

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОЧИСНИКІВ-СОРТУВАЛЬНИКІВ СТВОРЕНИХ НА ОСНОВІ ПРОФІЛЬНИХ НАВИТИХ ЗАГОТОВОК

М.І. Пилипець, І.Б. Гевко, М.Р. Паньків, Н.Є. Вівюрка  
(Тернопільський державний технічний університет)

*Створення нових типів машин і механізмів сільськогосподарського призначення здійснюється на основі технологічних процесів формоутворення профільних гвинтових заготовок. Запропоновані системи забезпечують динамічність процесу за рахунок зміни амплітуди, максимальної швидкості й прискорення осцилюючого руху коренеплодів.*

Створення нових типів машин і механізмів сільськогосподарського призначення здійснюється на основі технологічних процесів формоутворення профільних гвинтових заготовок (ГЗ), які є основою для створення робочих органів машин із розширеними функціональними характеристиками [1].

При дослідженні технологічного процесу очищення і сепарування коренеплодів конічними шнеками з еліпсоподібним поперечним січенням вони мають осцилюючі переміщення в площині нормальній осьовому напрямку очищення й сепарації. Аналіз теоретичних результатів показав, що запропоновані вищевказані технологічні системи забезпечують динамічність процесу за рахунок амплітуди, максимальної швидкості й прискорення осцилюючого руху коренеплодів. Ці умови транспортування вигідно відрізняються від існуючих і на даному етапі є конкурентноздатними. Тому нами були запропоновані оригінальні конструкції пристроїв для навивання профільних конічних спіралей шнеків, для створення вищевказаних гвинтових робочих органів нових типів очисників-сортувальників коренеплодів.

На основі створення гвинтових профільних профільно-конусних заготовок розроблено малогабаритний шнековий очисник-сортувальник.

Однією з проблем післязбиральної обробки коренебульбоплодів є забезпечення їх якісної очистки та сортування. З цією метою розроблений малогабаритний пристрій для очистки й сортування за розмірами коренебульбоплодів. Він складається з рами 9 (рис. 1), на якій змонтовано подаючий транспортер 1, очисні шнеки 2, жолоб 3, сортуючі конічні шнеки 4, уловлювачі 5, які мають можливість осьового переміщення.

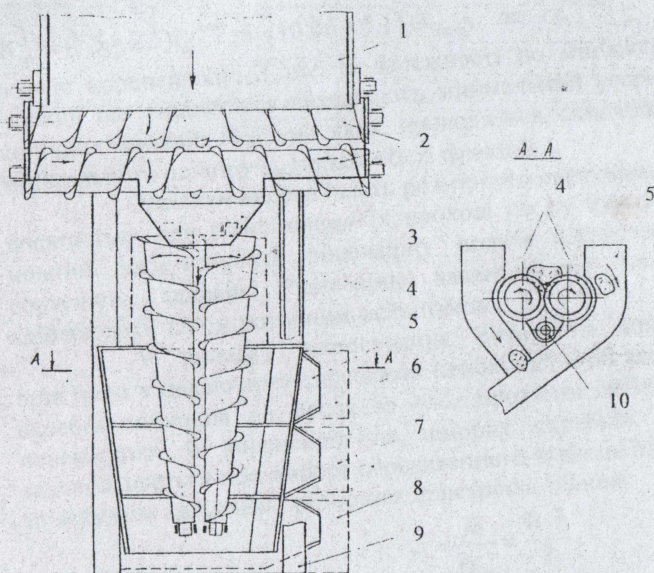


Рис. 1. Пристрій для сортування й очищення коренеклубнеплодів

Під очисними і сортуючими шнеками змонтовані гвинтові елементи 10 для відводу ґрунту і рослинних залишків (рис.1). Під уловлювачами знаходяться ємкості 6, 7, і 8 для прийому відсортованих коренеплодів.

Працює пристрій наступним чином. Подаючий транспортер 1 транспортує коренеплоди до очисних шнеків 2, які обертаються в одному напрямку. Вони очищають коренеплоди від ґрунту і рослинних залишків, звужують потік і подають його на жолоб 3, по якому вони потрапляють на сортуючі конічні шнеки 4. Тут коренеплоди потрапляють у русло, яке утворене конічними поверхніми пари сортуючих шнеків 4 і переміщуються вздовж нього під впливом шнекових рифів.

По мірі просування коренеплодів уздовж русла радіальні розміри сортуючих шнеків 4 зменшуються і на певному етапі коренеплоди виходять із русла і перекочуються через один із сортуючих шнеків, а менші за розмірами коренеплоди опускаються нижче. Коренеплоди, які вийшли з русла, потрапляють в уловлювачі 5, які спрямовують їх у ємкості 6, 7 і 8.

Земля і рослинні залишки, що просепарувалися в зазор між очисниками 2 і сортуючими 4 шнеками потрапляють на елементи для відводу ґрунту 10 і видаляються за межі пристрою. Розмірний склад фракцій регулюється осьовим переміщенням уловлювачів 5.

При транспортуванні і сортуванні плодів конічними шнеками з еліпсоподібним поперечним перетином вони мають осцилюючі переміщення в площині, нормальній осьовому напрямку сортувальника. Аналіз показав, що амплітуда, максимальні швидкості й прискорення осцилюючого руху коренеплоду при цьому визначаються за залежностями.

$$A = \frac{2\delta \sqrt{(2R_{cp,z} + r_{cp} + S/2) \cdot (r_{cp} - S/2)}}{(R_{cp,z} + r_{cp})}; \quad (1)$$

$$V_{\max} = 2\omega A; a_{\max} = 4\omega^2 A,$$

де  $\delta$  - величина стискання перетину вальців,  $\delta = a_y - R_{cp,y} = R_{cp,z} - b_z$ ;  $R_{cp,z}$  - поточний усереднений радіус вальців, що визначається великою  $a_z$  і малою  $b_z$  півосями еліпсного перетину,  $R_{cp,z} = (a_z + b_z)/2$ ;  $r_{cp}$  - усереднений радіус перетину коренеплоду в місці контакту з вальцями;  $S$  - ширина зазору між пальцями;  $\omega$  - абсолютна величина кутової швидкості кожного з вальців.

Враховуючи те, що висота виходу коренеплоду з русла для його перекачування через транспортуючий шнек у першому наближенні може бути визначена із залежності:

$$h_a = R_{cp,z} + r_{cp} - \sqrt{(2R_{cp,z} + r_{cp} + S/2) \cdot (r_{cp} - S/2)}, \quad (2)$$

то з рівності кінетичної і потенціальної енергії коренеплоду відповідно в момент максимальної швидкості осцилюючого руху і розташування в найвищій точці, із врахуванням додаткового впливу рифів, виведена залежність для визначення режимних параметрів шнекового очисника й вибору закону зміни перетину шнеків по довжині для виділення відповідних розмірів коренеплодів:

$$\frac{8\delta^2 \omega^2}{g} = \frac{(R_{cp,z} + r_{cp})^2}{(2R_{cp,z} + r_{cp} + S/2)} \times \frac{(R_{cp,z} + r_{cp} - \sqrt{(2R_{cp,z} + r_{cp} + S/2) \cdot (r_{cp} - S/2)})}{(r_{cp} - S/2)} \quad (3)$$

Розрахунок режимів очистки і геометричних параметрів очисника по вказаній залежності наступний. Призначивши максимальний усереднений радіус вальців  $R_{cp}$  і величину стискання  $\delta$ , за залежністю (3) визначають кутову швидкість  $\omega$ . В якості рекомендованих можна прийняти,

$R_{cp} = (1.5 - 2.5)r_{cp}^{max}$ ,  $\delta = (0.06 - 0.11)R_{cp}$ , де  $r_{cp}^{max}$  - максимальний розмір коренеплоду. З цієї ж залежності по мінімальному розміру фракції що виділяється визначають мінімальний усереднений радіус конічних вальців  $R_{cp}$ , на яких проводиться скидання коренеплоду мінімального розміру  $r_{cp}$  по кожній із фракцій.

Оскільки висока якість розмірного сортування коренеплодів досягається при почерговому їх проході по руслу, то очисні шнеки повинні забезпечувати рівномірну подачу клубнеплодів у русло сортуючих шнеків. Рівномірне завантаження пристрою можна здійснювати також роторним механізмом.

У випадку застосування роторного завантажувального пристрою з подаючими скребками необхідно, щоб кожний наступний скребок підходив до русла за час, протягом якого рифи вальців перемістилися б коренеплід на ширину скребок. Указана умова задовольняється при виборі передаточного відношення кінематичного зв'язку між вальцями і роторним пристроєм, рівним:

$$i = \frac{\omega}{\omega_{cp}} = \frac{B \cdot n}{T},$$

де  $\omega$  і  $\omega_p$  - кутові швидкості відповідно вальців і роторного пристрою;  $B$  - ширина скребок;  $n$  - кількість скребок;  $T$  - крок витків.

Враховуючи вищесказане, можна запропонувати спрощену схему аналізу транспортування коренеплодів в еліптичних шнекових очисниках, яка базується на тому, що при транспортуванні в режимі постійного зазору з кутовим монтажним зміщенням  $\Delta\varphi_0 = \pi/2$ , відхилення в напрямку максимальних перемішень практично підлягає синусоїдальному закону [ 2 ]

$$\Delta = A \cdot \sin(2\omega + \varphi_\Phi), \quad (4)$$

де  $A$  - максимальне відхилення центру ваги коренеплоду від середнього положення;  $\varphi_\Phi$  - початковий кут зсуву фази коливань, що залежить від конструктивних параметрів окисника.

Відповідно, закон зміни швидкостей і прискорень осцилюючого руху центру ваги коренеплоду в напрямку максимальних перемішень:

$$V = 2A\omega \cos(2\omega t + \varphi_\Phi); \quad (5)$$

$$V = -4A\omega^2 \sin(2\omega t + \varphi_\Phi). \quad (6)$$

По осі ОУ прискорення не перевищує 5 %  $a_{max}$  і ми ним нехтуємо. Тоді нормальні реакції від поверхонь і-го робочого органу:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{m}{\Delta} \left\{ 4A\omega^2 \sin(2\omega t + \varphi) \begin{vmatrix} a_{y2} & a_{y3} \\ a_{z2} & a_{z3} \end{vmatrix} - g \begin{vmatrix} a_{x2} & a_{x3} \\ a_{z2} & a_{z3} \end{vmatrix} \right\} \\ N_2 &= \frac{m}{\Delta} \left\{ -4A\omega^2 \sin(2\omega t + \varphi) \begin{vmatrix} a_{y1} & a_{y3} \\ a_{z1} & a_{z3} \end{vmatrix} + g \begin{vmatrix} a_{x1} & a_{x3} \\ a_{z1} & a_{z3} \end{vmatrix} \right\} \\ N_3 &= \frac{m}{\Delta} \left\{ 4A\omega^2 \sin(2\omega t + \varphi) \begin{vmatrix} a_{y1} & a_{y2} \\ a_{z1} & a_{z2} \end{vmatrix} - g \begin{vmatrix} a_{x1} & a_{x2} \\ a_{z1} & a_{z2} \end{vmatrix} \right\} \end{aligned} \quad (7)$$

$$a_{x1} = \frac{(x_0 - x_i)}{r} - \frac{\mu \cdot v_{x1}^{відн}}{v_i^{відн}};$$

$$a_{y1} = \frac{(y_0 - y_i)}{r} - \frac{\mu \cdot v_{y1}^{відн}}{v_i^{відн}};$$

$$a_{z1} = \frac{(z_0 - z_i)}{r} - \frac{\mu \cdot v_{z1}^{відн}}{v_i^{відн}}.$$

Тут  $x_0, y_0, z_0$  та  $x_i, y_i, z_i$  - відповідно координати центру ваги нормалі та точок її контакту з і-ою робочою поверхнею визначається згідно [ 2 ];  $\mu$  - коефіцієнт динамічного тертя для коренеплоду з металевими поверхнями;  $v_i^{відн}, v_{x1}^{відн}, v_{y1}^{відн}, v_{z1}^{відн}$  - відносна швидкість поверхні коренеплоду відносно робочої поверхні в і-тій точці контакту та її проекції на відповідні осі координат.

Для розвідного режиму роботи сортувальника швидкість довільної точки визначення в першому наближенні приймаємо  $\omega_k = 0$ , що однозначно визначає напрямок  $v_i^{відн}$  [ 2 ].

Залежності (7) використовуються для моделювання процесу сортування на ЕОМ. Умовою втрати зв'язку з і-ою поверхнею при цьому є нерівність  $N_i < 0$ .

При реалізації описаного способу сортування якість очистки практично не залежить від форми коренеплоду. Це дозволяє його використовувати при сортуванні як картоплі, так і буряка, огірків, ріпки і т. д. При виконанні рифів і поверхонь вальців еластичними на вказаному пристрої можна здійснювати сортування самих різноманітних овочів незалежно від їх форми й розмірів.

На рис. 2 зображено шнековий очисник-сортувальник, Шнековий очисник-сортувальник містить два, або більше, робочі ступінчасті валки 1, які встановлені паралельно один до одного, виконані у вигляді циліндричних ступіней, до яких приварені гвинтові рифи 2. До наступних ступіней 3 і 4 приварені відповідно рифи 5 і 6 відповідних розмірів. Напрямок рифів 2, 5 і 6 вибраний з умови забезпечення транспортування матеріалу між валками із зони завантаження в зону сортування від малих до великих фракцій.

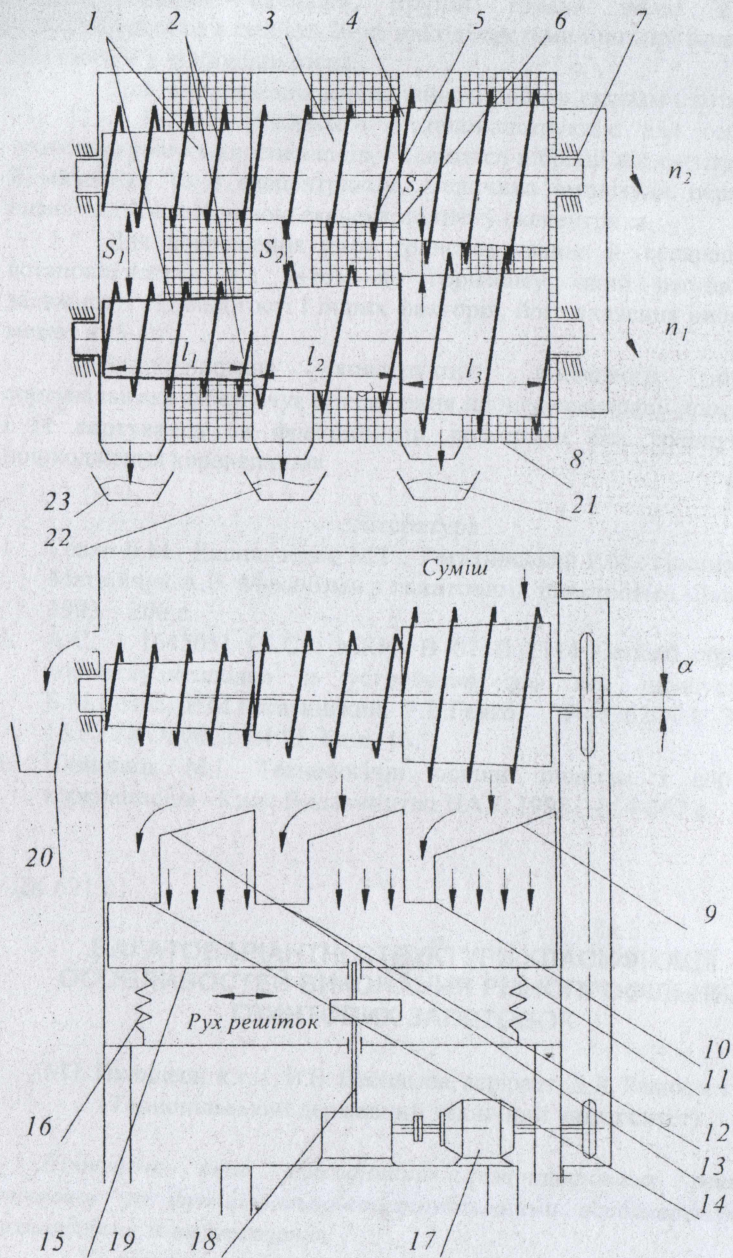


Рис. 2. Шнековий очисник-сортувальник

Величина зазору між зовнішніми діаметрами сусідніх рифів валів збільшена по мірі проходження матеріалу від малих зазорів між валками до великих  $S_3 < S_2 < S_1$ , причому найбільша величина  $S_1$  рівна найбільшим розмірам фракцій, а  $S_3$  - найменшим, величина кроку рифів вибрана в межах  $T_i = (0,5-1)D_i$ ,  $D_i$  - зовнішній діаметр рифа на  $i$ -ій ступені, ступінчаті валики 1 встановлені під кутом,  $\alpha = 5-10^\circ$  до горизонту для покращення умов транспортування.

Продуктивність і якість роботи машини визначається довжиною ступенів ступінчастих валів, причому довжина першої ступені дорівнює сумі наступних, в даному випадку  $l_1 = l_2 + l_3$ .

Ступінчаті валки 1 виконані з можливістю обертання в одному або різних напрямках, що забезпечує переміщення й сортування коренеплодів по стрілці. Ці валки змонтовані в опорних стійках 7 і щоковидах 8 в підшипниках, які по параметру з'єднані жорстко й утворюють металічний короб. В нижній частині якого виконано похилий склиз 9 з лотком 10, в якому збираються коренеплоди самої меншої фракції, склиз 11 з лотком 12 відповідно середньою фракцією і склиз 13 із лотком 14 з самою більшою фракцією.

Склизи 9, 12 і 13 виконані у вигляді металічної сітки з можливістю посипання землі і домішок, крім коренеплодів самої меншої фракції. Усі вони з'єднані між собою й утворюють металоконструкцію 15, яка встановлюється на пружинах 16 до корпусу рами.

Привід установки здійснюється від електродвигуна 17 двохсторонньої дії, системи деталей і механізмів на робочі вали 1, а вібрації передаються на металоконструкцію 15 із склизами безпосередньо від маховика з ексцентриком 18. Привід установки зображено на рис. 2.

Захист установки від вібрації здійснено віброгасними подушками 19, які встановлені під її опори.

Робота пристрою здійснюється наступним чином. Включається привід установки і ворох та забруднені коренеплоди поступають у зону шийки валків 4, які обертаються в одному або різних напрямках за умови переміщення вороху в осьовому напрямку між ступінчастими валами по стрілці. Коренеплоди найменшої фракції поступають із шийок валків 4 на склиз 9, далі на похилий лоток 10 і ящик 21. Подальший процес здійснюється наступним чином: вальці 4 з рифами 6 обертаються і переміщують коренеплоди з земельними залишками по стрілці в зону між вальцями 3. Тут клубні середніх розмірів просіюються через склиз 10 і попадають у ящик 11, а земельні домішки просіюються склизом 10 і відтранспортовуються у відповідні місця. Аналогічно здійснюється сортування коренеплодів, які проходять шийки валків 3 і 1, склизи 11 і 13, відповідно лотки 12 і 14 і ємності 22 і 23.

Клубні найбільших розмірів рифами 2 і 5 переміщуються по руслу, сортуються склизом 12 і збираються в ящики 13.

Рослинні залишки, крупні грудки землі й камені вивантажуються в ємність 20 на виході системи і по мірі її наповнення вивозяться у відповідні місця.

Для забезпечення інтенсивності роботи склизам і лоткам 9, 10, 11, 13 і 14, які утворюють металоконструкцію для сепарації й транспортування коренеплодів, надаються вібрації від електродвигуна й маховика 18 з ексцентриком. Величина амплітуди переміщення визначається величиною ексцентриситету ексцентрика.

Для покращення умов транспортування й сепарації вальці встановлюються під кутом до горизонту, який регулюється в залежності від вологості і інших факторів, його значення вибирають у межах  $\alpha=5-10^\circ$ .

Запропонована конструкція шнекового очисника-сортувальника забезпечує покращення процесу сепарації коренеплодів і їх сортування за фракційними розмірами без травмування й пошкодження коренеплодів

#### Література

1. Гевко Б.М., Данильченко М.Г., Рогатинський Р.М., Пилипець М.І., Матвійчук А.В. Механізми з гвинтовими пристроями.-Львів: Світ, 1993. -208 с.
2. А.С. - 1645031 ССРСР, МКИ, В 07 В 1114 Способ сортировки корнеклубнеплодов и устройство для его осуществления. Б.М.Гевко, Р.М.Рогатинский, Р.Б.Гевко - 44462622/03; Заявлено 18.07.88 Оpub.30.04.91, Бюл.-16.
3. Пилипець М.І. Технологічні основи очистки і сортування коренеплодів -Київ: Видавництво НАУ, 1998. -354-367 с.

УДК 621.81

### БАГАТОВАРІАНТНІ СТРУКТУРИ КЛАСИФІКАЦІЇ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОНАННЯ РІЗНОПРОФІЛЬНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

М.І. Пилипець, к.т.н., В.В. Васильків, аспірант, Д.Л. Радик, к.т.н.  
(Тернопільський державний технічний університет)

*Приведено опис класифікацій різнопрофільних гвинтових заготовок за функціонально-конструктивними особливостями та технологіями їх виготовлення.*

У відповідності із зростанням рівня технічних вимог до гвинтових механізмів і розширенням сфери використання, зростають і вимоги до конструктивного виконання їх робочих органів, одержаних