

УДК 631.358.08

В.Барановський, канд. тех. наук; В.Соломка, канд. тех. наук;

В.Онищенко канд. тех. наук

Навчально-науковий технічний інститут Національного аграрного університету

ДО ПИТАННЯ ПОШКОДЖЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ОЧИСНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Викладено результати наукових досліджень процесу співудару коренеплодів з робочими органами комбінованого очисного пристрою коренезбиральної машини. Аналітично визначено допустиму швидкість співудару, імпульс сили удару, кут відбивання коренеплодів та верхню межу кутової швидкості обертання шнека, що характеризують процес взаємодії коренеплодів з гвинтовою поверхнею шнека.

Умовні позначення

Δt - проміжок часу дії удару, с;

V_p - результуюча (сумарна) швидкість співудару коренеплоду, м/с;

V_o, V_k - відповідно осьова і колова швидкість руху гвинта, м/с;

α - кут повороту точки М, град;

T - крок гвинта, м;

\vec{V}_{zv} - вектор результуючої швидкості співудару гвинта, м/с;

α'_n - кут підйому гвинтової лінії, град.

Збільшення виробництва і зниження собівартості коренеплодів кормових буряків в значній мірі стримується низьким рівнем механізації їх збирання, на котре припадає 30–50 % від загальних затрат праці. Зменшення затрат праці на збиранні коренеплодів досягається подальшим удосконаленням всіх елементів технологічного процесу і, перш за все, – очищення вороху коренеплодів від домішок, на ручне виконання якого припадає більше 30 % трудових затрат при збиранні [1, 2].

Аналіз роботи відомих очисних робочих органів коренезбиральних машин показав, що вони не забезпечують необхідної якості роботи на важких і середніх ґрунтах в умовах надмірної або низької вологості і в них не повністю розкриті переваги і можливість використання принципу та ефекту косоного співудару коренеплодів з робочими поверхнями, який забезпечує їх мінімальні пошкодження [3, 4, 5, 6].

З метою підвищення ефективності роботи коренезбиральних машин було розроблено, на рівні винаходів [7, 8] технологічну схему комбінованого очисника вороху коренеплодів, які вирощені на важких і середніх ґрунтах.

Основними критеріями оцінки якості роботи очисників вороху коренеплодів є показники пошкодження коренеплодів поверхнями робочих органів і ступеня відокремлення від них домішок.

В процесі роботи очисника спостерігається процес ударної взаємодії коренеплоду з гвинтовою поверхнею гвинта, при цьому імпульс сили удару і кут відбивання ко-

ренеплодів залежить від швидкості руху транспортера V_{mp} , осьової V_o і колової V_k швидкостей гвинта та маси коренеплоду m_k . Нехай коренеплід конічної форми, маса якого m_k , із швидкістю подавального транспортера V_{mp} (рис. 1) співударяється з елементом гвинтової поверхні гвинта 2, маса якого $M_{зв}$ значно перевищує масу коренеплоду, тобто $M_{зв} \gg m_k$. Елемент гвинта взаємодіє на тіло коренеплоду з абсолютною швидкістю $V_{зв}$, при цьому явище удару розглядається як деякий

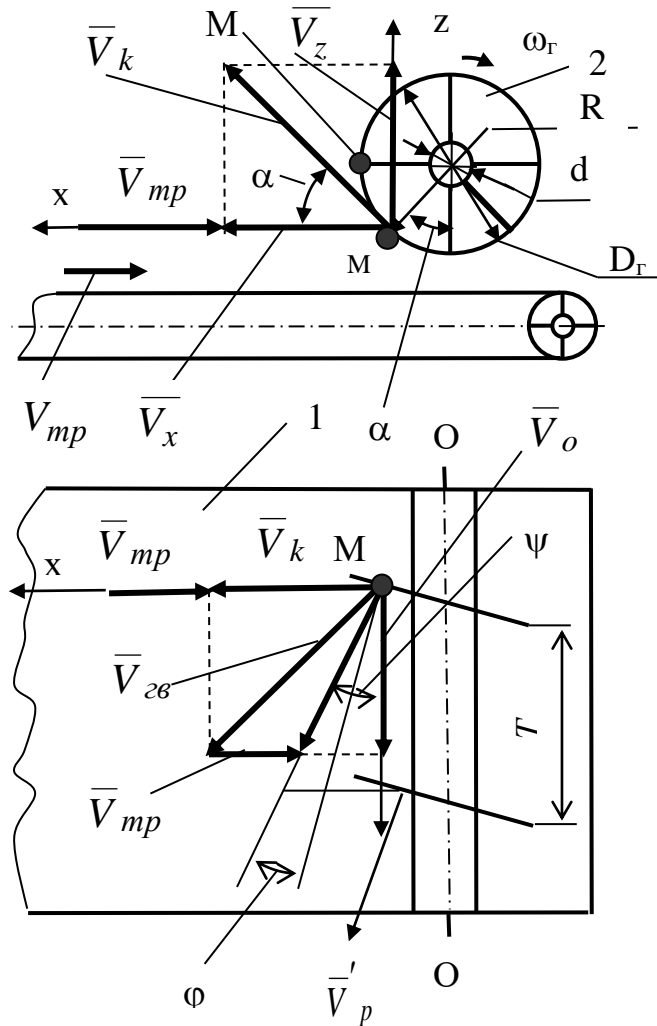


Рис. 1. Схема до визначення параметрів очисника:
1 - подаючий транспортер; 2 - гвинт

шнека:

$$\bar{V}_p = \sqrt{(\bar{V}_k \cos \alpha - \bar{V}_{mp})^2 + \bar{V}_o^2 + \bar{V}_k^2 \sin^2 \alpha}. \quad (5)$$

Тому що $V_k = \frac{\omega_{зв} D_{зв}}{2}$, а $V_o = \frac{\omega_{зв} T}{2\pi}$, вписавши значення V_k і V_o у рівняння (5), і після відповідних математичних перетворень, формула для визначення скалярної (абсолютної) величини результуючої швидкості співудару коренеплоду з поверхнею шнека буде мати кінцевий вигляд:

$$V_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\omega_{зв}^2 (\pi^2 D_{зв}^2 + T^2) - 4\pi^2 (\omega_{зв} D_{зв} V_{mp} \cos \alpha + V_{mp}^2)} \quad (6)$$

стрибкоподібний процес, тривалість якого без кінцево мала. В кінці удару коренеплід змінює векторний напрямок і рухається від поверхні гвинта з результуючою швидкістю V_p .

Імпульс сили удару F , що діє в проміжку часу $t_2 - t_1$, визначається за формулою [9]:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} F dt \quad (1)$$

Тоді можна записати, що [10]:

$$F \Delta t = m_k V_p. \quad (2)$$

Виходячи із рівнянь (1), (2), імпульс сили удару визначається:

$$S = m_k V_p. \quad (3)$$

Для визначення абсолютної величини результуючої швидкості співудару V_p коренеплоду із гвинтовою поверхнею шнека використаємо графічну побудову плану швидкостей косою співудару, яку наведено на рис. 2.

З трикутника ABM визначаємо результуючу швидкість співудару, тобто:

$$\bar{V}_p = \overline{BM} = \sqrt{\overline{AM}^2 + \overline{AB}^2}. \quad (4)$$

Вписавши значення векторів \overline{AM} і \overline{AB} в рівняння (4), визначаємо векторне значення результуючої швидкості косою співудару коренеплоду з поверхнею

Тоді імпульс сили удару коренеплоду, згідно з рівнянням (3) дорівнює:

$$S = \frac{m_k}{2\pi} \sqrt{\omega_{z\theta}^2 (\pi^2 D_{z\theta}^2 + T^2) - 4\pi^2 (\omega_{z\theta} D_{z\theta} V_{mp} \cos \alpha + V_{mp}^2)} \quad (7)$$

Одержана аналітична залежність (7) встановлює зв'язок між основними конструктивними і кінематичними параметрами очисника відносно величини імпульсу сили удару при взаємодії коренеплодів з витком гвинта.

Аналіз залежностей (6) і (7) показує, що максимальна скалярна величина результуючої швидкості співудару V_p коренеплоду, а разом із тим і максимальний імпульс сили удару коренеплоду або найбільші пошкодження коренеплодів будуть тоді, коли вони співударяються з гвинтом в точці M_1 (рис. 2), тобто при куті $\alpha = 90^\circ$, тому що вираз $\omega_{z\theta} D_{z\theta} V_{mp} \cos \alpha = 0$.

Тоді
$$S_{max} = \frac{m_k}{2\pi} \sqrt{\omega_{z\theta}^2 (\pi^2 D_{z\theta}^2 + T^2) + 4\pi^2 V_{mp}^2} \quad (8)$$

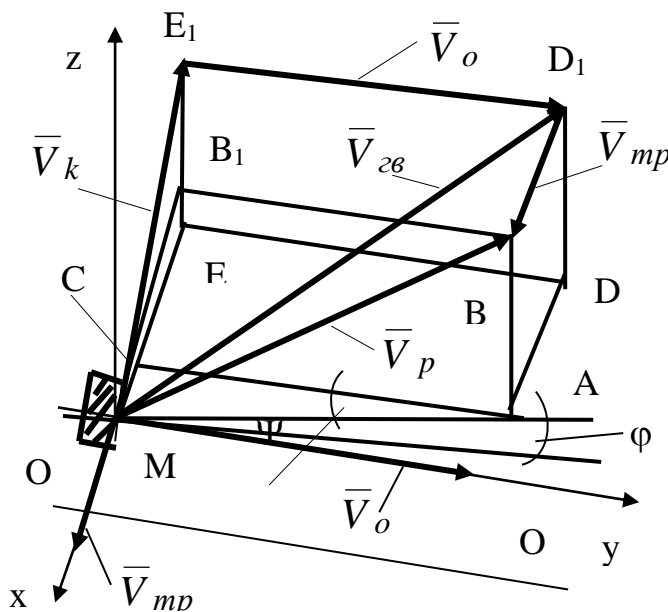


Рис. 2. План швидкостей косою співудару коренеплоду з гвинтом

Після удару з гвинтом коренеплід відбивається від поверхні його витка з швидкістю V_p і рухається в її напрямку. Проекція вектора \bar{V}_p на горизонтальну площину ХМУ відхиляється від вектора осевої швидкості V_o гвинта на кут Ψ .

Для визначення кута відбивання коренеплодів Ψ розглянемо трикутник ACM , тобто $\sin \psi = CM / AM$. Після підстановок значень векторів визначаємо кут Ψ між проекцією \bar{V}_p на площину ХМУ і напрямленням швидкості V_o :

$$\psi = \arcsin \frac{\bar{V}_k \cos \alpha - \bar{V}_{mp}}{\sqrt{(\bar{V}_k \cos \alpha - \bar{V}_{mp})^2 + \bar{V}_o^2}} \quad (9)$$

Підставивши в рівняння (9) значення V_o , V_k і після відповідних перетворень визначаємо кут Ψ , тобто:

$$\psi = \arcsin \left(\sqrt{1 + \frac{\omega_{z\theta}^2 T^2}{\pi^2 (\omega_{z\theta} D_{z\theta} \cos \alpha - 2V_{mp}^2)}} \right)^{-1} \quad (10)$$

Аналіз рівняння (8) і (10) показує, що основними факторами, які впливають на якість роботи очисника, є кінематичний $\omega_{z\theta}$ і конструктивний $D_{z\theta}$ параметри.

Із аналізу косою співудару коренеплоду 1 з елементом гвинтової поверхні 2 (рис. 3) одержано: $\bar{V}_p = \bar{V}_{z\theta} + \bar{V}_{mp}$. Результуючу швидкість співудару можна розкласти на

нормальну складову $\bar{V}_{py'}$, яка відповідає нормальному імпульсу удару, і дотичну $\bar{V}_{px'}$, яка відповідає дотичному імпульсу сили удару.

Під дією нормального імпульсу сили удару виникає деформація стиснення, результатом чого може бути поява тріщин і розколювання коренів.

Ця дія найбільш негативна з точки зору пошкодження коренеплодів в порівнянні з фрикційною дією від дотичного імпульсу сили удару.

Звідси випливає необхідність зменшувати нормальну складову швидкості співудару за рахунок зменшення, наприклад, кута нахилу поверхні співудару α'_n (гвинтової лінії) так, щоб вона не перевищувала допустиму швидкість $V_{дон}$ прямого центрального удару.

В цьому випадку, розглядаючи рис. 3, можна записати:

$$V_{py'} = V_{зв} \sin(\alpha'_n + \arcsin \frac{T}{\sqrt{T^2 + \pi^2 D_{зв}^2}}) + V_{mp} \sin \alpha'_n \leq V_{дон}. \quad (11)$$

Із рівняння (11) було визначено абсолютну результуючу швидкість гвинта:

$$V_{зв} \leq \frac{V_{дон} - V_{mp} \sin \alpha'_n}{\sin(\alpha'_n + \arcsin \frac{T}{\sqrt{T^2 + \pi^2 D_{зв}^2}})}. \quad (12)$$

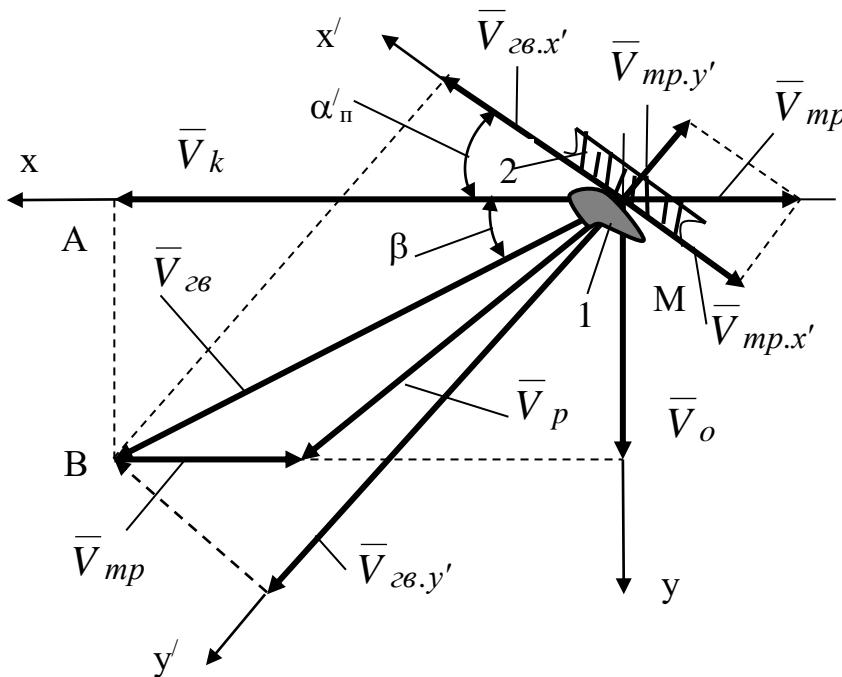


Рис. 3. Схема косої співудару коренеплоду з елементом гвинтової поверхні:
1- коренеплід; 2- елемент гвинтової поверхні

Зменшення кута підйому гвинтової лінії (нахилу гвинтової лінії) α'_n і кроку гвинта T при однакових умовах дозволяє збільшити $V_{зв}$ і кутову швидкість обертання шнека. Кут α'_n вибирається із умови забезпечення максимально можливої осевої швидкості переміщення коренеплодів і визначається [10]:

$\alpha'_n = 45^\circ - 0,5\varphi_k$,
де φ_k - кут тертя ковзання коренеплоду по гвинтовій поверхні, град.

Виходячи з рівняння (12) і значення α'_n , одержали верхню

межу допустимої швидкості обертання шнека, при якій пошкодження коренеплодів не виходять за межі вихідних вимог до коренезбиральних машин:

$$\omega_{зв.макс} = \frac{2\pi \left[V_{дон} - V_{mp} \sin(45^\circ - \frac{\varphi_k}{2}) \right]}{\sqrt{T^2 + \pi^2 D_{зв}^2} \sin \left[(45^\circ - \frac{\varphi_k}{2}) + \arcsin \frac{T}{\sqrt{T^2 + \pi^2 D_{зв}^2}} \right]} \quad (13)$$

Отримані аналітичні залежності дають можливість встановити оптимальні конструктивні і кінематичні параметри при конструюванні гвинтових конвеєрів, які призначені для очищення і транспортування вроху викопаних коренеплодів.

The results of the scientific investigations of the root and the root-harvesting machine working parts interrelation are presented.

Література

1. Гурченко О.П., Барановський В.М. Для збирання кормових буряків // Механізація сільського господарства, 1988.-№ 9.- С. 34.
2. Довжик М.Я. До питання механізації збирання кормових буряків // Вісник сільськогосподарської науки, 1982.-№ 8. – С. 97.
3. Завгородний А.Ф., Заворитный Н.М., Евтушенко В.П., Цымбал С.И. К анализу и обоснованию способов отделения ботвы и очистки корнеплодов кормовой свеклы// Механизация и электрификация сельского хозяйства.- К.: Урожай, 1984. Вып. 59.- С.87.
4. Нестеров Н.Н. Механизация возделывания и уборки кормовых корнеплодов. – Иркутск: Восточно-сибирское книжное издательство, 1975. – С. 76.
5. Погорілий Л.В., Фомічов А.М., Архипенко Ф.М. Біологічні та агротехнічні передумови використання механізованого збирання коренеплодів кормових буряків// Вісник сільськогосподарської науки, 1987.- № 10. – С. 96.
6. Шабельник Б.П., Бойко И.Г., Скорик А.П., Юхин Г.П. Результаты испытаний свеклоуборочной машины с экспериментальным очистителем кормовой свеклы от почвы: Сб. науч. тр. /МИИСП/.-Т.15. Вып. 2. М., 1987. – С. 186.
7. А.с. № 1523085 СССР, МКИ⁴ А01 D 33/08. Устройство для отделения примесей от корнеплодов. Гурченко А.П., Барановский В.Н., Булгаков В.М., 1989. Б.И. № 43.
8. А.с. № 1706439 СССР, МКИ⁴ А01 D 33/08. Устройство для очистки и транспортировки корнеплодов. Барановский В.Н., Завгородний А.Ф, Гурченко А.П., Булгаков В.М., 1992. Б.И. № 3.
9. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3-х томах.-Т.1.- М.: Колос, 1968.
10. Вороньков И.М. Курс теоретической механики. – М., 1977. С. 571.

Одержано 05.02.2002 р.