

УДК 629.631.554

**ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ
ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ МАШИН ДЛЯ
ВИРОБНИЦТВА ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

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

*Пропонується методика визначення раціональних
перевантажувальної технології під час збирання пшениці*

***Цукрові буряки, збирання, транспортування, ефективність,
продуктивність.***

Постановка проблеми. Цукрові буряки збирають потоковим, потоково-перевантажувальним, перевалочним та перевало-перевантажувальним способами. Вибір способу збирання залежить від особливостей ґрунтово-кліматичних зон бурякосіяння. Так, в районах достатнього зволоження буряки переважно збирають перевалочним та перевало-перевантажувальним способами. У районах нестійкого зволоження, де спостерігається чергування посушливих і помірно зволених років, потрібно застосувати поточковий та потоково-перевантажувальний спосіб.

Важливим напрямком підвищення ефективності збирально-транспортних процесів для цукрових буряків є застосування потужних збиральних комбайнів (БК) з великою місткістю бункерів в поєднанні з великовантажними транспортними засобами та потужною вантажно-очисною технікою. Цей напрямок необхідно розглядати в тісному взаємозв'язку з проблемою зменшення ущільнення ґрунту під час транспортування коренеплодів з поля.

Саме про такий напрямок свідчить зарубіжний досвід господарств з великим обсягом виробництва [1,2], де набуває широкого розповсюдження потоково-перевантажувальна технологія, шляхом застосування спеціалізованих великовантажних тракторних причепів

та напівпричепів перевантажувачів (СТНП) та високопродуктивних навантажувачів-очисників. Тому актуальна розробка методики обґрунтування раціональних параметрів потоково-перевантажувальної технології для цукрових буряків.

Аналіз останніх досліджень. Вперше в Україні потоково-перевантажувальний варіант технології для збирання цукрових буряків в 70-х роках минулого століття був запропонований у Всесоюзному НДІ цукрових буряків (м. Київ). Але його впровадження у виробництво не відбулося у зв'язку з недостатньо високим технічним рівнем розробки як причепів так і збиральних комбайнів [2-4]. В останній час у країнах ЄС, коли з'явилися більш досконалі БК з бункерами великої місткості – 40 м³ (комбайни фірми ROPA, , Vermaat Beet Eater 625 та інші) та причепи перевантажувачі RUW HAWE місткістю 40 м³ з трактором Джон Дір 8400, а в Україні напівпричепи ТЗП-27 «Атлант» та ін.), відбувається виробниче застосування потоково-перевантажувальної технології.

Метою дослідження є підвищення ефективності збирально-транспортних процесів шляхом удосконалення технологічних операцій.

Результати досліджень. За оцінкою спеціалістів Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України найбільш ефективним способом вивезення цукрових буряків з поля на приймальний пункт є потоковий із застосуванням автопоїздів, які містять великовантажні автомобілі (АМ) та причепи. Але такий спосіб має наступні суттєві недоліки:

- для ефективної роботи бурякозбиральних комбайнів (БК) без зупинок із урахуванням великої відстані перевезення до цукрових заводів потрібна значна кількість автомобільних транспортних засобів (АТЗ), в той же час у зв'язку із значними коливаннями часу обороту АТЗ простої БК в очікуванні транспорту сягають 20% [2]; перечіплення причепів потребує додаткових трудовитрат;
- на переуволожнених ґрунтах неможлива робота АТЗ в полі, що призводить до простоїв БК;

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

- 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.

Еволюція розвитку БК відбувалася останнім часом в напрямку обладнання їх спочатку бункерами-компенсаторами місткістю 1,5-3,5 т, а потім, із збільшенням потужності двигунів до 250-300 кВт місткість бункера збільшували поетапно - до 10-12, 15-18, 20-25 т. Відповідно значно зростає за вантажопідйомністю транспортний парк, який збагатився спеціалізованою технікою.

Як показує досвід країн ЄС застосування на перевезенні від БК *перевантажувального* варіанту транспортування у значному ступені ліквідує вказані раніше недоліки. Основою таких технологічних процесів є впровадження високопродуктивних збирально-транспортних комплексів (ЗТК), які містять, наприклад комбайн SF-10 Franz Kleine, спеціалізований тракторний напівпричіп (СТНП) ТЗП-27 з трактором потужністю 150-200 к.с., навантажувач-очіщувач та великовантажні АТЗ. Це дає також змогу значно зменшити ущільнення ґрунту через виключення відвозу буряків від комбайнів великовантажними АТЗ. БК працює без зупинок з одночасним навантаженням буряків у причіп-перевантажувач, який йде поруч, з можливістю накопичення буряка в проміжному бункері при заміні СТНП з подальшим перевантаженням у великовантажний автомобіль або у кагати. Використання місткості проміжного бункера дозволяє комбайну робити довгі робочі проходи, здатні перекривати тим самим можливі транспортні затримки, коли комбайн не супроводжується рухомим поруч напівпричепом.

Не менш важливою перевагою СТНП перед вантажівкою являється ступінь впливу на ґрунт. При в'їзді вантажівки на поле відбувається високий тиск на ґрунт, що негативно позначається на подальшій врожайності вирощуваних культур. Якщо питомий тиск трактора, причепа чи комбайна завдяки широкопрофільним шинам наближається до нормативних вимог, то у вантажівки цей показник в рази перевищує

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

допустиму норму. У дощову погоду вантажівки в полі в загалі непрацездатні.

В Україні на заводі Кобзаренка (Сумська обл.) розпочато виробництво універсальних здвижних напівпричепів серії «Атлант»: ТЗП-39 вантажопідйомністю 30 т та об'ємом 40 м³; ТЗП-27 вантажопідйомністю 20 т та об'ємом 32 м³. Конструкція «Атланта» передбачає його універсальне застосування шляхом встановлення на напівпричіп змінного гноєрозкидуючого механізму або перевантажувального шнека для зерна.

Технічна характеристика напівпричепів дана в таблиці 1.

Таблиця 1. - Технічна характеристика напівпричепів

Показники	ТЗП-39	ТЗП-27
Вантажопідйомність, кг	30 000	20 000
Об'єм, м ³	40,0	32
Об'єм з нашивками, м ³	48,4	
Необхідна потужність трактора, к.с.	250-300	220-250
Вісі, шт	3	2

Особливість потоково-перевантажувального способу транспортування врожаю буряків є гнучкість, адаптивність до погодно-кліматичних та господарських умов під час збирання. При сприятливих погодних умовах і достатньої кількості АТЗ такий ЗТК: наприклад комбайн «Холмер», тракторний напівпричіп-перевантажувач (ТНП) ТЗП-27 «Атлант» з трактором потужністю 220-250 к.с. здійснює потоково-перевантажувальний спосіб перевезення. Буряки, які вивезені з поля «Атлантом», на дорозі перевантажуються у великовантажні АТЗ для перевезення на цукровий завод.

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

У випадку зміни умов (в дощову погоду при переувлажненому ґрунті або при недостатній кількості АТЗ) в комплекс машин додається навантажувач-очіщувач і його робота переходить на перевало-перевантажувальний спосіб перевезення. «Атлант» розвантажує продукцію в кагати, откуда вона після просихання завантажується з одночасним очищенням в АТЗ. Створений на перевалочних майданчиках запас коренеплодів дозволяє більш раціонально і продуктивно використовувати автомобільний транспорт на вивезенні буряків протягом доби.

Доставляти коренеплоди на цукровий завод можна сучасними окремими великовантажними автомобілями і автопоїздами КрАЗ-6230С4-330+КрАЗ А261С3, КамАЗ-45143+СЗАП 8357 або МАЗ-650108+МАЗ-856103.

З метою кількісної оцінки вказаних способів і визначення доцільності застосування раціонального нами розроблена методика порівняльної оцінки. Для порівняння прийнято 2 найбільш продуктивних збирально-транспортних процеса:

1) потоково-перевантажувальний процес, при якому тракторний напівпричіп ТЗП-27 транспортує буряки від комбайна та вивантажує їх в кузов АТЗ для перевезення на цукровий завод.;

2) прямі перевезення буряків від БК на цукровий завод автотягачами з причепами (потоковий спосіб).

Для вибору раціонального варіанту взаємодії комбайнів та транспортних засобів (ТЗ) проаналізуємо їх раціональні параметри під час збирання і транспортування цукрових буряків.

З урахуванням широкого розповсюдження в Україні закордонної збиральної техніки нами розглянут комбайн «Холмер». Його продуктивність за годину основного часу дорівнює 1.7-3.3 га/год. Для урожайності 50 т/га середнє значення продуктивності БК за годину основного часу $W_{кр} = 125$ т/год.

Потоково-перевантажувальний процес виконує ЗТК з трьох БК марки «Холмер», відповідно трьох напівпричепів ТЗК-27 «Атлант» з тракторами ХТЗ 17221 та необхідна кількість великовантажних АТЗ. Віддаль від поля до цукрового заводу 15 км, $T_{зм}$ – тривалість зміни

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

7 год., та кількість змін $K_{3M} = 2$; D - тривалість збиральних робіт, приймаємо 20 днів.

Група з 3-х БК працює в одному полі, але кожний у своїй загинці [1], при цьому гичка подрібнюється та розкидається як органічне добриво. Трактор ХТЗ 17221 (220-250 к.с.) з напівпричепом під час завершення заповнення бункера комбайна під'їжджає до БК і на ходу завантажується коренеплодами, а потім переїжджає до дороги, де розвантажується у кузови великовантажних самоскидів АМ для перевезення у приймальний пункт цукрового заводу.

Продуктивність БК за годину змінного часу розраховують [1,6] за формулою:

$$W_{\Gamma} = W_{KP} \tau, \text{ т/год}, \quad (1)$$

де τ - коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \delta_{3M} \tau_{\Pi} = 0,81 \quad (2)$$

δ_{3M} - коефіцієнт циклового часу зміни, приймається 0,9;

τ_{Π} - коефіцієнт використання циклового часу зміни дорівнює [6]:

$$\tau_{\Pi} = \frac{t_B + t_{PO3}}{t_B + t_X + t_{PO3}} = 0,9 \quad (3)$$

де t_B - тривалість заповнення бункера БК буряками,

t_{PO3} - тривалість розвантаження бункера БК (40 с. для «Холмера»);

t_X - тривалість холостого ходу БК на разворотах,

t_{PYX} - тривалість руху БК до кагатів і назад.

Продуктивність БК за годину змінного часу дорівнює

$$W_{\Gamma} = W_{KP} \tau = 125 \cdot 0,81 = 101 \text{ т/год},$$

Площу, з якої три комбайна збирають за 20 робочих днів урожай визначаємо як [1]

$$S = \frac{m_K \cdot W_{\Gamma} \cdot t_{3M} \cdot K_{3M} \cdot D}{U} = 1697 \text{ га} \quad (4)$$

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

де S – площа, га;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, 7 год;

D – тривалість збиральних робіт, 20 днів.

Умовою безперервної роботи ЗТК є баланс часу, коли кожний напівпричіп обслуговує один БК, коли тривалість обороту ТНП ($t_{об}$) від моменту часу завершення його завантаження до моменту повернення після розвантаження (в АТЗ або в бурти на поле) до БК для чергового завантаження буде менше або дорівнювати часу завантаження бункера комбайна (t_H). Ця умова визначається виразом:

$$t_{об} \leq t_H, \quad (5)$$

або

$$t_{пyx} + \frac{K_M (q_B + \frac{W_{KP} \cdot q_B}{W_{KB}})}{W_H} \leq \frac{q_B}{W_{KP}}$$

де q_B – маса буряка, яка міститься у бункере БК, т;

W_H та W_{KB} – продуктивність вивантажувального транспортера відповідно напівпричепа та БК (приймаємо 600 та 1600 т/год);

K_M – коефіцієнт, який урахує маневрування під час завантаження АТЗ ($K_M=1,5$);

$t_{пyx}$ – тривалість руху ТНП за один його оборот, $t_{пyx} = 0,07$ год. за даними експериментальних досліджень [4,5].

З останнього виразу визначається мінімальна маса буряка, що заповнює бункер БК (місткість бункера), під час руху і розвантаження СТНП:

$$q_B = \frac{t_{пyx}}{\frac{1}{W_{KP}} - \frac{K_M (1 + K_B)}{W_H}} = 13,2 \text{ т} \quad (6)$$

де $K_B = W_{KP} / W_{KB}$.

Маса буряків, що завантажується в ТНП під час роботи з «Холмером»

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

$$m_H = q_B + \frac{W_{KP} \cdot q_B}{W_{KB}} = 19,4 \text{ т.} \quad (7)$$

Виходячи з розрахунків (6), мінімальна місткість бункера $q_B = 13,2$ т. Для цього значення уточнюємо марку БК. Таким може бути БК «Холмер» з $V_H = 24 \text{ м}^3$, для якого

$$q_B = 28 \cdot 0,64 = 18 \text{ т} > 13,2 \text{ т}$$

Кількість напівпричепів ТЗП-27 дорівнює кількості БК. Тобто

$$n_{ТЗП} = 3 \text{ од.}$$

Кількість АТЗ для обслуговування групи комбайнів знайдемо як

$$n_A = \frac{I_{ДОБ}}{W_{ДОБ}} = 6 \text{ од.},$$

де $W_{ДОБ} = 14625$ ткм -добова продуктивність АТЗ, т км;

$I_{ДОБ}$ - добової обсяг перевезень, т км.

$$W_{ДОБ} = \frac{T_{Ц}}{t_{Ц}} \cdot Q \cdot l_{ij} = 2846 \text{ ткм.}$$

$t_{РОЗ}$ — тривалість перебування автомобіля в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт, для розрахунків приймається 0,2 год.;

Тривалість циклової роботи за добу дорівнює

$$T_{Ц} = T_{ДОБ} - T_{ПЗ} - T_{ВДП} - T_{ОС} = 12,5 \text{ год.} \quad (8)$$

де $T_{ДОБ}, T_{ПЗ}, T_{ВДП}, T_{ОС}$ - відповідно тривалість роботи за добу, підготовчо-заклучний час, норматив часу на відпочинок і особисті потреби.

t_X -тривалість холостого ходу БК на разворотах,

$t_{РУХ}$ -тривалість руху БК до кагатів і назад.

Збирально-транспортний потоковий технологічний спосіб полягає в наступному. Розглянемо також як і в попередньому варіанті групу з 3-х БК «Холмер». Ефективною організацією вивезення цукрових буряків з поля на приймальний пункт є застосування автопоїздів з використанням великовантажних автомобілів (АМ), при цьому АМ перевозить два причепа. За кожним з АМ закріплено по чотири двовісних причепа. При потоковому збиранні урожаю спочатку

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

завантажується АМ, а потім окремо два причепа, які були доставлено раніше. В той час, коли автопоїзд везе буряки на приймальний пункт, при допомозі трактора два пусті причепа перевозяться до БК, де завантажуються, а потім відправляються на дорогу. При поверненні АМ з пустими причепами водій відчіпляє їх, завантажуються від БК, причіпляє раніше завантажені два причепа і відвозить на приймальний пункт.

У зв'язку з стохастичністю процесів збирання і транспортування (через можливі затримки транспортного засобу на шляху через стан доріг, черги на цукровому заводі та ін.) та відповідними простоями як БК та АТЗ коефіцієнт використання часу зміни для потокового процесу менше в порівнянні з потоково-перевантажувальним. Він також залежить від довжини гону поля і місткості бункера комбайна. Орієнтовно в розрахунках за даними літературних джерел можна прийняти його значення як $\tau = 0,62$ з [1,2].

Продуктивність БК за годину змінного часу:

$$W_{\Gamma} = W_{KP} \cdot \tau = 125 \cdot 0,62 = 78 \text{ м/год}$$

Кількість БК необхідних для збирання буряків з базової площі поля 1697 га:

$$m_K = \frac{S \cdot U}{W t K D} = \frac{1697 \cdot 50}{78 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 20} = 4 \text{ од.} \quad (9)$$

Виходячи з однакових значень параметрів, що визначають кількість АТЗ для порівнюємих варіантів отримаємо

$$n_A = \frac{I_{ДОБ}}{W_{ДОБ}} = 6 \text{ од.}$$

З метою порівняння різних транспортних процесів нами шляхом розрахунків виконана їх економічна оцінка [6]. Техніко-економічні параметри машин ЗТК для різних транспортних процесів представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 -Техніко-економічні параметри машин ЗТК для різних транспортних процесів

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

Показник	Потоковий транспортний процес	Потоково-перевантажувальний процес
Коефіцієнт використання часу зміни БК	0,62	0,81
Продуктивність БК за годину змінного часу, т/год.	78	101
Кількість комбайнів, од.	4	3
Кількість транспортних засобів, од	КамАЗ 45143- 6 од; причіп СЗАП 8357 - 24 од.	ТЗП-27+ХТЗ17221- 3 од.; КрАЗ-6230С4- 6 од.
Приведені витрати, грн/т	50,7	55,7
Додатковий економічний ефект за рахунок зменшення кількості БК в ЗТК, грн	-	1 500 000
Екологічний вплив машин ЗТК	Значне ущільнення ґрунту колесами АТЗ	-
Загальний економічний ефект, грн	-	1471720

З представлених даних бачимо, що продуктивність БК під час застосування потоково-перевантажувальних перевезень в 1,3 перевищує продуктивність комбайнів під час поточкових перевезень, що пов'язано із застосуванням напівпричепів ТЗП-27 «Атлант», які працюють як міжопераційні компенсатори і забезпечують безперервність роботи БК. Таке підвищення означає можливість збирання буряків зі всієї базової площі (1697 га) трьома комбайнами, в той час коли традиційні поточкові прямі перевезення потребують 4 БК, що дозволяє отримати загальний економічний ефект 1471720 грн.

Особливість потоково-перевантажувального способу транспортування врожаю буряків є гнучкість, адаптивність до

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

погодно-кліматичних та господарських умов під час збирання. У випадку зміни умов (в дощову погоду при переувлажненому ґрунті або недостатньої кількості АТЗ) в комплекс машин додається навантажувач-очіщувач і робота ЗТК переходить на перевало-перевантажувальний спосіб перевезення. «Атлант» розвантажує продукцію в кагати, звідки вона після просихання буряків завантажується в АТЗ з одночасним очищенням від ґрунту.

Висновки

1. Обґрунтована методика порівняння раціональних параметрів потоково-перевантажувальних і потокових процесів під час збирання цукрових буряків.
2. Потоково-перевантажувальний спосіб транспортування врожаю цукрових буряків має певну перспективу застосування в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гречкосій В.Д., Войтюк В.Д., Шатров Р.В. Проектування технологічних процесів у рослинництві. Навчальний посібник – К. 2014 – 392 с.
2. Измайлов А. Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. — М.: ФГНУ «Рос-информагротех», 2007. — 200 с.
3. Фришев С.Г., Козупиця С.І. Розробка ефективних технологій транспортування зерна від комбайнів. Монографія. К. 2015 – 224с.
4. Капланович М.С. Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам. – Зязев В. А., Капланович М. С., Петров В. И. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом. – М.: Транспорт, 1979. – 253 с.
5. Гоберман В. А. Автомобильный транспорт в сельскохозяйственном производстве. – М.: Транспорт, 1986. – 287 с.
6. Лльченко В.Ю. Нагірний Ю.П. Машиновикористання в земліробстві. – К. Урожай, 1996. – 384 с.