

4. ISO 3918. Milking machine installations – Vocabulary. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 42 p.
5. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
6. ISO 6690. Milking machine installations – Mechanical tests. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 46 p.

Фришев Сергій Григорович

д.т.н., професор

завідувач кафедри агроінженерії

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Махмудов Ільхом Ісакович, к.т.н.

АНАЛІЗ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗБИРАЛЬНО- ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ МАШИН

Пропонується методика аналізу пропускної здатності збирально-транспортного комплексу (ЗТК) для зернових культур, яка спрямована на пошук шляхів раціонального використання ресурсу машин в технологічному комплексі

Зернові культури, збирання, транспортування, ефективність, продуктивність.

Постановка проблеми. Найбільш ефективна перевантажувальна технологія збирання та перевезення урожаю зернових, яка широко застосовується в нашій країні, передбачає застосування потужного і раціонального комплексу машин. Пропонуємий аналіз пропускної здатності збирально-транспортного комплексу (ЗТК) машин для зернових культур спрямований на пошук шляхів раціонального використання ресурсу машин в технологічному комплексі збирально-транспортних робіт із урахуванням детермінованого підходу.

Мета роботи - пошук шляхів раціонального використання ресурсу машин в технологічному комплексі.

Збирально-транспортний комплекс для зернових культур, який застосовується під час використання перевантажувальної технології, містить зернозбиральні комбайни (ЗК), причепи-перевантажувачі (ПП) та

автотранспортні засоби (АТЗ). Збирання та транспортування зерна розглянемо як роботу технологічного ланцюга, який складається з трьох ланок: «поле – ЗК», «ЗК – причепи-перевантажувачі (ПП)», «ПП - АТЗ».

Пропускна здатність *першої ланки* «поле – зернозбиральний комбайн (ЗК)» технологічного ланцюга – це найбільша кількість бункерів зерна комбайнів, які можуть бути намолочені збирально-транспортним комплексом за розрахунковий основний час робочого дня і визначається як

$$N_1 = \frac{m_K T_P}{t_{\text{ц}}} = \frac{m_K T_P}{t_B + t_X}, \text{ бунк./р.д.} \quad (1)$$

де $t_{\text{ц}} = t_B + t_X$ — тривалість робочого циклу ЗК;

t_B — час заповнення бункера комбайна:

$$t_B = \frac{\omega_K \cdot d_B}{W_{KP}}, \text{ год.;} \quad (2)$$

де W_{KP} - продуктивність ЗК за годину робочого (основного) часу, яка знаходиться за даними технічної характеристики ЗК;

ω_K — об'єм бункера комбайна, м³;

d_B — об'ємна маса зерна (0,75), т/м³;

t_X – тривалість холостих ходів на поворотах, яка припадає на 1 цикл роботи комбайна (заповнення бункера зерном), визначається як

$$t_X = \frac{t_B(1-\varphi)}{\varphi} = 0,11t_B, \quad (3)$$

де φ - коефіцієнт робочих ходів, величина якого за даними досліджень прийнята як $\varphi = 0,9$;

Кількість (одиниць) комбайнів, що необхідні для збирання урожаю з площі поля S , га при урожайності зерна U , т/га та продуктивності W_K комбайна за годину змінного часу [1-3]:

$$m_K = \text{CEILING} \frac{S \cdot U}{W_K T_{3M} K_{3M} D_P}, \text{ од.}, \quad (4)$$

CEILING – функція, яка повертає найближче більше ціле значення;

K_{3M} – коефіцієнт змінності (1,5 - 2,0), який показує кількість змін ($T_{3M}=8$ год), що працює комбайн за робочий день (добу);

Сучасний стан та перспективи аграрної сфери в Україні

D_p – кількість робочих днів для збирання зерна за агровимогами (12 днів);

W_K - продуктивність ЗК за годину змінного часу визначається як

$$W_K = W_{KP} \cdot \tau, \text{ т/год.},$$

τ - коефіцієнт використання часу зміни визначається як
 $\tau = \delta_{3M} \varphi = 0,9 * 0,9 = 0,81$;

T_P — розрахунковий основний час робочого дня, який залежить від організації взаємодії роботи машин,

$$T_P = \tau \cdot T_{3M} K_{3M}; \quad (5)$$

Відповідно *пропускна здатність другої ланки* «ЗК – причепи-перевантажувачі (ПП)» - це найбільша кількість бункерів зерна комбайнів, які можуть бути перевезені причепами-перевантажувачами за розрахунковий основний час робочого дня [4]. Вона визначається як

$$N_2 = \frac{n_{PP} T_P \rho_{PP}}{T_{ЦП}} \text{ бунк / р.д.}, \quad (6)$$

де ρ_{PP} - кількість бункерів зерна, що завантажується в ПП за одну його їзду і яка дорівнює кількості одиниць ЗК, що обслуговуються одним ПП визначається як [5]

$$\rho_{PP} = INT \frac{\omega_K d_B \left(\frac{1}{W_{KP} \varphi} + \frac{1}{W_{ШК}} \right) - 0,08}{0,12 + \frac{K_M \omega_K d_B}{W_{ШП}}} \quad (7)$$

$T_{ЦП}$ - тривалість робочого циклу (обороту) ПП, що знаходиться з рівняння

$$T_{ЦП} = 0,08 + 0,12 \rho_{PP} + \frac{K_M \omega_K d_B \rho_{PP}}{W_{ШП}}; \quad (8)$$

K_M – коефіцієнт, що враховує додатковий час на маневрування ПП при розвантаженні ПП, $K_M = 1,5$;

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

$W_{ШП}$ – продуктивність вивантажувального шнека ПП, для розрахунків приймаємо $W_{ШП} = 1,5 W_{ШК}$.

Кількість ПП, які обслуговують групу ЗК, визначаємо як

$$n_{PP} = CEILING \frac{m_K}{\rho_{PP}}, \text{ од.} \quad (9)$$

Вантажопідйомність ПП визначиться як

$$q_{PP} = \omega_K d_B \rho_{PP}, \text{ Т.} \quad (10)$$

Пропускна здатність третьої ланки «ПП – АТЗ» - це найбільша кількість бункерів зерна комбайнів, які можуть бути перевезено автомобілями за розрахунковий цикловий час робочого дня; вона визначається як

$$N_3 = \frac{n_{АП} T_{РЦ} \rho_{П}}{T_{ЦА}}, \text{ бунк./р.д.}, \quad (11)$$

де $T_{РЦ}$ — розрахунковий цикловий час робочого дня, у який виконується технологічний процес збирання зерна та який залежить від організації взаємодії роботи машин: $T_{РЦ} = \delta_{ЗМ} T_{ЗМ} K_{ЗМ}$;

$\delta_{ЗМ} = \frac{T_{Р}}{T_{ЗМ}}$ - коефіцієнт циклового часу зміни, який приймається $\delta_{ЗМ} = 0,90$.

$T_{ЦА}$ - тривалість робочого циклу (обороту) АТЗ.

$$T_{ЦА} = \frac{\mu \cdot \omega_K d_B \rho_{П} n_{АП}}{m_K W_K} + \frac{K_M \omega_K d_B \rho_{П}}{W_{ШП}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{АВИБ}, \text{ год}; \quad (12)$$

де μ -- частка часу простою АТЗ в очікуванні завантаження зерном від тривалості його обороту, $\mu = 0,36$;

$t_{АВИБ}$ — тривалість перебування автомобіля в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт, приймаємо 0,1 год;

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

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

Кількість автотранспортних засобів або груп АТЗ для перевезення зерна визначається як:

$$n_{АП} = \frac{n_{П} \left(\frac{K_M \omega_K d_B \rho_{П}}{W_{ШП}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{АВИБ} \right)}{T_{ЦП} - \frac{n_{П} \mu \cdot \omega_K d_B \rho_{П}}{m_K W_K}}, \text{ од.} \quad (13)$$

Загальну пропускну здатність технологічного ланцюга ЗТК під час застосування перевантажувальної технології визначає та обмежує перша ланка. В той же час пропускна здатність інших ланок може бути суттєво (надмірно) більшою (рис.1). Якщо це так, то ланцюг працює з максимальною

продуктивністю, але пропускна здатність другої або третьої ланки залишається частково невикористаною. Пропускна здатність – це ресурс, який у такому випадку повністю невикористаний. Рациональне використання ресурсу (машин ЗТК) визначає підвищення ефективності технологій.

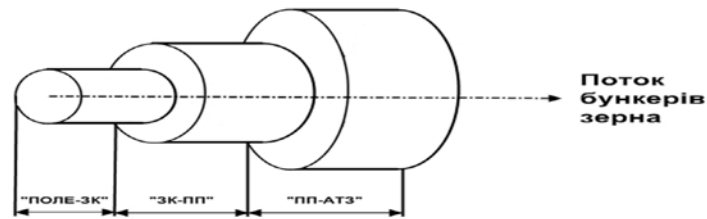


Рис. 1 Пропускна здатність окремих ланок ЗТК

Суттєва (надмірна) різниця в пропускній здатності окремої ланки в порівнянні з попередньою – це така різниця, зменшення якої дозволяє зменшити кількість машин ЗТК за рахунок раціональної зміни певних параметрів технологічних процесів.

Основні кроки аналізу пропускної здатності – це зіставлення пропускної здатності першої, другої і третьої ланок, та наступний вибір та аналіз альтернативних варіантів, що дозволяють подолати можливу суттєву різницю між їх значеннями. Ці кроки можна сформулювати в наступному вигляді:

- 1) визначити пропускну здатність окремих ланок та порівняти їх значення між собою;
- 2) проаналізувати можливість зменшення, а в окремих випадках і збільшення пропускної здатності другої та третьої ланки до гранично можливої – пропускної здатності першої або другої ланки при зменшенні (в окремих випадках при збільшенні) на одну одиницю кількості транспортних засобів на перевезенні зерна за рахунок зміни тривалості обороту ТЗ;

- 3) запропонувати альтернативний варіант роботи певної ланки, який дозволяє усунути суттєву різницю її пропускної здатності з попередньою.

Отримані аналітичні залежності та експериментальні дані дають змогу розрахувати раціональні значення пропускної здатності окремих ланок перевантажувального технологічного ланцюга та при необхідності удосконалити раціональний склад ЗТК.

Необхідною умовою ефективної роботи ЗТК для перевантажувальної технології є виконання умови, при якій забезпечується максимальна пропускна здатність першої ланки «поле - зернозбиральний комбайн (ЗК)», і не гальмується її робота з боку другої, а також з боку третьої ланки, що відображається наступними виразами:

$$N_1 \leq N_2, \quad (14)$$

$$N_1 \leq N_3, \quad (15)$$

Таким чином відсутність гальмування роботи першої головної ланки досягається раціональним режимом взаємодії першої і другої ланок, першої і третьої ланок.

Розглянемо варіант, коли пропускна здатність третьої ланки «ПП - АТЗ» суттєво перебільшує пропускну здатність другої ланки. Проаналізуємо можливість зменшення пропускної здатності третьої ланки до гранично можливої – пропускної здатності другої ланки за рахунок зменшення на одну одиницю кількості автомобілів на перевезенні зерна. Для аналізу приймаємо умову граничну пропускної здатності для третьої ланки як

$$N'_3 = N_1, \quad (16)$$

де N'_3 - пропускна здатність третьої ланки зі зменшенням кількості АТЗ до $n_{A1} = n_A - 1$ та відповідним зменшенням тривалості циклового часу до $T'_{цА1}$.

$$T'_{цА1} = \frac{n_{A1} T_{рц} \rho_{II}}{N_1}, \text{ год.} \quad (17)$$

Необхідне зменшення тривалості обороту АТЗ визначиться як

$$\Delta t = T_{цА} - T'_{цА1} =, \quad (18)$$

Це зменшення досягається за рахунок підвищення швидкості АТЗ, яка визначається як

$$v_{T1} = \frac{2l_{ij}}{2l_{ij} / v_T - \Delta t} \quad (19)$$

Іншим варіантом зменшення тривалості обороту АТЗ є зменшення часу на завантаження та розвантаження.

Таким чином аналіз пропускної здатності ЗТК для зернових культур показує шляхи удосконалення параметрів машин технологічного комплексу.

Приклад. Провести аналіз пропускної здатності окремих ланок технологічного ланцюга, який містить 1) комбайни з техніко-експлуатаційними показниками: $W_{KP} = 15,3$ т/год., $\omega_K = 10$ м³, $W_{ШК} = 300$ т/год., коефіцієнт циклового часу зміни $\delta_{3M} = 0,9$; 2) тракторні ПП, $W_{ПП} = 450$ т/год.; 3) АТЗ. Умови роботи: зернове поле 1800 га, урожайність 5 т/га, $d_B = 0,75$ т/м³, відстань перевезень зерна $l_{ij} = 8$ км, $v_T = 40$ км/год., час зміни $T_{3M} = 8$ год., $K_{3M} = 1,5$, агротермін збирання $D_p = 12$ днів

Рішення

1. Пропускна здатність першої ланки «поле - ЗК» визначається як

$$N_1 = \frac{m_K T_P}{t_B + t_X} = \frac{5 \cdot 9,72}{0,49 + 0,054} = 89,3 \text{ бунк / р.д.},$$

де $t_{ц} = t_B + t_X$ — тривалість робочого циклу ЗК;

t_B — час заповнення бункера комбайна:

$$t_B = \frac{\omega_K \cdot d_B}{W_{KP}} = \frac{10 \cdot 0,75}{15,3} = 0,49, \text{ год.};$$

$$t_X = \frac{t_B(1-\varphi)}{\varphi} = \frac{0,49 \cdot 0,1}{0,9} = 0,054 \text{ год},$$

де φ - коефіцієнт робочих ходів, величина якого за даними літературних джерел прийнята як $\varphi = 0,9$.

m_K - кількість (одиниць) комбайнів, що необхідні для збирання урожаю з площі поля S , га при урожайності зерна U , т/га та продуктивності W_K комбайна за годину змінного часу.

T_P — розрахунковий основний час робочого дня, який залежить від організації взаємодії роботи машин,
 $T_P = \tau \cdot T_{3M} K_{3M} = \delta_{3M} \cdot \varphi \cdot T_{3M} K_{3M} = 0,81 \cdot 12 = 9,72$ год

Кількість (одиниць) комбайнів, що необхідні для збирання урожаю, знаходиться за формулою:

Сучасний стан та перспективи аграрної сфери в Україні

$$m_K = CEILING \frac{S \cdot U}{W_K T_{3M} K_{3M} D_P} = \frac{1800 \cdot 5}{12,39 \cdot 8 \cdot 1,5 \cdot 12} = 5 \text{ од.},$$

де $W_K = W_{KP} \tau = W_{KP} \delta_{3M} \varphi = 15,3 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 12,39$ т/год. - продуктивність ЗК за годину змінного часу.

2. Пропускна здатність другої ланки «ЗК - ПП» знаходиться як

$$N_2 = \frac{n_{II} T_P \rho_{II}}{T_{III}} = \frac{2 \cdot 9,18 \cdot 3}{0,52} = 106 \text{ бунк / р.д.},$$

де ρ_{II} - кількість бункерів зерна, що завантажуються в ПП за один його оборот і визначається як:

$$\rho_{II} = INT \frac{\omega_K d_B \left(\frac{1}{W_{KP} \varphi} + \frac{1}{W_{ШК}} \right) - 0,08}{0,12 + \frac{K_M \omega_K d_B}{W_{ШП}}} = 3 \text{ бунк.};$$

INT - функція, яка повертає найближче менше ціле значення;

T_{III} - тривалість обороту ПП знаходиться з наступного рівняння

$$T_{III} = 0,08 + 0,12 \rho_{II} + \frac{K_P \omega_K d_B \rho_{II}}{W_{ШП}} = 0,52 \text{ год.},$$

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

$$n_{II} = CEILING \frac{m_K}{\rho_{II}} = CEILING \frac{5}{3} = 2 \text{ од.},$$

де $CEILING$ - функція, яка повертає найближче більше ціле значення.

Необхідної місткості 30 м³ та вантажопідйомності 22,5 т відповідає ПП марки Кінзе 850.

3. Пропускна здатність третьої ланки «ПП - АТЗ» дорівнює

$$N_3 = \frac{n_A T_{PC} \rho_{II}}{T_{АП}} = \frac{5 \cdot 10,8 \cdot 3}{1,23} = 131,7 \text{ бунк / р.д.}, \text{ бунк./р.д.},$$

де T_{PC} — розрахунковий цикловий час робочого дня, який залежить від організації взаємодії роботи машин, $T_{PC} = \delta_{3M} T_{3M} K_{3M}$;

$T_{АП}$ - тривалість робочого циклу (обороту) АТЗ.

$$T_{АП} = \frac{\mu \cdot \omega_K d_B \rho_{II} n_{АП}}{m_K W_K} + \frac{K_M \omega_K d_B \rho_{II}}{W_{ШП}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{АВИБ} = 1,23 \text{ год.},$$

де $t_{АВИБ}$ — тривалість перебування автомобіля в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт, приймаємо 0,1 год;

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

v_T — середня технічна швидкість автомобіля на шляху від поля на тік (км/год)

Кількість автомобілів або груп АТЗ для перевезення зерна визначиться як:

$$n_{АП} = CEILING \frac{n_{П} \left(\frac{K_M \omega_K d_B \rho_{П}}{W_{ПП}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{АВІВ} \right)}{T_{ЦП} - \frac{n_{П} \mu \cdot \omega_K d_B \rho_{П}}{m_K W_K}} = 5 \text{ од.}$$

Отримані дані свідчать, що ЗТК забезпечує максимальну пропускну здатність першої ланки «поле - ЗК», оскільки відсутнє гальмування її роботи збоку другої та третьої ланок:

$$N_1 = 95,63 < N_2 = 106 \text{ бунк./р.д.}, N_1 = 95,63 < N_3 = 131,7 \text{ бунк./р.д.}$$

Пропускна здатність третьої ланки «ПП - АТЗ» суттєво перебільшує пропускну здатність першої ланки, тому проаналізуємо альтернативний варіант перевезення із зменшенням кількості АТЗ до $n_{А1} = 4$ од. з одночасним зменшенням тривалості обороту (робочого циклу) автомобіля до $t_{АП1}$ - шляхом, наприклад збільшення швидкості руху АТЗ.

Для аналізу приймаємо умову граничну пропускну здатності для третьої ланки як

$$N'_3 = N_1,$$

де N'_3 - пропускна здатність третьої ланки зі зменшенням кількості АТЗ до $n_{АП1} = n_{АП} - 1$ та відповідним зменшенням тривалості циклового часу до $T'_{ЦА1}$.

$$T_{АП1} = \frac{n_{А1} T_{ПЦ} \rho_{П}}{N_1} = \frac{4 \cdot 10,8 \cdot 3}{95,63} = 1,35 \text{ год. ,год.}$$

Необхідне зменшення тривалості обороту АТЗ визначиться як

$$\Delta t = T_{ЦА} - T_{ЦА1} = \frac{\mu \cdot \omega_K d_B \rho_{П} (n_{АП} - n_{АП1})}{m_K W_K} = 0,13 \text{ год.}$$

Це зменшення досягається за рахунок підвищення швидкості АТЗ, яка визначається як

$$v_{Т1} = \frac{2l_{ij}}{2l_{ij} / v_T - \Delta t} = \frac{2 \cdot 8}{2 \cdot 8 / 40 - 0,13} = 59,3 \text{ км / год.}$$

Необхідне збільшення продуктивності АТЗ можливо за рахунок зростання технічної швидкості від 40 до 59,3 км/год. Це дозволить меншою

кількістю АТЗ (4 од. замість 5 од.) забезпечить необхідну пропускну здатність третьої ланки «ПП - АТЗ». Раціональний ЗТК містить 5 од. ЗК, 2 тракторних ПП і 4 АТЗ. Економічний ефект при цьому дорівнює вартості одного АТЗ.

Таким чином розроблена методика аналізу пропускну здатності збирально-транспортного комплексу (ЗТК) для зернових культур, яка спрямована на пошук шляхів раціонального використання ресурсу машин в технологічному комплексі.

Список використаних джерел

1. *Левковець П.Р.* Управління автомобільним транспортом. Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2006.- 416 с.
2. *Фришев С.Г.* Визначення раціональних параметрів технологічного ланцюга “зернові комбайни – причепи-перевантажувачі – автомобільні транспортні засоби” / С.Г. Фришев, С.І. Козупиця // Вісник НУБіП України. — К.: 2011. — Вип. 166 ч. 3. — С. 203—211
3. *Фришев С.Г.*, Аналіз пропускну здатності транспортно-технологічного комплексу з без букерними комбайнами /С.Г. Фришев С.Г. //Науковий вісник НУБіП України №196 ч.2 . К.:, 2014.
4. *Капланович М.С.* Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам. – М.:Россельхозиздат, 1982, - 315 с.
 5. *Зязев В.А., Капланович М. С., Петров В. И.* Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом. – М.:Транспорт, 1979. – 253 с.

УДК 631.312

Хилько Р.В.. магістр

Панченко М.І к.т.н.

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ МОЛОЧНО-ДОЇЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Незважаючи на широкий вибір високопродуктивного молочно-доїльного обладнання для комплектації сучасних потокових ліній доїння, якість його технічного обслуговування ще залишається незадовільною. Це пов'язано з тим, що молочні господарства не мають можливості проводити планову діагностику свого молочно-доїльного обладнання, що призводить до відхилення його техніко-технологічних параметрів від регламентованих.