

ШНЕКОВІ ОЧИСНИКИ ДИСКОВИХ КОПАЧІВ КОРЕНЕПЛОДІВ З Г-ПОДІБНИМИ СПІРАЛЯМИ

Гевко І.Б. д.т.н., Васильків В.В. к.т.н., Гупка А.Б.

Тернопільський національний технічний університет

Розроблено конструкцію дискового копача із можливістю очищення робочих поверхонь дисків. Проаналізовано й обґрунтовано вибір Г-подібних шнекових очисників. Проведено силовий і кінематичний розрахунок запропонованих шнекових очисників дискових копачів коренеплодів

Постановка проблеми. Основний недолік в конструкціях більшості дискових копачів – відсутність механізму очищення дисків від забруднення, що спричиняють значні енергетичні затрати процесу викопування й низьку якість очищення коренеплодів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі ефективності роботи шнеків транспортерів присвячені праці Григор'єва А.В. [4], Гевка Б.М. [5], Рогатинського Р.М [5, 8, 10] та інших, в яких були проведені дослідження створення та функціонування гвинтових механізмів. Питаннями сепарації вороху коренеплодів займалися Пилипець М.І. [7], Гевко Р.Б. [3], Ткаченко І.Г. [3, 11], Вивюрка [2, 11] та інші. Дослідженням профілювання гвинтових спіралей та процесами транспортування профільними Г-подібними шнеками займалися Рогатинський Р.М. [9], Васильків В.В. [1] та інші вчені.

Мета роботи. Розроблення конструкції шнекового очисника для ефективного очищення викопуючих дисків коренеплодів від забруднення, що забезпечить зменшення енерговитрат при роботі механізму й підвищення якості очищення коренеплодів.

Реалізація роботи. Враховуючи важкі умови роботи дискових копачів та високі вимоги до якості очищення коренеплодів, а також необхідність зменшення енерговитрат процесу викопування буряків розроблено дисковий копач коренеплодів із Г-подібними шнековими очисниками. Дисковий копач коренеплодів (рис. 1) виконано у вигляді рами 1, на якій встановлено основні вузли та деталі копача, в тому числі і криволінійна вісь 3, на якій встановлено викопуючі диски 4. Для очищення робочих поверхонь дисків від налипання ґрунту встановлено Г-подібні шнекові очисники 2. Від попадання ґрунту в механізм приводу шнекових очисників передбачено захисний кожух 5 [6].

Г-подібні спіралі шнеків мають значну перспективу застосування у транспортно-технологічних системах. Зокрема такі спіралі широко використовуються для подачі сухих, вологих, клейких, кускових, волокнистих продуктів у сільськогосподарському виробництві, в харчовій, будівельній, хімічній та інших галузях промисловості тощо. Проте вони володіють додатковими характеристиками, що, в залежності від нахилу спіралі, можуть проявлятися в якості функції збільшення опору переміщення транспортованого

матеріалу до поверхні переміщення, чи навпаки – зменшення тертя переміщуваного матеріалу до поверхні переміщення. В першому випадку це явище можна широко використовувати при виконанні процесів протирання чи подрібнення різних матеріалів, а в другому - при виконанні процесів відділення та підрізання різних матеріалів від поверхні переміщення.

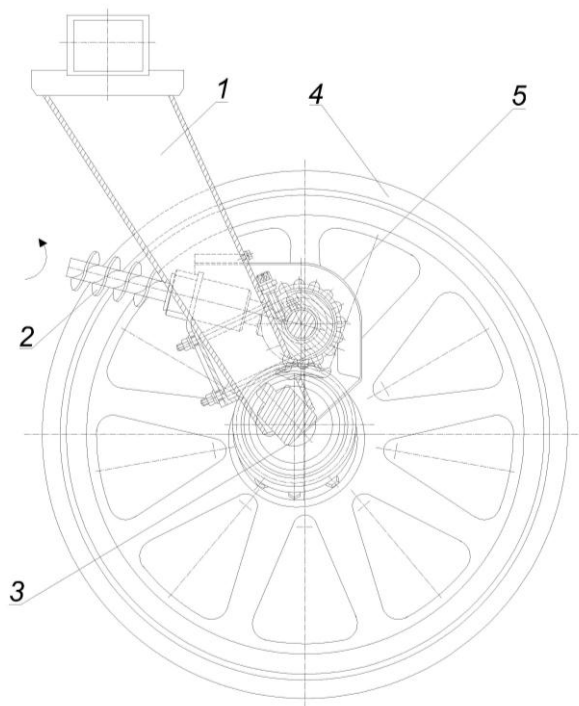


Рис. 1 - Конструкція дискового копача коренеплодів з шнековими очисниками:

1 – рама; 2 – шнековий очисник; 3 – криволінійна вісь; 4 – диск копача; 5 – захисний кожух

Процес викопування коренеплодів супроводжується значним налипання ґрунту й воруху на поверхнях дискових копачів. Тому Г-подібні спіралі шнеків, якими оснащуються викопуючі пристрої, дозволяють ефективно проводити процес їх очищення, що супроводжується зняттям воруху спіраллю з робочої поверхні диска копача. Відповідно за таких умов на силу, необхідну для подолання опору переміщення матеріалу, важливе значення має вплив кута нахилу μ гвинтової спіралі у її поперечному перерізі (рис. 2). Виходячи з цього найбільш доцільно використовувати спіраль з нахиленим зовнішнім контуром у напрямку транспортування, бо вектор нормальної сили між витком і кожухом \bar{N}_1 , який діє на вантаж зі сторони витка, направлений в сторону від дотичної до кожуха під кутом γ_1 .

У радіальній спіралі ця сила практично залишається паралельною дотичній і кут γ_2 змінюється в межах близьких до нульового значення. А у спіралі, зовнішній контур якої нахилений у протилежному напрямку до напрямку транспортування, вектор сили перетинається з дотичною під значним кутом γ_3 . Якщо величина кута γ близька або рівна куту φ_T тертя, то виникає явище заклинювання.

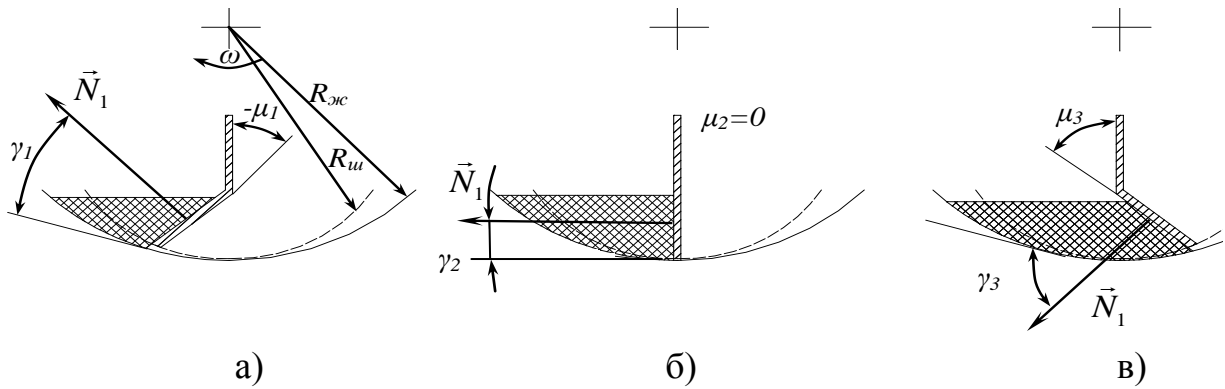


Рис. 2 - Розрахункові схеми для визначення впливу кута нахилу гвинтової стрічки у її поперечному перерізі на процес заклинювання матеріалу:

а) нахил спіралі у напрямку транспортування; б) радіальна спіраль; в) нахил спіралі у протилежному напрямку до напрямку транспортування

Розглянемо умови заклинювання при транспортуванні вантажу витком, нахиленим у протилежному напрямку до напрямку транспортування. Загальне зусилля опору переміщення матеріалу по стінці кожуха в цьому випадку у векторній формі має вигляд [1]:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3, \quad (1)$$

де F_T - загальне зусилля опору переміщення матеріалу;
 F_1 - сила тертя, яка виникає на поверхні витка спіралі;
 F_2 - сила тертя, яка виникає на поверхні кожуха;
 F_3 - додаткове зусилля опору, пов'язане із заклинюванням матеріалу між витком і кожухом.

Врахувавши напрямки векторів зусиль тертя (рис. 3.а) вираз (2) матиме вигляд:

$$F_T = f_2 \left[N_1 \sin \mu + \sqrt{N_1^2 R^2 + N_2^2 - 2N_1 N_2 R \cos(\alpha + \beta)} \right], \quad (2)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя матеріалу з лопаткою гвинта;
 f_2 - коефіцієнт тертя матеріалу зі стінкою кожуха;
 N_1 - реакція витка спіралі;
 N_2 - реакція кожуха;
 μ - кут нахилу витка спіралі у його поперечному перерізі;
 α - кут підняття гвинтової лінії: $\alpha = \arctg p / 2\pi r$,
де p - крок гвинта;
 r - зовнішній радіус;
 β - кут між векторами відносної \vec{V}_{Π} і абсолютної \vec{V} швидкостей (кутовий параметр);
 R - коефіцієнт: $R = f_1 / f_2$.

З іншої сторони, величина загального зусилля опору переміщення матеріалу рівна (рис. 3.б):

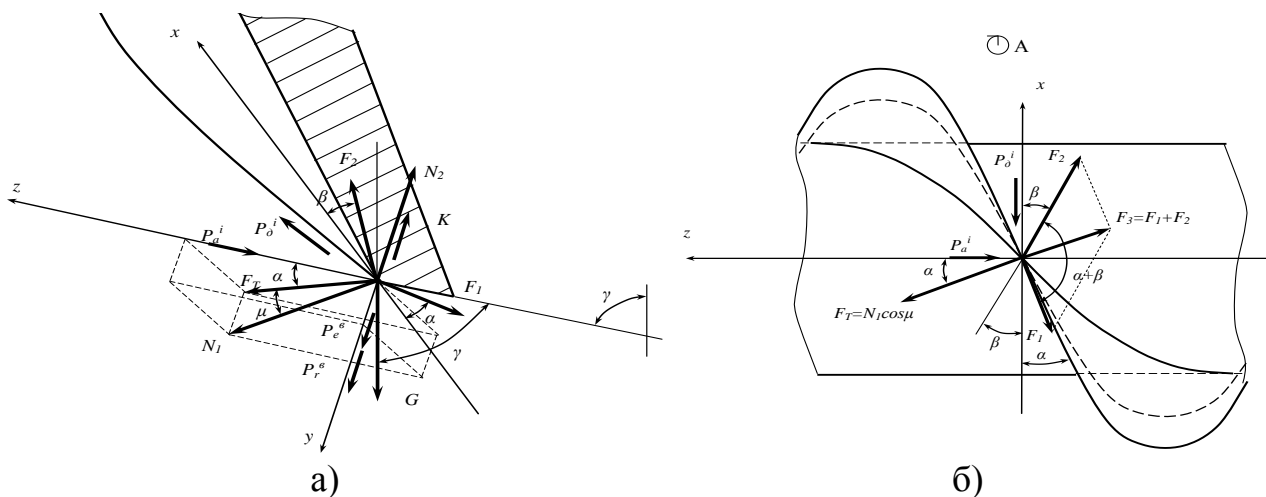


Рис. 3 - Розрахункова схема дії сил:

а) на профільну спіраль шнека; б) прикладених до частинки вантажу на Г-подібній спіралі

$$F_T = N_1 \cos \mu. \quad (3)$$

Підставивши вираз (3) у (2), та розв'язавши рівняння відносно N_1 і N_2 отримаємо:

$$N_2 = N_1 \tilde{\rho}, \quad (4)$$

де $\tilde{\rho} = R \cos(\alpha + \beta) + \sqrt{(\cos \mu - f_2 \sin \mu)^2 - R^2 \sin^2(\alpha + \beta)}$.

Таким чином, вираз (3) з врахуванням (4) матиме вигляд:

$$F_T = N_1 \left[\sqrt{f_1^2 + \tilde{\rho}^2 - 2f_1 f_2 \tilde{\rho} \cos(\alpha + \beta)} - f_2 \sin \mu \right]. \quad (5)$$

Величина реакції N_1 визнається із системи диференціальних рівнянь, що описують переміщення частинки матеріалу, яка спирається на гвинтову поверхню і контактує із стінкою кожуха при нахиленій осі конвеєра:

$$\begin{cases} N_1 \cos \mu \cos \alpha - f_1 N_1 \cos \mu \sin \alpha - P_a^i - G \cos \gamma - f_2 N_2 \sin \beta = 0; \\ G \cos \gamma \sin \varepsilon + f_2 N_2 \cos \beta - f_1 N_1 \cos \mu \cos \alpha - N_1 \cos \mu \sin \alpha - P_d^i = 0; \\ G \sin \gamma \cos \varepsilon + P_e^s + P_r^s - N_2 - K + N_1 \sin \mu = 0, \end{cases} \quad (6)$$

де G - сила тяжіння вантажу;
 γ - кут нахилу осі вала відносно вертикалі;

$$P_d^i - \text{дотична сила інерції: } P_d^i = mr \frac{d^2 \varphi}{dt^2};$$

$$P_e^s - \text{відцентрова сила інерції в переносному русі: } P_e^s = m \omega_0^2 r;$$

$$P_r^s - \text{відцентрова сила інерції у відносному русі: } P_r^s = mr \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2;$$

$$P_a^i - \text{аксіальна сила інерції: } P_a^i = ma \frac{d^2 \varphi}{dt^2};$$

a – кутовий параметр шнека: $a = r \cdot \operatorname{tg} \alpha$;

K - сила Коріоліса: $K = 2m \omega_0 r \frac{d\varphi}{dt}$;

ε - кут, який визначає розміщення точки відносно вертикальної площини: $\varepsilon = \psi + (-\varphi)$, де $\psi = \omega_0 t$ - кут повороту шнека за час t ; φ - кут на який відхиляється частинка при обертанні шнека з постійною кутовою швидкістю ω_0 , (1/с): $\varphi = f(t)$; t - час; $\frac{d\varphi}{dt} = \omega$ - кутова швидкість відносно руху

матеріальної точки; $\sin \beta = a \frac{d\varphi}{dt} / v$; $\cos \beta = r \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt} \right) / v$ - тригонометричні функції кутового параметра.

Дослідження, проведені у роботі [4], показали, що період неусталеного руху шнека є короткочасним, і через деякий час він стає стійким, з постійними значеннями середньої осьової швидкості та абсолютної кутової швидкості ω обертового руху (рис. 4). Відповідно $\frac{d\varphi}{dt} = \operatorname{const}$, $\frac{d^2\varphi}{dt^2} = 0$, а система рівнянь (6) матиме вигляд:

$$\begin{cases} N_1 \cos \mu \cos \alpha - f_1 N_1 \cos \mu \sin \alpha - f_2 N_2 \sin \beta - G \cos \gamma = 0; \\ G \sin \gamma \sin \varepsilon + f_2 N_2 \cos \beta - f_1 N_1 \cos \mu \cos \alpha - N_1 \sin \alpha \cos \mu = 0. \end{cases} \quad (7)$$

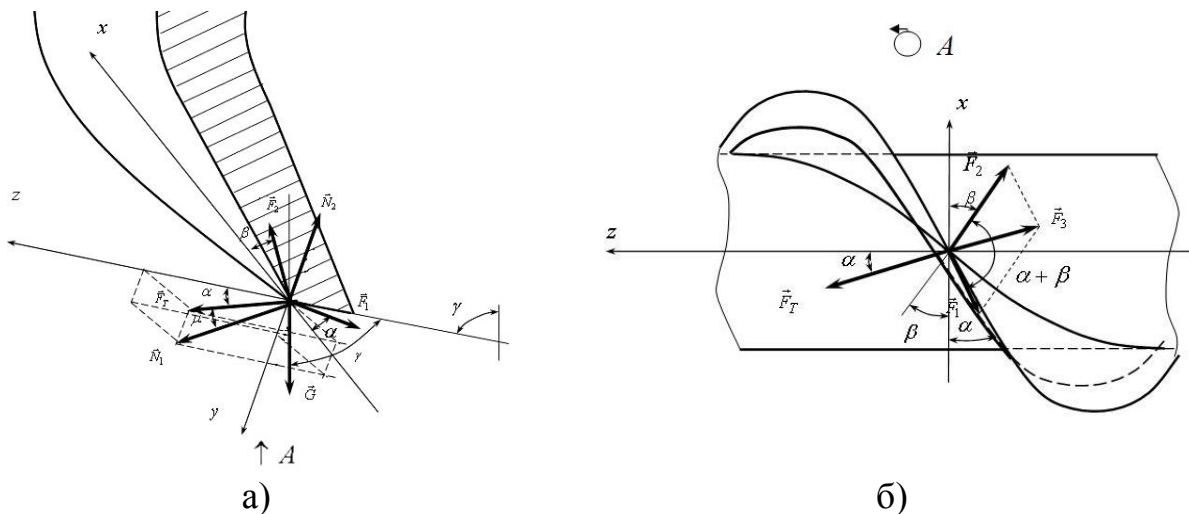


Рис. 4 - Розрахункова схема дії сил при усталеному русі:

а) на профільну спіраль шнека; б) прикладених до частинки вантажу на Г-подібній спіралі

Реакції сил набудуть вигляду:

$$N_1 = \frac{G \sin \gamma \sin \varepsilon \sin \beta - G \cos \gamma \cos \beta}{[f_1 \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta)] \cos \mu}; \quad (8)$$

$$N_2 = \frac{(G \sin \gamma \sin \varepsilon \sin \beta - G \cos \gamma \cos \beta) \cdot (\cos \alpha \cos \mu - f_1 \sin \alpha \cos \mu)}{f_2 \sin \beta [f_1 \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta)]} - \frac{G \cos \gamma}{f_2 \sin \beta}. \quad (9)$$

Підставивши значення рівняння (8) у (5), отримаємо вираз, який оцінює величину загального зусилля опору переміщення матеріалу у гвинтовій транспортно-технологічній системі:

$$F_T = \frac{Gn(\sin \gamma \sin \varepsilon \sin \beta - \cos \gamma \cos \beta) \left[\sqrt{f_1^2 + \tilde{\rho}^2 - 2f_1 \tilde{\rho} \cos(\alpha + \beta)} - f_2 \sin \mu \right]}{[f_1 \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta)] \cos \mu}, \quad (10)$$

де n - кількість витків спіралі.

Згідно виразу (10) для радіально направлено витка ($\mu = 0$) $\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$, а можливість заклинювання оцінюється знаменником визначеної функції при $f_1 \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta) \Rightarrow 0$.

У випадку нахилу витка спіралі у протилежному до напрямку транспортування із збільшенням кута μ сила F_T зростає, а при нахилі витка у напрямку транспортування із збільшенням кута μ сила F_T зменшується.

Отже, практичне застосування залежності (10) дає можливість оцінювати вплив геометричних характеристик профільних Г-подібних спіралей шнеків на умови переміщення вантажів, а також може бути використано в процесі проектування дискових копачів, оснащених такими гвинтовими елементами.

Висновки. В результаті досліджень доведена практична доцільність використання запропонованого механізму очищення Г-подібними спіралями шнеків робочих поверхонь дисків копачів. Відповідно Г-подібні спіралі шнеків в конструкціях дискових копачів забезпечують значне зменшення енерговитрат на їх очищення від ґрунту та вороху, а також підвищують якість очищення коренеплодів. Встановлено, що найбільш ефективними з точки зору продуктивності та якості очистки дисків є Г-подібні шнеки зі спіралями, що нахилені зовнішнім контуром у напрямку транспортування.

Список використаних джерел

1. Гевко І. Б. Дослідження процесу транспортування вантажів профільними Г-подібними спіралями шнеків / І. Б. Гевко, І. В. Назар, В. В. Васильків // Вісник ТДТУ. – 2001. – Т. 6, № 2. – С.75–80.
2. Гевко І.Б. Дослідження сепарації вороху в шнекових очисниках із радіально зміщеними геометричними осями обертання / І.Б. Гевко, Н.Є. Влас // Науково-практичний журнал «Новинки науки Придніпров'я». Інженерні дисципліни. – Дніпропетровськ, 2005. – № 2. – С. 43–45.
3. Гевко Р.Б. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки/Р.Б. Гевко, І. Г. Ткаченко, С. В. Синій – Луцьк: ЛТДУ, 1999. -168 с.
4. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры / А. М. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
5. Механізми з гвинтовими пристроями / [Б. М. Гевко, М. Г. Данильченко, Р. М. Рогатинський та ін.]. – Львів : Світ, 1993. – 208 с.

6. Пат. 95391. Україна, МПК А01D 25/02. Дисковий копач коренеплодів / Гевко Б.М. Гупка А.Б., Гупка Б.В., Гудь В.З., Дячун А.Є., заявник і власник патенту Гевко Б.М. Гупка А.Б., Гупка Б.В., Гудь В.З., Дячун А.Є. - № u2014 06788; заявл. 16.06.2014; опубл. 25.12.2014, Бюл. №24.
7. Пилипець М. І. Технологічні основи очистки і сортування коренеплодів / М. І. Пилипець // Зб. наук. пр. НАУ. «Механізація сільськогосподарського виробництва». Т. 4. – К.: НАУ, 1998. – С. 354 -357.
8. Рогатинський Р. Исследование крутных колебаний шнека / Р. Рогатинський, И. Гевко, А. Дячун // Науч. тр. Русенского ун-та «Ангел Кънчев»: Сельскохозяйственная техника и технологии. – 2012. – Том 51, серия 1.1. – С. 42–46.
9. Рогатинський Р.М. Формалізований опис гвинтових профілей / Р. М. Рогатинський, І. Б Гевко, О. Р. Рогатинська // Вісник ХНТУСГ: «Механізація сільськогосподарського виробництва» – 20038. – Т. 1, № 75. – С. 510–516.
10. Рогатинський Р.М. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів: монографія / Р.М. Рогатинський, І.Б. Гевко, А.Є. Дячун – Тернопіль : ТНТУ, 2014. – 280 с.
11. Ткаченко І. Г. Результати експериментальних досліджень з визначенням ступеня відділення ґрунту від коренеплодів при їх імпульсному навантаженні / І. Г. Ткаченко Вивюрка Н. Є. // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Випуск 4. Том 1. –Миколаїв: МДАУ, 2002. –С. 133-138.

Аннотація

ШНЕКОВЫЕ ОЧИСТИТЕЛИ ДИСКОВЫХ КОПАТЕЛЕЙ КОРНЕПЛОДОВ С Г-ОБРАЗНЫМИ СПИРАЛЯМИ

Гевко И.Б., Василькив В.В., Гупка А.Б.

Разработана конструкция дискового копача с возможностью очистки рабочих поверхностей дисков. Спроектирован оригинальный механизм привода шнековых очистителей. Проанализированы и обоснован выбор Г-подобных шнеков очистителей. Проведены соответствующие силовые и кинематические расчеты предложенных шнековых очистителей дисковых копателей корнеплодов

Abstract

WORM CONVEYORS CLEANERS DISK ROOTS DIGGERS OF THE Г-SHAPED SPIRAL

I. Gevko, V. Vasulkiv, A. Gypka

The design of disk digger with the possibility of cleaning work surfaces drives. Designed original screw drive mechanism cleaners. The analysis and the choice of Г - like screws. An appropriate power and kinematic calculations suggested screw disc cleaners roots diggers