

УДК 631.331

М.С. Шведик, к.т.н., В.О. Корнелюк  
Луцький національний технічний університет  
В.В. Теслюк, д.с.г.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

## **АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КАРТОПЛЕКОПАЧА**

*В статті наведено аналіз основних факторів, які впливають на продуктивність конічно-спірального сепаратора картоплекопача та її залежність від коефіцієнта використання робочого часу при русі з різною швидкістю на супіщаних, суглинкових і чорноземних ґрунтах.*

**КАРТОПЛЕКОПАЧ, ЛЕМІШ, СЕПАРАТОР, ҐРУНТ, ВОРОХ, БУЛЬБИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ШВИДКІСТЬ, КОЕФІЦІЄНТ РОБОЧОГО ЧАСУ, ОБ'ЄМНА МАСА**

**Постановка проблеми.** Для викопування бульб картоплі найбільш широко використовують картоплекопачі просіювального типу (КТН-2В, КВП-2М, КСТ-1,4) [1 – 4]. Основним робочим органом таких картоплекопачів є пруткові елеватори та коливальні грохоти. В деяких конструкціях картоплекопачів для сепарації ґрунту використовують кулачкові та валкові грохоти. Для роботи у важких умовах на картоплекопачах встановлюють декілька пруткових елеваторів (наприклад в КСТ-1,4), а також обладнують їх бітерами та сепаруючими решітками [5]. При цьому затрати праці на збирання бульб після картоплекопачів в залежності від урожайності та ґрунтово-кліматичних умов, становлять 70...130 люд.-год./га.

Однак, не дивлячись на те, що на даний час існує широкий спектр їх конструктивно-технологічних рішень, всі вони не в повній мірі задовольняють агротехнічні вимоги, що ставляться до картоплекопачів

Основним і найбільш характерним для них недоліком є схильність до залипання ґрунтом, присипання викопаних бульб ворохом та їх травмування.

На нашу думку усунути зазначені недоліки можна шляхом застосування нової конструкції картоплекопача з конічно-спіральним сепаратором, який під час свого обертання забезпечує переміщення підкопаного пласта як по коловій траєкторії, так і в осьовому напрямку. При цьому, внаслідок багаторазового підйому-падіння

пласта на поверхню спіралі відбувається його інтенсивне руйнування до частинок, які вільно просіюються між витками спіралі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літературних джерел, приурочених питанням викопування картоплі картоплекопачами показує, що вони є достатньо вивчені. На основі результатів досліджень авторами [1 – 6] розроблені і запропоновані відповідні рекомендації, які знайшли своє практичне застосування під час розробки сучасних картоплекопачів.

Однак, питання, що стосуються встановленню основних факторів, які безпосередньо впливають на продуктивність картоплекопача з конічно-спіральною сепаратором, в літературних джерелах не висвітлювались, що створює певні труднощі під час його розробки.

**Метою дослідження** є встановлення основних факторів, які впливають на продуктивність картоплекопача з конічно-спіральною сепаратором та визначення меж в яких вона може змінюватись.

**Результати досліджень.** Аналіз технологічного процесу картоплекопача з конічно-спіральною сепаратором показує, що основним фактором, який впливає на його продуктивність, є процес сепарації. При цьому якісне протікання сепарації буде забезпечуватись при узгодженості пропускної здатності лемеша і сепаратора, тобто за умови, що

$$Q_L = Q_C, \quad (1)$$

де  $Q_L$  – секундна подача маси лемешем;

$Q_C$  – секундна продуктивність сепаратора, тобто маса вороху, яка подається безперервним потоком в сепаратор повинна своєчасно відводитись за його межі.

Якщо леміш подаватиме в сепаратор більше маси, ніж він спроможний її відвести, то в середині сепаратора буде накопичуватись велика кількість маси, яка не встигатиме просіюватись між витками внаслідок чого сепарація припиняється. Щоб виявити основну причину, яка викликає збій у технологічному процесі картоплекопача, проаналізуємо фактори, що впливають на продуктивність сепаратора.

Оскільки в картоплекопачі спостерігається безперервний потік маси, яку підіймає леміш з рядка і подає її в сепаратор, то можна правомірно припустити, що цей потік проходить через поперечну площу, яку можна умовно назвати горловиною. При усталеному режимі роботи картоплекопача потік буде характеризуватись такими сталими параметрами, як швидкість руху  $V$  та його об'ємною масою. Отже, за аналогією з пропускною здатністю горловини, можна записати, що продуктивність лемеша визначається за такою формулою:

$$Q_n = V_a \cdot \gamma \cdot S,$$

де  $V_a$  – швидкість маси,

$\gamma$  – об’ємна маса пласта,

$S$  – площа поперечного перерізу пласта (рівна площі поперечного перерізу пласта на лемеші).

Враховуючи зменшення продуктивності картоплекопача, а відповідно пропускної здатності умовної горловини (лемеша), внаслідок втрати робочого часу через різні фактори, останній вираз можна записати в такому вигляді:

$$Q_n = V_a \cdot \gamma \cdot S \cdot \tau, \quad (2)$$

де  $\tau$  – коефіцієнт використання робочого часу.

Площу поперечного перерізу пласта визначаємо з рис.1, з якого видно, що вона складається з суми площ трьох геометричних фігур:  $S_1$  – площі трикутника  $OA'C'$ ,  $S_2$  – площі прямокутника  $A'A''C''$  і  $S_3$  – площі сектора  $A''KC''$ , тобто

$$S = S_1 + S_2 + S_3. \quad (3)$$

Визначимо ці площі (Площа  $\Delta OA'C' = S_1$ ):

$$S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot OO'' = \frac{1}{2} b \cdot OO''. \quad (4)$$

З побудови (рис.1) видно, що

$$OO'' = OK - O''K = a - O''K. \quad (5)$$

Враховуючи те, що

$$O''K = A'A'' + K'K,$$

$$K'K = h',$$

а також вираз  $A'A'' = \frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \varphi$  [7], то вираз (5) запишемо так:

$$OO'' = a - \left( \frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \varphi + h' \right).$$

Отже,

$$S_1 = \frac{1}{2} B \left( a - \frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \varphi - h' \right). \quad (6)$$

Площа

$$S_2 = A'A'' \cdot A'C',$$

а з врахуванням виразу  $A'A'' = \frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \varphi$  [7], і того, що  $A'C' = b$ ,

останній вираз запишемо так:

$$S_2 = b \frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \varphi, \quad (7)$$

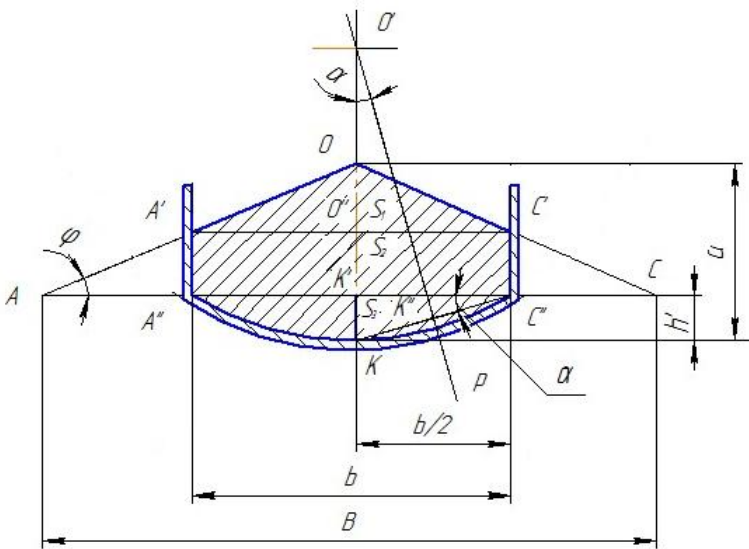


Рис. 1 – Схема до визначення площі поперечного перерізу пласта вирізаного лемешем перед подачею його в сепаратор

Площу сегмента  $S_3$  визначаємо за відомою формулою:

$$S_3 = \frac{2}{3} b \cdot h' + \frac{(h')^3}{2b}, \quad (8)$$

де  $b$  – основа сегмента (ширина лемеша);

$h'$  – висота сегмента.

Підставимо у формулу (3) залежності  $S_1$ ,  $S_2$  і  $S_3$  з виразів (6), (7), (8) і отримаємо формулу для визначення площі поперечного перерізу пласта:

$$S = \frac{b}{2} \left( a + \frac{h'}{3} + \frac{(h')^3}{b^2} \right), \quad (9)$$

Швидкість подачі вороху в сепаратор визначимо з врахуванням рис.2, на якому наведено схему підкопування пласта і його переміщення на поверхні лемеша. З наведеної схеми видно, що

картоплекопач рухається з деякою швидкістю  $V$  в напрямку стрілки. При цьому відносний напрямок пласта буде направлений в протилежну сторону зі швидкістю  $V_a$ . Розкладемо цю швидкість на складові:  $V_n$  – швидкість, яка направлена вгору (швидкість підйому пласта) і  $V_t$  – направлена в сторону сепаратора. Ця швидкість рівна за величиною швидкості руху картоплекопача  $V$ , але протилежно їй направлена.

Отже, швидкість подачі пласта буде визначатись за такою формулою:

$$V_a = \frac{V}{\cos \alpha}, \quad (10)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу лемеша до горизонту.

З врахуванням виразів (9) і (10) і умови (1) вираз (2) прийме вид:

$$Q_d = Q_c = V_a = \frac{b \cdot V \cdot \gamma \cdot \tau}{2 \cos \alpha} \left[ a + \frac{h'}{3} + \frac{(h')^3}{b^2} \right]. \quad (11)$$

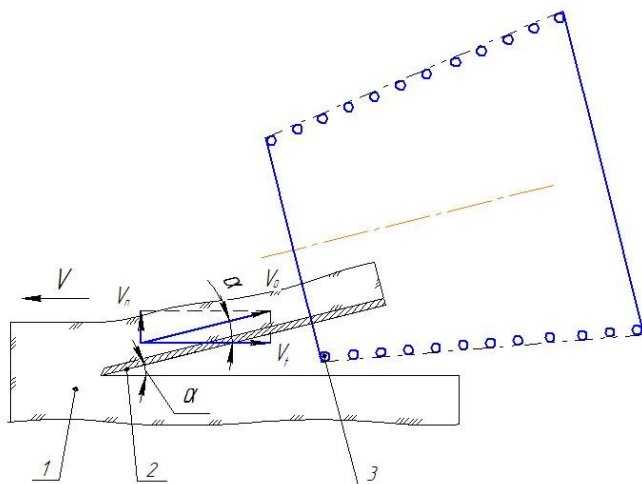


Рис. 2 – Схема до визначення осьової швидкості подачі пласта

Аналіз отриманого виразу показує, що продуктивність картоплекопача залежить прямо пропорційно від швидкості  $V$  руху картоплекопача, об'ємної маси  $\gamma$  (тобто типу) ґрунту, коефіцієнта використання робочого часу  $\tau$  і обернено пропорційно від кута  $\alpha$  установки лемеша, а також від його ширини  $b$  та таких технологічних

параметрів, як глибини залягання бульб від вершини гребеня  $a$  та його основи  $h'$ .

Таким чином, на основі викладеного можна зробити висновок, що на продуктивність картоплекопача впливають сім факторів, які можна розділити на три групи: технологічні ( $V, \tau, a, h'$ ), конструктивні ( $\alpha, b$ ) і фізико-механічні ( $\gamma$ ). Детальний аналіз цих факторів, показує, що ними управляти в технологічному процесі важко. Але встановивши для окремих з них раціональні значення, можна звести їх вплив до мінімуму. Так, в силу біологічних особливостей бульб глибина  $a$  їх залягання від вершини гребеня і від його основи  $h'$  в основному становить відповідно 0,22 м і 0,06 м. Що стосується конструктивних параметрів лемеша, то з врахуванням біологічних особливостей картоплі, бульби в ґрунті розміщуються в пласті шириною до 0,3 м, тому мінімально-допустимою шириною лемеша можна прийняти ширину рівну 0,4 м. Кут установи  $\alpha$  лемеша до горизонту згідно рекомендацій [4] не повинен перевищувати  $24^{\circ}$ , інакше різко зростуть енергозатрати на підкопування пласта. Тому кут  $\alpha$  установки лемеша можна прийняти рівним  $15^{\circ}$  і він буде незмінним. Таким чином на продуктивність картоплекопача в основному впливають швидкість  $V$  його руху, об'ємна маса  $\gamma$  ґрунту та коефіцієнт використання робочого часу  $\tau$ .

Отже, змінюючи числові значення ( $v, \gamma, \tau$ ) можна отримати теоретичну залежність продуктивності картоплекопача від цих параметрів. За результатами розрахунків на рис.3 побудовано графічну залежність продуктивності  $Q$  (кг/с) картоплекопача від коефіцієнта використання робочого часу  $\tau$  при русі з різною швидкістю  $V$  (м/с) на різних типах ґрунтів  $\gamma$  (кг/м<sup>3</sup>).

Аналіз отриманих графіків показує, що продуктивність картоплекопача з лемешем шириною  $b = 0,4$  м і кутом його установки  $\alpha = 15^{\circ}$  при роботі на всіх типах ґрунтів прямо пропорційно залежності від коефіцієнта  $\tau$  використання робочого часу і швидкості  $V$  руху картоплекопача і в міру збільшення їх значень також збільшується. Але враховуючи те, що при хорошій організації робіт коефіцієнт використання робочого часу може сягати свого максимального значення  $\tau = 0,7$ , а висока якість сепарації забезпечується при нижчих швидкостях руху картоплекопача, які на практиці для машин-аналогів знаходяться в межах  $V = 0,5 \dots 0,75$  м/с на різних типах ґрунтів буде змінюватись в межах  $Q = 15 \dots 32$  кг/с.

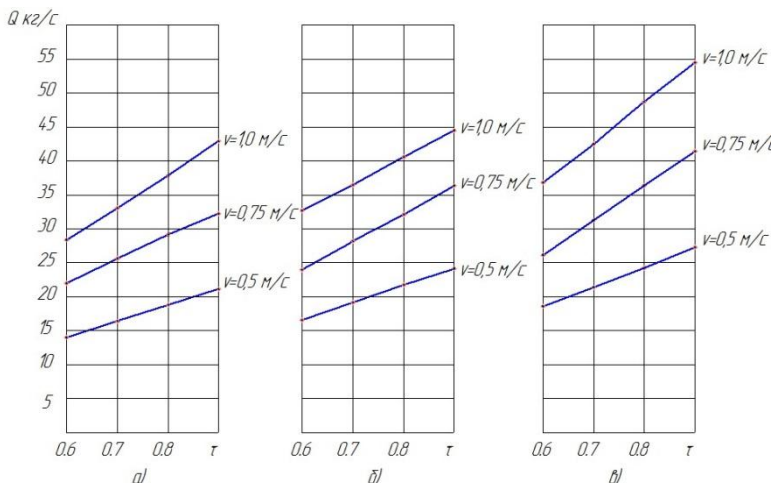


Рис.3 – Графічна залежність продуктивності  $Q$  (кг/с) від коефіцієнта  $\tau$  використання робочого часу при русі з різною швидкістю  $V$  (м/с) для: а) супіщаних ґрунтів  $\gamma = 750$  кг/м<sup>3</sup>; б) суглинкових ґрунтів  $\gamma = 850$  кг/м<sup>3</sup>; в) чорноземних ґрунтів  $\gamma = 950$  кг/м<sup>3</sup>

**Висновки.** Таким чином, на основі отриманих результатів досліджень, можна зробити наступні висновки:

1. На продуктивність картоплекопача впливають сім факторів, які можна розділити на три групи: технологічні ( $V$ ,  $\tau$ ,  $a$ ,  $h$ ), конструктивні ( $\alpha$ ,  $b$ ) і фізико-механічні ( $\gamma$ ). Однак детальний аналіз цих факторів, показує, що ними управляти в технологічному процесі важко.

2. З врахуванням біологічних особливостей бульб з метою спрощення процесу проектування картоплекопача доцільно зменшити число факторів, які впливають на його продуктивність шляхом встановлення раціональних параметрів для окремих з них, зокрема прийняти, що глибина  $a$  залягання бульб від вершини гребеня і від його основи  $h'$  становлять відповідно 0,22 м і 0,06 м, а мінімально-допустима ширина  $b$  лемеша і кут  $\alpha$  його установки відповідно 0,4 м і  $15^\circ$ .

3. При робочій швидкості картоплекопача  $V = 0,5 \dots 0,75$  м/с на різних ґрунтах його продуктивність збільшується або зменшується у два рази в межах  $Q = 15 \dots 32$  кг/с.

### Література

1. Верещагин Н И., Пшеченков К.С. Рабочие органы машин для возделывания, уборки и сортировки картофеля. - М.: Машиностроение, 1965. - 266 с.
2. Герасимов А.А., Прохорова М.Ф. Особенности развития технологии уборки картофеля и конструкции картофелеуборочных машин // Труды ВИМ. - М., 1978. - Т. 80. - С. 41 - 52.
3. Мацепуро М.Е. Технологические основы механизации уборки картофеля. - Минск: Гос. Изд-во, 1969. - 301 с.
4. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. - 320с.
5. Размыслович И.Р., Ладутько С.Н. Экспериментальные, лабораторные и полевые исследования битеров картофелеуборочных машин // Сельскохозяйственную технику – на уровень современных требований. Сб. науч. трудов БИМСХ. – Минск: Ураджай, 1967. – С. 131 – 138.
6. Картопля / В.А. Вітенко, В.С. Куценко, М.Ю. Власенко та інш.; За редакцією В.А. Вітенка, В.С. Куценка. - К.: Урожай, 1990. - 256 с.
7. Шведик М.С., Загвоздін О.Б. Графо-аналітичний метод обґрунтування основних параметрів конічно-спірального сепаратора картоплекопача. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. стат. Вип. 32.- Луцьк, 2015. с. 252–257.