

## **ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНІ СИСТЕМИ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

Фришев С.Г д.т.н., Махмудов І.І. к.т.н.,  
Симоненко Р. студент гр. БТ-171

*Актуальність теми.* За даними правління національної асоціації "Укрцукор" прогнозується, що в Україні в 2018 році з площі більш ніж 330 000 гектар цукрових буряків отримується 15 млн. т. цукрової сировини. Ми вже досягли європейських стандартів виробництва цукру з 1 гектара в межах 6,3 тонн. Основні виробники цукрового буряку в Європейському Союзі (тобто Франція, Німеччина, Польща, Великобританія та Чехія) наближаються досягти мети - виходу цукру 15 т / га.

Попри те, що посівні площі за останні 25 років зменшилися майже в 5 разів, урожайність зросла вдвічі. Зараз в Україні виробляється цукор високих категорій-1-2 (на відміну від попередніх років), що відповідає європейським стандартам. Виробники цукру мають намір зупинитися на ділянках вирощування буряків в 330-350 тис. га для забезпечення національного ринку та експорту. З кожним роком експортна ціна стає більш привабливою, і виробники активно орієнтуються на зовнішні ринки

В даний час ведуться переговори для відправки 400-450 тис. т. експорту в країни Африки, Близького Сходу та ЄС на квоту 20000 тонн. В разі повного використання виробничих потужностей українських цукрових заводів буде досягнуто зростання валютної

експортної виручки до \$700 млн, валюти. Також зросте кількість зайнятого населення у сільському господарстві та в суміжних галузях до 10 тис. чоловік.

Поки що вартість цукру залишається високою-9-9,5 тис. грн. за тону через занадто дорогу енергію і досить дорогу сировину. Майже 50% собівартості виробництва цукру припадає саме на сировину. Відтак, на сьогоднішній день на 1 га посівної площі цукрових буряків припадає \$1000 прямих витрат.

Доля витрат на збирання та транспортування коренеплодів досить велика в ціні коренеплодів. У зв'язку з цим проблема вдосконалення технологій збирання та транспортування цукрових буряків актуальна.

Мета роботи – підвищення ефективності збирально-транспортних процесів шляхом удосконалення технологічних операцій.

Для досягнення поставленої мети необхідно обґрунтувати адаптивні варіанти технологій збирання та транспортування цукрових буряків і провести порівняльну оцінку технологій та розробити практичні рекомендації щодо впровадження запропонованої технології. Обґрунтувати методикау визначення раціональних параметрів удосконаленої перевалочної технології для цукрових буряків.

Об'єкт дослідження – збирально-транспортний комплекс машин для цукрових буряків, виробничі площі та підприємства по вирощуванню, збиранню, перевезенню та зберіганню продукції.

Предмет дослідження – закономірності зв'язку між технічними, технологічними та економічними параметрами збирально-

транспортної технології, які дозволять оптимізувати кінцеві параметри технологій та отримати максимальну прибутковість.

У розробці технологій збирання та транспортування цукрового буряка завжди були пріоритетні питання повної механізації та скорочення витрат ручної роботи. Якість виконання технологічних елементів та економія енергетичних ресурсів відступали на другий план. Тому зараз є потреба в підвищенні якості реалізації сільськогосподарської техніки і зниження вартості енергії та ручної праці.

Логістика як наука і практика господарської діяльності є інструментом оптимізації ресурсозабезпечення і ресурсовикористання та реалізації продукції.

Транспортно-логістична система включає сукупність суб'єктів транспортної логістики, що функціонують з метою оптимізації вантажопотоків у логістичних ланцюгах «постачання – виробництво – збут» за критерієм мінімуму логістичних витрат.

*Обґрунтування методики визначення раціональних параметрів удосконаленої перевалочної технології для цукрових буряків.*

Збирання та транспортування цукрових буряків – це найбільш трудомісткі та важливі технологічні операції у їх виробництві, на які приходиться більше половини всіх трудозатрат.

В комплексі заходів по підвищенню ефективності збирання та транспортування цукрових буряків значна роль належить розробці та впровадженню удосконалених технологій і нових технічних засобів, які спрямовані на зростання продуктивності, зниження собівартості

продукції та вирішення проблеми екологічності у зв'язку з переущільненням ґрунту.

Вибір раціональних робочих параметрів збирально-транспортної технології для зменшення трудозатрат та коштів на її виконання за рахунок збільшення продуктивності процесів обумовлено наявністю технічних засобів, умовами виробництва та визначенням однієї з технологій: потокової, перевалочної або потоково-перевалочної.

Як показує аналіз стану питання, певного скорочення затрат праці і коштів досягається при поточковому способі, який широко застосовується в Україні але такий спосіб має суттєві недоліки:

- для без зупиночної роботи бурякозбиральних комбайнів (БК) з урахуванням великої відстані перевезення до цукрових заводів потрібна значна кількість автомобільних транспортних засобів (АТЗ), в той же час у зв'язку з значними коливаннями обороту АТЗ простої БК в очікуванні транспорту сягають 20% ;
- при переуволожнених ґрунтах неможлива робота АТЗ в полі, що призводить до простоїв бк;
- великовантажні АТЗ значно ущільнюють ґрунт, що веде до його деградації та потребує додаткових витрат для розпушення;
- з полів вивозиться з коренеплодами до 10% ґрунту(від маси буряків).

перші два недоліки призводять до зниження продуктивності як БК так і АТЗ, затягування агротермінів збирання та втратам урожаю.

Одним із головних завдань для них є: узгодження робочих циклів всіх складових логістичних процесів: виробництво цукрових буряків сільськогосподарським підприємством; накопичення і перевалка

вантажу через кагати аналіз, обробка інформації та планування вантажних потоків в логістичному центрі; перевезення вантажу від виробника до споживача з урахуванням пропускної спроможності

В останній час, коли у країнах ЄС з'явилися більш досконалі БК з бункерами великої місткості – 18, 25-30 та 40 м<sup>3</sup> (комбайни фірм Kleine, ROPA та інші), а також тракторні транспортні засоби – причепи-перевантажувачі (ТПП), наприклад причіп RUW HAWE місткістю 40 м<sup>3</sup> з трактором Джон Дір 8400 (Німеччина) та високопродуктивні навантажувачі-очищувачі, наприклад Rora euro-Mau, відбувається удосконалення і застосування перевалочної технології.

Важливою перевагою спеціалізованих ТПП перед іншими транспортними засобами (ТЗ) являється зменшена ступінь впливу на ґрунт. Якщо у звичайних тракторних причепів або АТЗ питомий тиск в декілька разів перевищує допустиму норму, то у спеціалізованих ТПП, завдяки широко профільним шинам цей показник близький до нормального. Сучасні БК також комплектуються широко профільними шинами низького тиску (до 2 бар).

**Результати досліджень.** Важливою перевагою спеціалізованих ТПП перед іншими транспортними засобами (ТЗ) являється зменшена ступінь впливу на ґрунт. Якщо у звичайних тракторних причепів або АТЗ питомий тиск в декілька разів перевищує допустиму норму, то у спеціалізованих ТПП, завдяки широко профільним шинам, цей показник близький до нормального.

Удосконалений збирально-транспортний перевалочний технологічний процес полягає в наступному. Група з 3-4-х БК працює в одному полі,

але кожний у своїй загінці [3], при цьому гичка подрібнюється та розкидається як органічне добриво. За групою БК закріплюється група ТПП. Трактор з причепом під час завершення заповнення бункера комбайна під'їжджає до нього, і на ходу завантажується коренеплодами, а потім переїжджає на край поля до кагатів, де розвантажується та повертається до БК. За допомогою навантажувача-очищувача коренеплоди з одночасним очищенням від ґрунту завантажуються у великовантажні АТЗ і перевозяться до приймального пункту цукрового заводу.

Для визначення робочих параметрів технологічних ланок в інженерній практиці найбільш поширені детерміновані розрахункові моделі з використанням аналітичних залежностей.

Кількість комбайнів, що необхідні для збирання урожаю з площі  $S$ , га при урожайності зерна  $U$ , т/га, знаходиться за формулою:

$$m_k = CEILING \frac{S \cdot U}{W_k T_{3M} K_{3M} D_p}, \text{ од.}, \quad (1)$$

де  $CEILING$  – функція, яка повертає найближче більше ціле значення;

$K_{3M}$  – коефіцієнт змінності ( $K_{3M} = 3$ ), який показує кількість змін ( $T_{3M} = 8$  год.), що працює комбайн за добу;

$D_p$  – кількість робочих днів для збирання зерна за агровимогами - 30 робочих днів – за умовами погоди з 35 календарних днів (з 20 вересня по 25 жовтня) [4].

Продуктивність БК за годину змінного часу дорівнює

$$W_k = W_{kp} \tau, \text{ т/год.}, \quad (2)$$

де  $W_{kp}$  - продуктивність БК за годину робочого (основного) часу;

$\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни, визначається як

$$\tau = \delta_{3M} \tau_{Ц} = \delta_{3M} \varphi = 0,81, \quad (3)$$

$\delta_{3M}$  - коефіцієнт циклового часу зміни, приймається 0,9 [5];

$\tau_{Ц}$  - коефіцієнт використання циклового часу зміни дорівнює коефіцієнту робочих ходів, середня величина якого за даними літератури прийнята як  $\varphi = 0,9$  [5,6].

Продуктивність БК за годину робочого (основного) часу знаходиться як

$$W_{кр} = 0,1 B_p v_p U, \text{ т/год.}, \quad (4)$$

де  $B_p$  - робоча ширина захвату БК, м;  $v_p$  - робоча швидкість БК, км/год.;

$U$  - урожайність, т/га.

Робоча швидкість руху комбайна  $v_p$  обумовлюється урожайністю коренеплодів. Для бурякозбиральних комбайнів виробництва провідних європейських фірм орієнтовно можна прийняти такі швидкості руху (Табл. 1) [4].

Таблиця 1. – Робоча швидкість БК

Урожайність коренеплодів, т/га	Робоча швидкість руху комбайна, км/год.
30-50	11-8
50-70	8-6
70-90	6-5

Умовою потокової роботи першої ланки ЗТК «БК – ТПП» є рівність [7]:

$$R_m = I_{II}, \quad (5)$$

де  $R_m$  - ритм роботи групи комбайнів:

$$R_m = \frac{T_{цк}}{m_k}, \text{ год.}, \quad (6)$$

$T_{цк}$  - тривалість робочого циклу БК;  $m_k$  - кількість БК в групі;

$I_{II}$  - інтервал надходження ТПП до місця взаємодії з комбайном:

$$I_{II} = \frac{T_{цп}}{n_{II}}, \text{ год.}, \quad (7)$$

де  $T_{цп}$  - тривалість робочого циклу ТПП;

$n_{II}$  - кількість ТПП для обслуговування групи комбайнів.

З урахуванням (6-7) з рівняння (5) отримаємо

$$n_{II} = \frac{m_k T_{цп}}{T_{цк}}, \text{ од.} \quad (8)$$

Доцільно, щоби вантажопідйомність ТПП дорівнювала вантажопідйомності бункера БК, тобто

$$q_{II} = q_B, \quad (9)$$

Ритм роботи одного комбайна дорівнює тривалості робочого циклу БК -  $T_{цк}$ , який в свою чергу містить час завантаження бункера  $t_B$  та тривалість холостих ходів на поворотах  $t_X$ , що припадає на 1 цикл роботи комбайна, і визначається як [4]:

$$R_1 = T_{цк} = t_B + t_X = 1,1 t_B. \quad (10)$$

Тривалість робочого циклу ТПП  $T_{цп}$  складається з наступних складових:  $t_{зав}$  - час завантаження ТПП з бункера БК,  $t_{рух}$  - час руху по полю за 1 оборот для розвантаження та назад до БК,  $t_{роз}$  - час



розвантаження в кагати та  $t_{оч}$  - час очікування на завантаження, і подана у вигляді рівняння:

$$T_{шт} = t_{зав} + t_{рвх} + t_{роз} + t_{оч}, \quad (11)$$

де  $t_{зав} = \frac{q_B}{W_{ПК}}$ , год.;

$q_B$  - вантажопідйомність бункера БК - максимальна маса буряка, яка міститься у ньому, т:

$$q_B = V_H d_B,$$

$V_H$  - місткість бункера, м<sup>3</sup>;

$d_B$  - об'ємна маса буряків, т/м<sup>3</sup>;

$W_{ПК}$  - продуктивність вивантажувального транспортера БК, т/год.

Тривалість руху ТПП за один його оборот, за даними експериментальних досліджень [8-9]  $t_{рвх} = 0,09$  год.

Тривалість розвантаження коренеплодів з ТПП в кагати знаходиться як

$$t_{роз} = \frac{q_B}{W_{П}}, \text{ год.}$$

$W_{П}$  - продуктивність вивантажувального транспортера ТПП, т/год.

Після підстановки в (8) всіх значень його складових отримаємо кількість ТПП для обслуговування групи комбайнів як

$$n_{П} = \text{CEILING } 0,9 m_K W_{КР} \left( \frac{1}{W_{ПК}} + \frac{1}{W_{П}} + \frac{0,09}{q_B} \right), \text{ од.} \quad (12)$$

Кількість АТЗ, яка необхідна для безперервної роботи навантажувача-очишувача (НО). знаходиться з умови ритмічної роботи другої ланки «ТПП – АТЗ», де маємо

$$R_2 = I_2, \quad (13)$$

де  $R_2$  - ритм роботи одного НО дорівнює тривалості часу  $T_{HO}$  його циклу :

$$R_2 = T_{HO} = \frac{q_A}{W_H \tau_H}, \quad (14)$$

де  $W_{HO}$  - продуктивність НО, т/год.;

$\tau_H$  - коефіцієнт використання робочого часу зміни НО; при належній організації робіт  $\tau_H = 0,8$  [10].

$q_A$  - вантажопідйомність АТЗ, т., яка визначається з виразу:

$$q_A \geq q_B \quad (15)$$

$I_2$  - інтервал надходження АТЗ:

$$I_2 = \frac{T_{ЦА}}{n_A} = \frac{1,23 \left( \frac{K_M \cdot q_A}{W_{HO}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{АВІВ} \right)}{n_A}, \quad (16)$$

де  $n_A$  - кількість транспортних засобів у групі;

$T_{ЦА}$  - тривалість обороту одного АТЗ;

$K_M$  - коефіцієнт, який ураховує витрати часу АТЗ на маневрування [5] ( $K_M = 1,5$ );

$l_{ij}$  - віддаль перевезення, км;

$v_T$  - середня технічна швидкість руху АТЗ, км/год.;

$t_{АВІВ}$  - тривалість вивантаження буряків на приймальному пункті.

Після підстановки в (13) всіх значень його складових отримаємо кількість АТЗ для обслуговування НО як

$$n_A = CEILING \frac{1,23W_{HO}\tau_H \left( \frac{K_M \cdot q_A}{\tau_H W_{HO}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ABIB} \right)}{q_A}, \text{ од.} \quad (17)$$

Можливість зменшення кількості АТЗ, які одночасно застосовуються, визначається зміною коефіцієнта використання робочого часу зміни НО.

Як показують дослідження для зернового виробництва [1], застосування ТПП як компенсатора, дозволяє виключити простої АТЗ, які сягають при прямих перевезеннях 36%. Природно, що такі ж показники трансформуються і у ЗТК для цукрових буряків.

*Приклад розрахунку.* Цукровий буряк збирається комбайнами Rora Euro Tiger (9 рядний) з місткістю бункера 40 м<sup>3</sup> (25,6 т) і продуктивністю транспортера на вивантаженні буряків з бункера  $W_{ПК} = 720$  т/год., та перевозиться на край поля в кагати тракторним причепом-перевантажувачем HAWE RUW з вантажністю  $q_{П} = 26$  т і продуктивністю вивантажувального транспортера  $W_{П} = 850$  т/год. З кагатів коренеплоди завантажуються навантажувачем-очищувачем RORA EURO MAUS з продуктивністю  $W_{НО} = 350$  т/год. на автомобілі КамАЗ-45144 з причепом ГКБ 83500, загальною вантажопідйомністю 25 т, якими їх вивозять за межі поля на приймальний пункт. Середня відстань перевезення - 25 км, технічна швидкість автомобіля - 40 км/год., час перебування автомобіля на приймальному пункті - 0,1 год.

*Визначити:* площу, з якої збирається урожай ( $U = 60$  т/га) групою з трьох комбайнів за 30 робочих днів, кількість ТПП для обслуговування групи комбайнів, кількість АТЗ для вивезення буряків з кагатів при повному завантаженні НО.

*Рішення.* При повному завантаженні комбайнів та згідно агротерміну площа, з якої збирається урожай групою з трьох комбайнів (відповідно рекомендацій [3]) знаходимо з рівняння (1):

$$S_{3mk} = \frac{m_K W_K T_{3M} K_{3M} D}{U} = \frac{3 \cdot 138 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 30}{60} = 4968 \text{ га,}$$

де продуктивність БК за годину змінного часу визначається відповідно рівняння (2):

$$W_K = 170 \cdot 0,81 = 138 \text{ т/год.}$$

при продуктивності БК за годину робочого (основного) часу (4):

$$W_{KP} = 0,1 \cdot 4,05 \cdot 7 \cdot 60 = 170 \text{ т/год.}$$

Кількість ТПП для обслуговування групи 3-х комбайнів дорівнює (11)

$$n_{II} = CEILING 0,9 \cdot 3 \cdot 170 \left( \frac{1}{720} + \frac{1}{850} + \frac{0,09}{25,6} \right) = 3 \text{ од.}$$

Кількість АТЗ для вивезення буряків з кагатів при повному завантаженні НО визначається як (16):

$$n_A = CEILING \frac{1,23 \cdot 350 \cdot 0,8 \left( \frac{1,5 \cdot 25,6}{0,8 \cdot 350} + \frac{2 \cdot 25}{40} + 0,1 \right)}{25,6} = 20 \text{ од.}$$

**Висновок.** Обґрунтована методика визначення раціональних параметрів удосконаленої перевалочної технології для цукрових буряків, яка забезпечує роботу комбайнів без простою, зменшує

ущільнення ґрунту, виключає його вивезення з поля, а також дає можливість оптимізувати терміни транспортування коренеплодів та кількість АТЗ, які одночасно застосовуються.

### Список літератури

- 1 *Измайлов А. Ю.* Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. /Измайлов А. Ю. — М.: ФГНУ «Рос-информагротех», 2007. — 200 с.
- 2 *Труханська О.О., Серета Л.П., Кравченко І.Є.* Аналіз конструктивних особливостей комбінованих очисних систем вороху коренеплодів. /О.О.Труханська //Збірник наукових праць Вінницького аграрного університету. № 9, 2011.
- 3 *Курило В.Л.* Збиранню цукрових буряків – високу якість. /Курило ., Сінченко В.М., Пиркін В.І. та ін.// «Цукрові буряки». - №4, 2012.
- 4 *Гречкосій В.Д.* Комплексна механізація буряківництва./ Гречкосій В.Д., Дмитришак М.Я., Шатров Р. та ін.. - В.: ТОВ. «Нілан» 2013. 358 с.
- 5 *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.
- 6 *Фришев С.Г.,* Аналіз пропускної здатності транспортно-технологічного комплексу з без букерними комбайнами /С.Г. Фришев С.Г. //Науковий вісник НУБіП України №196 ч.2 . К.:, 2014.

- 7 Бурьянов А.И. *Технология, организация и планирование перевозок грузов на сельскохозяйственных предприятиях: монография.* /А.И.Бурьянов –Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. — 268 с
- 8 Капанович М.С. *Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам.* – М.:Россельхозиздат, 1982, - 315 с.
- 9 Зязев В. А., Капанович М. С., Петров В. И. *Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом.* – М.:Транспорт, 1979. – 253 с
- 10 Ільченко В.Ю. *Машино-використання в землеробстві.*/В.Ю. Ільченко, Ю.П.Нагірний , П.А. Джолос та ін. – К.: «Урожай», 1996. – 382 с.