

Pneumomechanical sowing apparatus, experimental installation, exact crop, seed, seeding, dosage.

УДК 629.631.554

**АНАЛІЗ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ
З БЕЗБУНКЕРНИМИ КОМБАЙНАМИ**

С.Г. Фришев, доктор технічних наук

Пропонується методика аналізу пропускної здатності збирально-транспортного комплексу з безбункерними комбайнами для кормових культур з метою удосконалення його параметрів.

Пропускна здатність, безбункерні комбайни, транспортні засоби, аналіз, методика, шляхи удосконалення.

Постановка проблеми. Загальну пропускну здатність технологічного ланцюга збирально-транспортного комплексу (далі – ЗТК), який включає збиральні комбайни (далі – ЗК) та транспортні засоби (далі – ТЗ), визначає та обмежує перша ланка. В той же час пропускна здатність другої ланки може бути суттєво більшою. Якщо це так, то ланцюг працює з максимальною продуктивністю, але пропускна здатність другої ланки (певний ресурс) залишається частково невикористаною. Суттєва різниця в пропускній здатності другої ланки в порівнянні з першою – це така різниця, зменшення якої дозволяє зменшити кількість машин ЗТК за рахунок раціональної зміни певних параметрів технологічних процесів.

Усунути суттєву різницю пропускної здатності другої ланки в порівнянні з першою означає повне використання потужності всіх ланок, що забезпечує підвищення ефективності роботи ЗТК.

Аналіз останніх досліджень. Методика аналізу параметрів збирально-транспортного комплексу, що розроблена для зернових культур при застосуванні перевантажувальної технології показує шляхи зменшення кількості транспортних машин в технологічному комплексі для отримання відповідної економічної ефективності [1, 2]. Критеріями вибору параметрів ЗТК в існуючій методиці є продуктивність його машин, величина якої обмежена їх пропускну здатністю. Але ця методика не урахує специфіку вибору альтернативних варіантів кількісного складу транспортних засобів

© С.Г. Фришев, 2014

під час збирання та прямого перевезення кормових культур та картоплі, коли застосовують безбункерні комбайни і виконуються прямі перевезення продукції від комбайнів.

Мета досліджень. Підвищити економічну ефективність збирально-транспортного процесу для кормових культур при прямих перевезеннях продукції від безбункерних комбайнів шляхом забезпечення рівності пропускної здатності окремих ланок при зменшенні тривалості обороту ТЗ.

Результати досліджень. Для збирання урожаю зеленої маси на силос, картоплі та частково цукрових буряків застосовуються безбункерні комбайни. Під час роботи комбайни рухаються по робочій ділянці сумісно з транспортним засобом (ТЗ) – тракторним причепом або автомобільним транспортним засобом (АТЗ) і завантажуються продукцією урожаю. Після заповнення кузова чергового ТЗ, він від'їжджає на приймальний пункт, розвантажується і повертається до комбайна. Для виключення зупинок за комбайнами закріплюється група ТЗ, які по черзі завантажуються збираємою продукцією. Розглянемо пропускну здатність перевезення та проаналізуємо склад ЗТК.

Пропускна здатність ЗТК – це найбільша кількість ТЗ, які можуть завантажитися продукцією від комбайна, перевезти та розвантажити її в приймальному пункті за робочий день. Вона дорівнює пропускної здатності першої ланки «поле – збиральний комбайн (ЗК)» технологічного ланцюга, яка визначає найбільшу кількість ТЗ, що можуть завантажитися зібраною продукцією за розрахунковий основний час робочого дня. Пропускна здатність першої ланки з урахуванням детермінованого підходу і згідно аналітичних залежностей визначається кількістю ТЗ (одиниць) за робочий день як:

$$N_1 = INT \frac{m_K T_P}{T_{ЦК}} = INT \frac{m_K T_P}{t_K + t_X}, \text{ од./р.д.}, \quad (1)$$

де $T_{ЦК} = t_K + t_X$ – тривалість робочого циклу ЗК, год.;

t_K – час заповнення кузова ТЗ:

$$t_K = \frac{\omega_K \cdot d_B}{W_{КР}} = \frac{q \cdot \gamma}{W_{КР}}, \text{ год.};$$

де T_P – розрахунковий основний час робочого дня, год.; ω_K – місткість кузова ТЗ, м³; d_B – об'ємна маса продукції, т/м³; $W_{КР}$ – продуктивність комбайна за годину основного часу, т/год; t_X – тривалість холостих ходів на поворотах, яка припадає на 1 цикл роботи комбайна (заповнення кузова ТЗ).

Вона залежить від коефіцієнту робочих ходів φ , величина якого визначається як відношення сумарної довжини робочих ходів ЗК до сумарної довжини робочих та холостих ходів. При урахуванні припущення, що робоча швидкість ЗК та швидкість його на поворотах однакова, коефіцієнт знаходиться за формулою:

$$\varphi = \frac{t_K}{t_K + t_X} \quad (2)$$

Звідси одержимо:

$$t_X = \frac{t_K(1-\varphi)}{\varphi}, \text{ год.} \quad (3)$$

Середня величина коефіцієнту робочих ходів за даними літературних джерел [3] дорівнює $\varphi=0,9$. З урахуванням цього

$$t_X = 0,11t_K \quad (4)$$

На підставі рівнянь (1)–(4) пропускна здатність першої ланки «поле – ЗК» комплексу визначається як:

$$N_1 = INT \frac{m_K T_{3M} K_{3M} \tau}{t_K + t_X} = INT \frac{m_K T_{3M} K_{3M} \tau \cdot W_{KP}}{1,11q \cdot \gamma}, \text{ од./р.д.,} \quad (5)$$

де m_K – кількість (одиниць) ЗК, що працюють в полі; $\tau = \delta_{3M} \tau_{Ц}$ – коефіцієнт використання часу зміни; δ_{3M} – коефіцієнт циклового часу зміни, який визначає частку часу від тривалості часу зміни на циклові операції; прийнято для комбайнів виробників країн ЄС та США $\delta_{3M}=0,9$ [4]; $\tau_{Ц}$ – коефіцієнт використання циклового часу зміни: $\tau_{Ц} = \varphi$.

Пропускна здатність другої ланки «ЗК – ТЗ» – це найбільша кількість ТЗ, які можуть завантажитися, забезпечить перевезення продукції від комбайна з розвантаженням її в приймальному пункті та повернення до ЗК за розрахунковий цикловий час зміни, і визначається як

$$N_2 = INT \frac{n_{ТЗ} T_{PЦ}}{T_{ЦТЗ}} = INT \frac{n_{ТЗ} T_{3M} K_{3M} \delta_{3M}}{1,23 \left(\frac{q \gamma}{W_{KP}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{T.VIB} \right)}, \text{ од./р.д.,} \quad (6)$$

де $T_{PЦ}$ – розрахунковий цикловий час робочого дня, який залежить від організації взаємодії роботи машин ЗТК, $T_{PЦ} = \delta_{3M} T_{3M} K_{3M}$; q – вантажопідйомність ТЗ; γ – коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності ТЗ; $T_{ЦТЗ}$ – тривалість робочого циклу (обороту) ТЗ [5] визначається як

$$T_{цтз} = 1,23 \left(\frac{q \gamma}{W_{кр}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ТВІВ} \right), \text{ год.}; \quad (7)$$

$t_{ТВІВ}$ – тривалість перебування ТЗ в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт; 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 ТЗ для перевезення продукції визначиться як:

$$n_{ТЗ} = \text{CEILING} \frac{m_k T_{цтз}}{T_{цк}}, \text{ од.} \quad (8)$$

Аналіз пропускної здатності – це зіставлення пропускної здатності першої та другої ланок, наступний вибір та аналіз альтернативних варіантів, що дозволяють подолати можливу суттєву різницю між їх значеннями. Отримані аналітичні залежності та експериментальні дані дають змогу розрахувати раціональні значення пропускної здатності окремих ланок ЗТК та при необхідності удосконалити його раціональний склад.

Необхідною умовою ефективної роботи ЗТК є виконання умови, при якій пропускна здатність першої ланки «поле – ЗК» не гальмується з боку другої ланки, що відображається наступним виразом:

$$N_1 \leq N_2. \quad (9)$$

Розглянемо варіант, коли пропускна здатність другої ланки «ЗК – ТЗ» суттєво перебільшує пропускну здатність першої ланки. Проаналізуємо можливість зменшення пропускної здатності другої ланки до гранично можливої – пропускної здатності першої ланки за рахунок зменшення тривалості циклового часу ТЗ на перевезення продукції. Для аналізу приймаємо граничну умову (в бік її зменшення) для пропускної здатності другої ланки як

$$N'_2 = N_1, \quad (10)$$

де N'_2 – пропускна здатність другої ланки зі зменшеною кількістю ТЗ до $n_{ТЗ1} = n_{ТЗ} - 1$ та відповідним зменшенням тривалості циклового часу до $T_{цтз1}$:

$$T_{цтз1} = \frac{n_{ТЗ1} T_{рц}}{N_1}, \text{ год.} \quad (11)$$

Необхідне зменшення тривалості обороту ТЗ визначиться як:

$$\Delta t = T_{цтз} - T_{цтз1}, \text{ год.} \quad (12)$$

Таке зменшення досягається за рахунок скорочення тривалості обороту ТЗ, її складових: часу завантаження, розвантаження

продукції та підвищення швидкості ТЗ. Підвищення швидкості ТЗ знаходиться як:

$$v_{T1} = \frac{2l_{ij}}{2l_{ij} / v_T - \Delta t}, \text{ км/год.} \quad (13)$$

Такий аналіз пропускної здатності ЗТК з безбункерними ЗК показує шляхи удосконалення транспортного процесу в технологічному комплексі збирально-транспортних робіт.

Приклад. Для умов $m_k=1$ од., $T_{3M}=8$ год., $K_{3M}=1,5$, $q=18$ т., $\gamma=1$, $W_{KP}=80$ т/год., відстань перевезень продукції $l_{ij}=8$ км, $v_T=40$ км/год. Визначити пропускну здатність ланок ЗТК, проаналізувати їх та показати шляхи удосконалення транспортного процесу.

Рішення. Пропускна здатність ЗТК знаходиться так:

$$N_1 = INT \frac{m_k T_{3M} K_{3M} \tau \cdot W_{KP}}{1,11q \cdot \gamma} = INT \frac{12 \cdot 0,81 \cdot 80}{1,11 \cdot 18 \cdot 1} = 38 \text{ од./р.д.};$$

$$N_2 = INT \frac{n_{T3} T_{3M} K_{3M} \delta_{3M}}{1,23 \left(\frac{q \gamma}{W_{KP}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{T.ВИБ} \right)} = INT \frac{4 \cdot 10,8}{0,92} = 46 \text{ од./р.д.},$$

$$\text{де } n_{T3} = CEILING \frac{m_k T_{ЦТЗ}}{T_{ЦК}} = CEILING \frac{0,92}{0,25} = 4 \text{ од.}$$

За підрахунками маємо $46 \leq 38$ од./зм., що свідчить про відсутність гальмування технологічного процесу другою ланкою та можливу суттєву різницю в значеннях пропускної здатності. Проаналізуємо можливість зменшення пропускної здатності другої ланки до пропускної здатності першої з відповідним зменшенням кількості ТЗ до $n_{T31} = n_{T3} - 1$ та зменшенням тривалості циклового часу до $T_{ЦТЗ1}$:

$$T_{ЦТЗ1} = \frac{n_{T31} T_{PC}}{N_1} = \frac{3 \cdot 10,8}{38} = 0,85 \text{ год.}$$

Необхідне зменшення тривалості обороту ТЗ визначиться як

$$\Delta t = T_{ЦТЗ} - T_{ЦТЗ1} = 0,92 - 0,85 = 0,07 \text{ год.}$$

Таке зменшення може досягатися завдяки зменшенню часу на вантажно-розвантажувальні роботи або за рахунок підвищення швидкості ТЗ. Підвищення швидкості ТЗ знаходиться як

$$v_{T1} = \frac{2l_{ij}}{2l_{ij} / v_T - \Delta t} = \frac{2 \cdot 8}{16 / 40 - 0,07} = 48,5 \text{ км/год.}$$

Таким чином маємо рівність: $N_1 = N_2 = 38$ од./р.д. при зменшенні кількості ТЗ до 3 од.

Висновок. Запропонована методика аналізу параметрів збирально-транспортного комплексу для кормових культур при прямих перевезеннях продукції від безбункерних комбайнів, яка показує шляхи забезпечення рівності пропускної здатності окремих ланок за рахунок зменшення тривалості обороту ТЗ та їх кількості.

Список літератури

1. *Фришев С.Г.* Визначення раціональних параметрів технологічного ланцюга “зернові комбайни – причепи-перевантажувачі – автомобільні транспортні засоби” / *С.Г. Фришев, С.І. Козулиця* // Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166, ч. 3. – С. 203–211.
2. *Фришев С.Г.* Аналіз пропускної здатності збирально-транспортного комплексу для зернових культур / *С.Г. Фришев* // Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 3. – С. 203–210.
3. *Мухин А.А.* Основы эксплуатации машинно-тракторного парка / *А.А. Мухин*. – М.: Высшая школа, 1973. – 432 с.
4. *Фришев С.Г.* Обґрунтування раціональних параметрів взаємодії зернозбиральних комбайнів і причепів-перевантажувачів / *С.Г. Фришев, М.В. Сєнчев* // Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 1. – С. 320–325.
5. *Бурьянов А.И.* Технология, организация и планирование перевозок грузов на сельскохозяйственных предприятиях : монография / *А.И. Бурьянов*. –Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. – 268 с.

Предлагается методика анализа пропускной способности уборочно-транспортного комплекса с безбункерными комбайнами для кормовых культур с целью усовершенствования его параметров.

Пропускная способность, безбункерные комбайны, транспортные средства, анализ, методика, пути совершенствования.

The technique of analysis of carrying capacity of harvesting-transport complex with bunkerless combines for forage crops for purpose of development of its parameters is offered.

Carrying capacity, bunkerless combines, transport facilities, analysis, method, enhancement ways.