна.

**Мета досліджень.** Підвищити продуктивність транспортування зерна від комбайнів за рахунок зменшення середнього шляху, який проходить ПП для завантаження та розвантаження і відповідно часу їздки.

**Результати досліджень.** Удосконалений ЗПТП розглянемо на прикладі роботи збирально-перевантажувального транспортного комплексу (ЗПТК), яка зображена на схемі (рис. 1).

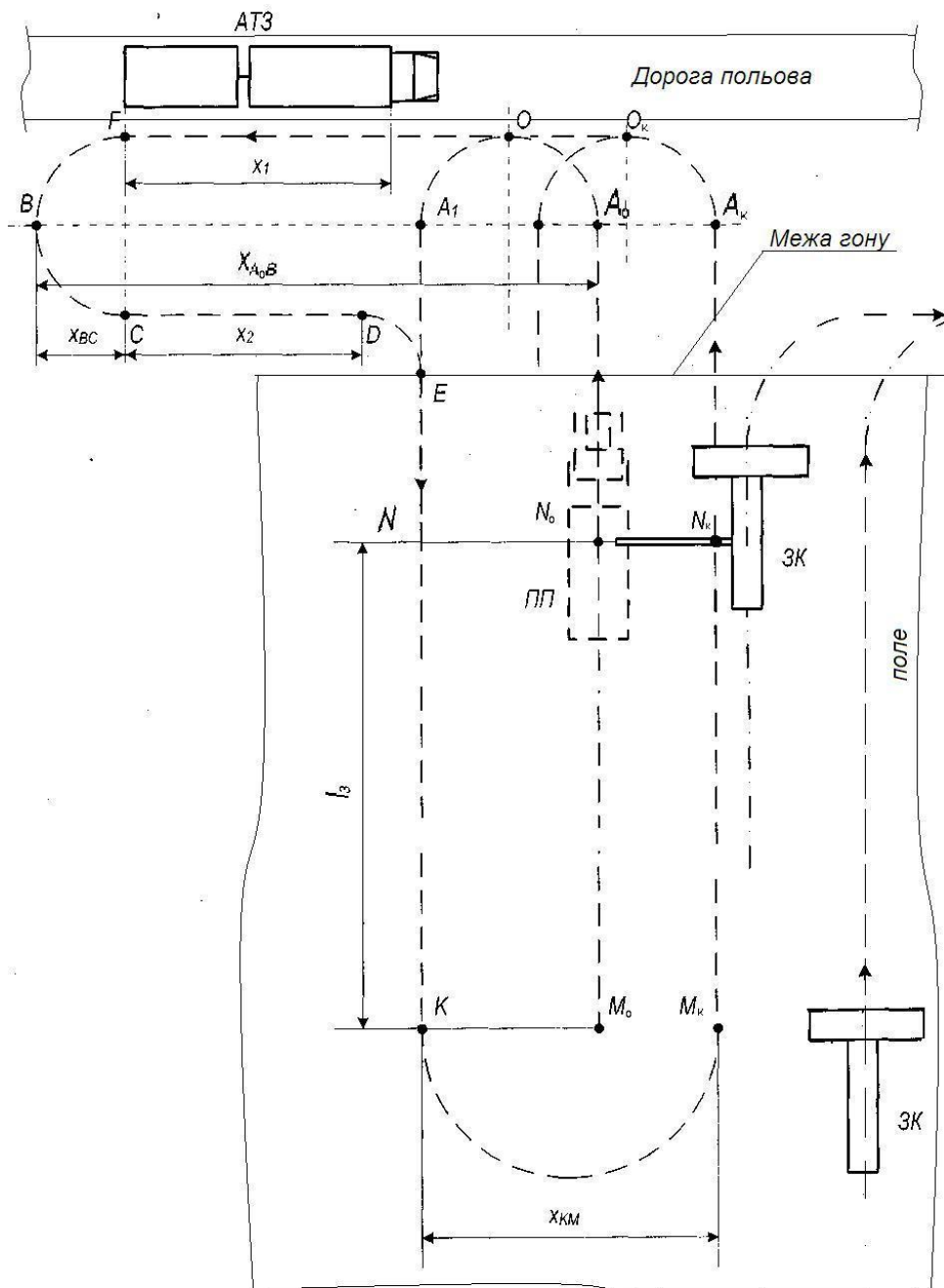


Рис. 1. Схема руху комбайнів та причепів-перевантажувачів із розвантаженням зерна у кінці гону.

Комплекс містить групу комбайнів (ЗК, на схемі умовно показано лише два комбайна), два мобільних компенсатора - тракторних причепа-перевантажувача (ПП, на схемі показано умовно лише один) і великовантажні автомобільні транспортні засоби (АТЗ, на схемі показано один). Комбайни рухаються по гонах робочого колу і вивантажують зерно з наповненого бункера в кінці колового проходу під час руху по ділянці  $l_3$ . Довжина робочого гону підбирається такою, щоб за один або декілька робочих колових проходів бункер комбайна заповнювався зерном в кінці гону, де під

час руху виконується вивантаження зерна в причіп-перевантажувач. При цьому виконуються послідовно наступні технологічні операції:

- завершення завантаження зерном бункерів комбайнів при кінці гону (після одного або декількох робочих колових проходів) та його вивантаження в кузов причепа-перевантажувача під час руху з бункерів першого, другого, третього...  $\rho_{\Pi}$ -го комбайнів (де  $\rho_{\Pi}$  – кількість бункерів, що вміщується в кузов причепа-перевантажувача);

- переїзд першого заповненого причепа-перевантажувача для перевантаження зерна в кузов АТЗ, що знаходиться на дорозі на краю поля, і перевантаження;

- приїзд другого причепа-перевантажувача і його завантаження зерном наприкінці гону від комбайнів, що рухаються до краю поля після одного або декількох робочих колових проходів;

- переїзд другого причепа-перевантажувача для перевантаження зерна в АТЗ і перевантаження;

- повернення першого причепа-перевантажувача після розвантаження і його чергове завантаження зерном від комбайнів, в той час коли другий причеп-перевантажувач завантажує черговий АТЗ.

Кожний причеп-перевантажувач під час роботи виконує збірну кільцеву їзду, яка складено з двох елементів, що послідовно повторюються: завантажувальні і завантажувально-розвантажувальні.

Кількість завантажувальних елементів їздки (ЗЕІ) на одиницю менше кількості бункерів ЗК, що вміщує бункер ПП.

Вони виконуються підряд на початку їздки. При виконанні кожного ЗЕІ причеп виконує елементи кільцевої їздки по точках  $M_0A_0OA_1KM_K$  (рис. 1) з розімкнутим кінцевим пунктом в точці  $M_K$ , де починається чергове завантаження зерном ПП на ходу чергового комбайна і продовжується на ділянці  $M_KN_K$  довжиною  $l_3$ , виїзд ПП на відстань  $N_KA_K$  за межі гону та розворот за траєкторією по дузі довжиною  $l_{AKA_1}$ , переїзд  $A_1K_1$  з наступним розворотом по дузі і очікування приїзду чергового комбайна з наповненим бункером та завантаження.

Під час виконання завантажувально-розвантажувального елемента їздки (ЗРЕІ) виконуються кінцеве завантаження зерном причепа також під час руху комбайна на черговій ділянці довжиною  $l_3$ , поворот ПП з переїздом до АТЗ за ділянкою OF, розвантаження зерна в кузов АТЗ, переїзд ПП з розворотами і поворотами за траєкторією FBCDEK $M_K$  до місця завантаження зерном від чергового комбайна, очікування завантаження.

Процес, що пропонується, є ефективним при великих розрахункових гонах, коли довжина поля  $l_{II}$  відповідає виразу:

$$l_{II} \geq 0,5 \cdot l_B,$$

де  $l_B$  – довжина ходу комбайна, яка необхідна для заповнення бункера зерном:

$$l_B = \frac{K_B \omega_K d_B 10^4}{B \cdot U}, \text{ м}, \quad (1)$$

де  $\omega_K$  – місткість бункера комбайна,  $\text{м}^3$ ;

$d_B$  – об'ємна маса зерна,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$B$  – ширина захвату жатки комбайна, м;

$K_B$  – коефіцієнт заповнення бункера зерном;

$U$  – врожайність зерна,  $\text{т}/\text{га}$ .

Підготовка гонів містить визначення розрахункової довжини гону  $l_{PI}$ , яка забезпечує заповнення зерном бункера комбайна за один або декілька робочих колових проходів комбайна за формулою:

$$l_{PI} = \frac{10^4 \omega_K d_B}{2n_K B \cdot U}, \text{ м}, \quad (2)$$

де  $n_K$  – кількість робочих колових проходів комбайна – натуральне число.

Розрахунковий приклад такого завантаження і розвантаження на кінці гону розглянемо для комбайна ДОН-1500 з місткістю бункера  $\omega_K = 6 \text{ м}^3$  при  $d_B = 0,75 \text{ т}/\text{м}^3$ ,  $B = 6 \text{ м}$ ,  $U = 3 \text{ т}/\text{га}$ ; довжина поля  $l_{II} = 1500 \text{ м}$ .

Розрахункове значення довжини гону визначаємо для  $n_K = 1$  шт.  $l_{PI} = \frac{\omega_K d_B 10^4}{2n_K B \cdot U} = \frac{6 \cdot 0,75 \cdot 10^4}{2 \cdot 6 \cdot 3} = 1250 \text{ м}$ .

Ширина гону  $b_3 = 0,15 l_{PI} = 0,15 \times 1250 = 187,5 \text{ м}$  [5]. Уточнюємо ширину гону, яка повинна бути кратною робочій ширині захвату жатки комбайна:

$$b_3 = \text{INT}\left(\frac{b_3}{B}\right) \cdot B = \text{INT}\left(\frac{187,5}{6}\right) \cdot 6 = 186 \text{ м}.$$

Тому приймаємо дві робочі ділянки: 1) розміром  $1250 \times 186 \text{ м}$  з розвантаженням на кінці гону і 2)  $l_{PI} = 1500 - 1250 = 250 \text{ м}$  з шириною  $186 \text{ м}$ .

На другій ділянці збирання ведеться при русі комбайнів коловим способом і невеликі розміри ділянки забезпечують незначні переїзди причепів, тобто їх високу продуктивність.

Розглянемо більше детально взаємодію ПП і ЗК. Тривалість частки часу їздки на переміщення ПП визначається згідно кінематики ПП (рис. 1).

Тривалість ЗЕї і ЗРЕї (год.) визначаються відповідно як

$$\begin{aligned}
T_1 &= t_{ПЗ} + t_3 + t_{ОЧ1} = l_{НОН1} / v_{П1} + l_3 / v_{П2} + l_{КМ1} / v_{П1} + t_3 + t_{ОЧ1} = \\
&= (4r + 2e) / v_{П1} + \frac{K_B \omega_K d_B v_K}{W_{ШК}} \left(1 + \frac{W_{КЧ}}{W_{ШК}}\right) / v_{П2} + (4r + B + 2e) / v_{П1} + \\
&+ \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} \left(1 + \frac{W_{КЧ}}{W_{ШК}}\right) + t_{ОЧ1};
\end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
T_2 &= t_{ПЗ3} + t_3 + t_{П1} + t_{ОЧ1} + t_{ОЧ2} = \frac{l_{АЕ} + l_{КМ1}}{v_{П1}} + \frac{l_{ЕК}}{v_{П2}} + t_3 + t_{ОЧ1} + t_{П1} + t_{ОЧ2} = \\
&= \frac{l_{АЕ} + l_{КМ1}}{v_{П1}} + \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} \left(1 + \frac{W_{КЧ}}{W_{ШК}}\right) \left(\frac{v_K}{v_{П2}} + 1\right) + K_{П1} \frac{m_K K_B \omega_K d_B}{W_{ШП}} + t_{ОЧ1} + t_{ОЧ2},
\end{aligned} \tag{2}$$

де  $t_{ОЧ1}$  – тривалість очікування причепом початку завантаження зерном від комбайна, год.;

$t_{ОЧ2}$  – тривалість очікування причепом початку розвантаження в кузов(и) АТЗ під час виконання ЗРЕЇ, год.;

$t_3$  – тривалість завантаження зерном ПП на ділянці  $l_3$ , год.;

$t_{ПЗ}$  – тривалість переїзду ПП для чергового завантаження під час ЗЕЇ, год.;

$t_{ПЗ3}$  – тривалість переїзду ПП для розвантаження зерна в кузови АТЗ і підїзду для чергового завантаження від ЗК під час ЗРЕЇ, год.;

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

$W_{ШП}$  – продуктивність вивантажувального шнека ПП, т/год.;

$K_{П1}$  – коефіцієнт, що враховує додатковий час на маневрування ПП при розвантаженні

$r = (1 + C_1 \cdot v_{П1}) \cdot L \cdot \text{ctg} \alpha_{\text{cp}} = (1 + 0,1 \cdot 2,4) \cdot 2,45 \cdot 0,86 = 2,61 \text{ м}$  – радіус повороту тракторного агрегату з ПП;

$e$  – довжина виїзду агрегату,  $e = 0,5l_k = 4,15$  м для трактора класу 1,4 [4];

$C_1$  – коефіцієнт відносного збільшення радіусу повороту на одиницю приросту швидкості руху, с/м;  $C_1 = 0,1$  с/м [4];

$v_{П1}$  – середня швидкість агрегату на повороті,  $v_{П1} = 2,4$  м/с = 8,64 км/год.;

$v_K$  – робоча швидкість комбайна, км/год.;

$v_{П2} = 11$  км/год. – середня швидкість ПП на прямолінійній ділянці руху;

$\alpha_{\text{cp}}$  – середній кут повороту направляючих коліс трактора,  $\alpha_{\text{cp}} = 0,6$ ;  $\text{ctg} \alpha_{\text{cp}} = 0,86$ ;

$L$  – повздовжня база трактора;  $L = 2,45$  м;

$l_k$  – кінематична довжина агрегату, що містить трактор з ПП:

$$l_k = l_T + l_M = 1,3 + 7 = 8,3 \text{ м};$$

$l_T$  – кінематична довжина трактора (відстань від кінематичного центра агрегату до точки причеплення ПП),  $l_T = 1,3$  м;

$l_M$  – довжина ПП,  $l_M = 7$  м;

На підставі цього тривалість ЗЕІ з (1) визначиться як

$$T_1 = (4r + 2e)/v_{П1} + \frac{K_B \omega_K d_B v_K}{W_{ШК}} \left(1 + \frac{W_{КЧ}}{W_{ШК}}\right) / v_{П2} + (4r + B_K + 2e)/v_{П1} +$$

$$+ \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} \left(1 + \frac{W_{КЧ}}{W_{ШК}}\right) + t_{ОЧ1} = 0,002 + \frac{K_B \omega_K d_B v_K}{W_{ШК}} \left(1 + \frac{W_{КЧ}}{W_{ШК}}\right) / v_{П2} + 0,003 +$$

$$\frac{\rho \cdot K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} \left(1 + \frac{W_{КЧ}}{W_{ШК}}\right) + t_{ОЧ1} = 0,005 + \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} \left(1 + \frac{W_{КЧ}}{W_{ШК}}\right) \left(\frac{v_K}{v_{П2}} + 1\right) + t_{ОЧ1}, \text{ год.} \quad (3)$$

На підставі розрахунків складових рівнянь та з урахуванням рекомендацій по вибору швидкостей [5], тривалість ЗРЕІ визначиться як

$$T_2 = \frac{l_{AE} + l_{KM1}}{v_{П1}} + \frac{l_{EK}}{v_{П2}} + t_3 + t_{П1} + t_{ОЧ2} = \frac{l_{AE} + l_{KM1}}{v_{П1}} +$$

$$+ \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} \left(1 + \frac{W_{КЧ}}{W_{ШК}}\right) \left(\frac{v_K}{v_{П2}} + 1\right) + \kappa_{П1} \frac{0,5m_K K_B \omega_K d_B}{W_{ШП}} + t_{ОЧ2} = 0,012 +$$

$$+ \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} \left(1 + \frac{W_{КЧ}}{W_{ШК}}\right) \left(\frac{v_K}{v_{П2}} + 1\right) + t_{ОЧ1} + \kappa_{П1} \frac{0,5m_K K_B \omega_K d_B}{W_{ШП}} + t_{ОЧ2}, \text{ год.} \quad (4)$$

Порівняння тривалості ЗРЕІ і ЗЕІ, наприклад при роботі 3-х комбайнів Дон-1500 в поєднанні з ПП марки ПБН-20 ( $W_{ШП} = 180$  т/год), показує, що тривалість першого суттєво - в 3,2 рази більше другого (0,1725 проти 0,054 год.).

З урахуванням цього співвідношення доцільно застосування групи з двох ПП в поєднанні з групою ЗК в одному ЗПТК, які працюють послідовно: після завершення завантаження зерном першого ПП в роботу вступає другий, в той час, коли перший виконує перевантаження зерна в АТЗ з наступним поверненням для заміни другого.

Кількість комбайнів, які обслуговуються двома ПП, визначаємо з урахуванням таких умов:

- безперервності збирально-транспортного процесу (ЗТП);
- виключення можливості простою комбайнів із-за відсутності подачі ПП.

За першою умовою число ЗК в групі, які обслуговуються двома ПП, повинне бути таким, щоб черговий ПП встиг прийняти зерно від половини комбайнів ( $0,5m_K$ ) і перенавантажити його в автотранспортні засоби, замінити другий ПП, який до цього часу виконав ЗЕІ, перш ніж наповниться бункер першого розвантаженого комбайна. Тобто сумарний час коротких елементів їздки обох ПП повинен бути менше або дорівнювати часу наповнення бункера комбайна:

$$2(0,5m_K(t_{ПЗ} + t_{ОЧ1} + t_3) - t_{ПЗ}) \leq t_B, \quad m_K(t_{ПЗ} + t_{ОЧ1} + t_3) - 2t_{ПЗ} \leq t_B,$$

Звідси

$$m_K = \frac{t_B + 2t_{ПЗ}}{t_{ПЗ} + t_3 + t_{ОЧ1}} = \frac{t_B + 2(0,005 + \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} (1 + \frac{W_{КР}}{W_{ШК}})) \frac{v_K}{v_{П2}}}{0,005 + \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} (1 + \frac{W_{КР}}{W_{ШК}}) (\frac{v_K}{v_{П2}} + 1) + t_{ОЧ1}} \quad (5)$$

Для виключення можливості простою ЗК із-за відсутності подачі ПП необхідно щоби тривалість ЗЕї була менше або дорівнювала часовому інтервалу  $t_{ПЗ}$  між послідовними проходами ЗК по довжині гону для погодженої роботи з ПП:

$$t_{ПЗ} = \frac{t_B}{m_K} \geq T_1, \quad (6)$$

де  $T_1 = t_1 + t_{ОЧ1}$ , год.

$$t_1 = 0,005 + \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} (1 + \frac{W_{КР}}{W_{ШК}}) (\frac{v_K}{v_{П2}} + 1), \quad \text{год.} \quad - \quad \text{тривалість руху і}$$

завантаження ПП, яка визначена із (3).

Тривалість очікування причепом завантаження  $t_{ОЧ1}$  знаходиться з урахуванням його середньостатистичного значення очікування  $t_{С.ОЧ}$  при традиційному обслуговуванні (одному вивантаженні бункера) ЗК, яке з даних [1-3] знаходиться як:

$$t_{С.ОЧ} = \frac{0,08}{\rho_{П}} + 0,12 - \frac{1,35 + 0,5\rho_{П}}{v_{П}\rho_{П}} - \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} (1 + \frac{W_{КР}}{W_{ШК}}) \quad \text{год.} \quad (7)$$

Приймаємо гіпотезу про те, тривалість очікування  $t_{ОЧ1}$  є величиною пропорційною часу їздки ПП, що припадає на 1 бункер завантаження зерна в ПП. Якщо при традиційному обслуговуванні ЗК причепами така частка часу їздки, визначається як:

$$t_1 = \frac{0,08}{\rho_{П}} + 0,12, \quad \text{год.},$$

то для ЗЕї вона визначається як  $T_1 = \frac{t_B}{m_K}$  год.

Таким чином згідно гіпотезі маємо пропорцію:  $t_{С.ОЧ} - t_1, t_{ОЧ1} - T_1$ .

Звідки з урахуванням того, що  $\rho_{П} = 0,5m_K$  одержимо

$$t_{ОЧ1} = \frac{t_{С.ОЧ} \cdot T_1}{t_1} = \frac{(\frac{0,08}{\rho_{П}} + 0,12 - \frac{1,35 + 0,5\rho_{П}}{v_{П}\rho_{П}} - \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} (1 + \frac{W_{КР}}{W_{ШК}})) \frac{t_B}{m_K}}{\frac{0,08}{\rho_{П}} + 0,12} =$$

$$= \frac{(\frac{0,16}{m_K} + 0,12 - \frac{2,7 + 0,5m_K}{v_{П}m_K} - \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{ШК}} (1 + \frac{W_{КР}}{W_{ШК}})) \frac{t_B}{m_K}}{\frac{0,16}{m_K} + 0,12}, \quad \text{год.} \quad (8)$$



Аналіз залежності (8) значення  $t_{оч1}$  від  $m_K$  показує несуттєву зміну часу очікування  $t_{оч1}=0,011-0,013$  год. при  $m_K =4-8$  шт. Тому для розрахунків приймаємо середньо його значення  $t_{оч1} = 0,012$  год.

З виразу (5) маємо

$$m_K = \frac{t_B}{t_{оч1} + 0,005 + \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{шк}} \left(1 + \frac{W_{KP}}{W_{шк}}\right) \left(\frac{v_K}{v_{п2}} + 1\right)}. \quad (9)$$

Вантажність бункерів ПП повинна бути рівною загальній вантажності бункерів комбайнів, які обслуговує ПП:

$$q_{п} = CEILING 0,5m_K \omega_K d_B, \quad (10)$$

де  $q_{п}$  - вантажність бункера ПП.

Ця умова дозволяє для заданої кількості комбайнів, що працюють на даній загонці, підібрати марку ПП.

Або вирішити зворотне завдання – для двох ПП, які має господарство, визначити кількість комбайнів, що можуть з ними працювати

$$m_K = INT \frac{2q_{п}}{\omega_K d_B}, \quad (11)$$

Продуктивність ПП в тоннах за годину технологічного часу роботи у складі ЗТК з двома ПП визначається з урахуванням тривалості основного часу  $T_{III}$  його їздки і технологічних простоїв - часу очікування завантаження і розвантаження в кузов АТЗ за формулою:

$$W_{III} = \frac{0,5m_K \omega_K d_B K_B}{0,5m_K (t_{пз} + t_3 + K_{PII} \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{шп}} + t_{оч1}) - \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{шк}} \left(1 + \frac{W_{KP}}{W_{шк}}\right) \frac{v_K}{v_{п2}} + K_{PII} \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{шп}}}, \quad (12)$$

де  $t_{пз} + t_3 = 0,05 + \frac{K_B \omega_K d_B}{W_{шк}} \left(1 + \frac{W_{KP}}{W_{шк}}\right) \left(\frac{v_K}{v_{п2}} + 1\right)$  – тривалість руху і завантаження зерна із бункера ЗК під час виконання ЗЕї.

Число автомобілів або груп АТЗ, що необхідні для перевезення зерна, знаходиться з умови безперервності процесів так

$$n_{АП} = \frac{m_K \cdot W_{KT}}{W_{АП}}. \quad (13)$$

В даній формулі параметр  $W_{АП}$  - продуктивність одного або групи АТЗ, в кузов(и) яких вивантажується все зерно, що міститься в ПП.

$$W_{АП} = \frac{\sum q_A}{T_{АП}}, \text{ т/год.}, \quad (14)$$

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

$$\sum q_A \geq K_B \rho_{п} \omega_K d_B, \text{ т.} \quad (15)$$

Ця умова визначає, що ПП повністю розвантажиться в дані АТЗ і не буде очікувати додатковий АТЗ. Відповідно цьому виразу виконується підбір марок АТЗ.

Для визначення продуктивності  $W_{АП}$  знаходимо тривалість їздки АТЗ при застосуванні ПП, яка дорівнює

$$T_{АП} = t_{очп} + \frac{K_{ПП} K_B \omega_K d_B \rho_{П}}{W_{ШП}} + \frac{2l_{ij}}{v_C} + t_{РА}, \text{ год.}, \quad (16)$$

де  $t_{РА}$  – тривалість розвантаження АТЗ та оформлення документів на хлібоприймальному пункті (току, елеваторі, складі), год.;

$l_{ij}$  – відстань перевезення зерна, км;

$t_{очп}$  – тривалість очікування прибуття ПП;

$v_C$  – середня швидкість АТЗ, км/год.;

$t_{очп}$  – час очікування автомобілем причепа.

Якщо при прямих перевезеннях частка часу на очікування автомобілем для завантаження від часу їздки складає  $\mu = 0,36$ , то при застосуванні ПП, ця частка на очікування завантаження для АТЗ буде менше, оскільки нема потреби для пошуку та підїзду до кожного з ЗК (кількістю  $\rho_{П}$ ), а взаємодія здійснюється з одним ПП. Замість групи комбайнів автомобілем очікується один ПП, який обслуговує цю групу, тому і тривалість його очікування приймається [6] меншою в  $\rho_{П}$  в порівнянні з прямими перевезеннями, коли  $t_{очп} = 0,36T_{АП}$ . Тому зробимо припущення:

$$t_{очп} = 0,36T_{АП} / \rho_{П} \quad (17)$$

і тоді  $T_{АП} = \frac{0,36T_{АП}}{\rho_{П}} + \frac{K_P K_B \omega_K d_B \rho_{П}}{W_{ШП}} + \frac{2l_{ij}}{v_C} + t_{РА}$ .

Звідси

$$T_{АП} = \frac{\frac{K_P K_B \omega_K d_B \rho_{П}}{W_{ШП}} + \frac{2l_{ij}}{v_C} + t_{РА}}{1 - \frac{0,36}{\rho_{П}}} = \frac{\rho_{П} \left( \frac{K_P K_B \omega_K d_B \rho_{П}}{W_{ШП}} + \frac{2l_{ij}}{v_C} + t_{РА} \right)}{\rho_{П} - 0,36}, \text{ год.} \quad (18)$$

Після підстановці в (14) отриманого з (18) значення часу маємо

$$W_{АП} = \frac{\sum q_A (\rho_{П} - 0,36)}{\rho_{П} \left( \frac{K_P K_B \omega_K d_B \rho_{П}}{W_{ШП}} + \frac{2l_{ij}}{v_C} + t_{РА} \right)}, \text{ т/год.} \quad (19)$$

Число автомобілів або груп АТЗ для перевезення зерна визначиться як

$$n_{АП} = \frac{m_K \cdot W_{КТ}}{W_{АП}} = \text{CEILING} \frac{m_K K_B \omega_K d_B \rho_{П} \left( \frac{K_P K_B \omega_K d_B \rho_{П}}{W_{ШП}} + \frac{2l_{ij}}{v_C} + t_{РА} \right)}{\sum q_A (\rho_{П} - 0,36) (t_B + t_X)}. \quad (20)$$

В табл. 1 подано дані розрахунків при організації взаємодії машин із розвантаженням зерна з бункерів ЗК у кінці гону для ЗПТК з

двома ПП (для часу очікування  $t_{оч1} = 0,012 год$  і  $t_{оч2} = 0$ ), які виконано для умов: комбайни Джон Дір 9780 ( $W_{кр} = 15,3 т/год.$ ,  $\omega_K = 10 м^3$ ,  $d_B = 0,75 т/м^3$ ,  $l_{ij} = 8 км$ ,  $v_C = 40 км/год.$ ,  $v_{П} = 11 км/год.$ ).

### 1. Співвідношення кількості ЗК і ПП при різних варіантах ЗТП.

Варіанти ЗТП	Склад і кількість машин, шт			Співвідношення кількості ЗК і ПП
	ЗК Джон Дір 9780	ПП Кінзе 850	АТЗ КамАЗ 65201	
Застосування ПП	5	2	3	2,5
Запропонований процес	6	2	3	3

**Висновок.** Запропонований удосконалений процес роботи ЗПТК під час розвантаження зерна у кінці гону при застосуванні ПП дає можливість підвищити їх продуктивність і відповідно збільшити кількість ЗК, які ними обслуговуються, тобто збільшити співвідношення кількості ЗК і ПП з 2,5 до 3.

### Список літератури

1. Капланович М.С. Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам / М.С. Капланович. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 315 с.
2. Зязев В.А. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом / Зязев В.А., Капланович М.С., Петров В.И. – М.: Транспорт, 1979. – 253 с.
3. Гоберман В.А. Автомобильный транспорт в сельскохозяйственном производстве. – М.: Транспорт, 1986. – 287 с.
4. Фере Н.Э. Пособие по эксплуатации МТП / Н.Э. Фере. – М.: Колос, 1978. – 256 с.
5. Ильченко В.Ю. Машиновикористання в землеробстві / Ильченко В.Ю., Нагірний Ю.П., Джолос П.А. – К.: Урожай, 1996. – 383 с.
6. Измайлов А.Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК / А.Ю. Измайлов. — М.: ФГНУ «Рос-информагротех», 2007. – 200 с.

*Установлена целесообразность работы группы двух прицепов-перегрузателей с группой зерноуборочных комбайнов в одном загоне при разгрузке зерна в конце гона.*

***Усовершенствование, прицеп-перегрузчик, длина гона, рациональные параметры, производительность.***

*It is found out expediency of work of group with two trailer – overloading and group of corn combines in one lot of land for unloading of corn at end of lot of land.*

***Development, trailer-reloader, length lot of land, rational parametres, productivity.***