

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ПРИЛАДОБУДІВНИЙ  
ІНСТИТУТ**

На правах рукопису  
УДК 621. 867. 12. 001

**ДАНИЛЬЧЕНКО МИХАЙЛО ГРИГОРОВИЧ**

**РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ  
ШНЕКОВИХ ТА РОТОРНИХ  
ОЧИСНИКІВ КОРЕНЕПЛОДІВ  
БУРЯКОЗБИРАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ**

05. 20. 04. — Сільськогосподарські та гідромеліо-  
ративні машини

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата технічних наук



00819993 (\$)

Робота виконана на ВО «Тернопільський державний університет імені Шевченка»

Науковий керівник —

професор, академік  
Погорелий Л. В.

Офіційні опоненти —

доктор технічних наук,  
професор Серебряков І. М.,  
кандидат технічних наук,  
доцент Серета Л. П.

Провідне підприємство —

інститут цукрового буряка  
Української академії аграрних  
наук.Захист відбудеться 26 січня 1993 р. о 17 годині на

засіданні спеціалізованої ради К.068.50.01 по захисту дисертацій на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук при Тернопільському приладобудівному інституті за адресою: 282001, Тернопіль, вул. Руська, 56.

Автореферат розісланий 24 грудня 1992 р.

Просимо Вас взяти участь у засіданні ради при захисті дисертації і направити Ваш відгук на автореферат у двох екземплярах в секретаріат ради за вказаною адресою

Вчений секретар  
спеціалізованої ради,  
кандидат технічних наук  
М. І. ПідгурськийАНБ ім. В. Стефаніка  
АН УРСР

I. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним із основних робочих органів буряко-збиральних машин є очисники коренеплодів (ОК) від землі і рослинних залишків. Від надійного виконання очисниками своїх функціональних і експлуатаційних призначень значною мірою залежить якість збирання буряків: втрата, ступінь їх травмування та очищення.

Застосування традиційних шнекових і роторних очисників не забезпечує ефективної сепарації коренеплодів і не відповідає сучасним агротехнічним вимогам. Шнекові очисники характеризуються підвищеним травмуванням буряків по периферії, в зоні переходу між розвідним і проміжним валом, а також низькою сепарацією при високій вологості ґрунту. Роторні очисники ефективно працюють лише при невисоких кутах нахилу турбін, що значно обмежує їх застосування або призводить до збільшення габаритних розмірів бурякозбиральних машин.

Для забезпечення надійного виконання технологічного процесу коренезбиральними машинами, зменшення травмувань і втрат буряків, покращення їх сепарації, актуальним є удосконалення модернізації і створення нових очисних пристроїв, розробка методик їх проектування, розрахунку і випробувань.

Робота виконана у відповідності з Українською державною програмою виробництва машин і технологічного обладнання для сільського господарства, харчової і переробної промисловості 1992 р.

Метою роботи є розробка нових високоефективних конструкцій і компоновальних рішень очисників коренеплодів з розширеними технологічними можливостями та вироблення наукових і практичних рекомендацій для створення високопродуктивних машин.

Методи досліджень. Теоретичні розрахунки проводились на базі сучасних теорій статичної і динамічної, класичної механіки, лінійної алгебри, диференціальної геометрії. Експериментальні дослідження виконувались з метою визначення основних експлуатаційних характеристик очисників: ступеня травмування буряків, їх втрат і сепарації. Дослідження ОК проводились на дослідних стендах шляхом визначення механічних параметрів електричними методами з використанням тензометрії і високоточної виміральної апаратури, а також із застосуванням швидкодіючої кінозйомки. Аналіз математичних моделей проводився з використанням ЕОМ.

Наукова новизна роботи. Створена математична модель форми коренеплоду і досліджена його кінематика в шнекових і роторних очисниках; складені системи диференціальних рівнянь, які описують дина-

міку коренеплодів в процесі очищення, і визначені коефіцієнти їх динамічності; з допомогою ЕОМ розрахована траєкторія осцилюючого руху центру коренеплодів в еліпсному очиснику; визначені експлуатаційні та ресурсні параметри розроблених конструкцій очисників; визначені технологічні параметри холодного та гарячого навивання спіральної шнеків ОК; запропоновані рекомендації щодо вибору конструктивних схем і параметрів робочих органів ОК для різних технологій збирання буряків.

Практична цінність роботи. Розроблено і впроваджено у виробництво принципів конструктивні схеми робочих органів шнекових, роторних і бітерних очисників, захищених 23 авторськими свідоцтвами та патентами на винаходи; розроблені стенди для проведення досліджень і визначення функціональних та ресурсних параметрів ОК; експериментальним шляхом визначено зони скучення і підвищеного травмування коренеплодів, а також виконані конструктивні заходи щодо усунення цих недоліків; на підставі лабораторно-польових випробувань визначені раціональні конструктивні параметри очисників залежно від швидкісних режимів роботи машин; розроблені і впроваджені у виробництво схеми технологічних пристроїв для холодного та гарячого навивання спіральної шнеків ОК.

Реалізація результатів роботи. Захищені авторськими свідоцтвами та патентами конструктивні схеми очисників впроваджені на ВО "Тернопільський комбайновий завод" і ВСС-Лейпціг ФРН сільськогосподарських машинах КС-6Б-01; КС-6Б-02; КС-6Б-05; КС-6В із загальним економічним ефектом понад 5 млн. крб. в цінах 1990 р.

Апробація роботи. Наукові положення і основні результати досліджень доповідались на науково-технічних конференціях: "Основні напрямки розвитку техніки для вирощування і збирання цукрових буряків і кукурудзи за Індустріальними технологіями" (Харків 1986); "Прогресивні технології і обладнання в машино- і приладобудуванні" (Тернопіль 1992 р.); в науково-технічній раді ВО "Тернопільський комбайновий завод" (Тернопіль 1992 р.), на науково-технічному семінарі кафедр технології машинобудування, верстатів і інструментів, технічної механіки Тернопільського приладобудівного Інституту (Тернопіль 1992 р.); на науковому семінарі Тернопільського приладобудівного Інституту (1992 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 7 друкованих робіт і 4 інформаційних листки, конструкції робочих органів очисників захищені 23 авторськими свідоцтвами і патентами.

## ОСНОВНИЙ ЗВІТ РОБОТИ

### I. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБІТ, ОСОБЛИВОСТІ І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ОЧИСНИКІВ КОРЕНЕПЛОДІВ.

Важливою операцією в технологічному процесі збирання буряків є очищення (сепарація) коренеплодів від землі та рослинних залишків, яка здійснюється в основному шнековими, роторними та бітерними робочими органами.

Визначенню конструктивних і експлуатаційних параметрів сепараторів присвячені роботи вчених П.М.Василенка, Л.В.Погорілого, Б.М.Гевка, Ю.Б.Аванесова, А.К.Сарапулова, А.Г.Цимбалара, Н.В.Татьянка, В.В.Брея, М.З.Хмелівського, Н.І.Кривоногова та інших. В цих роботах розглянуті теоретичні і експериментальні дослідження з розрахунку і проектування очисників. Їх наступне вдосконалення без розробки нових конструктивних схем, визначення основних функціональних та експлуатаційних параметрів практично вичерпало себе в плані підвищення якості очищення коренеплодів.

Головними тенденціями розвитку бурякозбиральних машин є:

1. Розширення технологічних можливостей шнекових та роторних очисників шляхом розробки нових конструктивних схем робочих органів і визначення їх оптимальних режимів роботи.

2. Зменшення габаритних розмірів, металомісткості і розробка нових компоновальних рішень, які дозволяють застосувати модульний принцип агрегування як із самхідними, так із причіпними машинами.


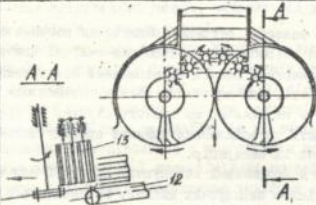
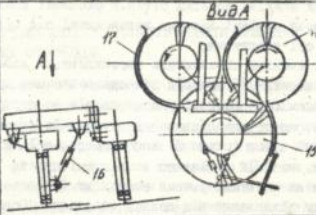
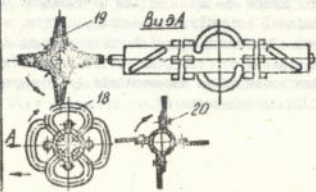
3. Зменшення травмувань і врат коренеплодів, збільшення ступеню їх сепарації шляхом вибору раціональних параметрів очисників.

З метою забезпечення якості виконання технологічного процесу збирання буряків розроблено ряд конструкцій робочих органів і компоновальних схем сепараторів (таблиця I.I).

Усунення можливих нагромаджень коренеплодів по периферії відповідних шнеків здійснює транспортно-очисний пристрій, зображений на схемі I. Викопані буряки з допомогою дискових колючів і потрапляють на розвідні шнеки 2, по периферії яких виконані напівватки 3 з протилежною навівною до основної спіралі. З допомогою напівважок коренеплоди перекидаються через проміжний вал 4 і зводяться шнеками 5 в бік вивантаження на позадковий елеватор або зібране поле.

Таблиця I.1

№	Назва	Схема очисного пристрою	№ А.С., заявки
1	2	3	4
1	Шнековий циліндричний очисник		№479217915
2	Еліпсний гвинтовий очисник		№1274642
3	Транспортно- очисний пристрій		№4698923
4	Кореневишко- душний пристрій		№1722284

1	2	3	4
5	<p>Ротор седельного ручного прибора</p> <p><i>Вид А</i></p> 	<p>№1576006 №1475527</p>	
6	<p>Двухролливый роторный очистник</p> <p><i>А-А</i></p> 	<p>№4754284</p>	
7	<p>Триролливый сепаратор корнеплодов</p> <p><i>Вид А</i></p> <p><i>А</i></p> 	<p>№1491378 №1584801</p>	
8	<p>Шдбарчсепаратор корнеплодов</p> <p><i>Вид А</i></p> 	<p>№1576017 №4694955</p>	

Для ефективного переведення коренеплодів через проміжний вал висота ребра напіввитків переважає висоту ребра основної спіралі, а кут нахилу напіввитків до осі обертання шнека встановлений менший, ніж кут нахилу витків основної спіралі.

При роботі шнекових очисників у вологих кліматичних умовах відбувається налипання землі на поверхні труби. Це призводить до зниження сепаруючих і транспортуючих характеристик шнекових очисників. Для усунення цього недоліку розроблений очисник коренеплодів (схема 2), який складається з двох шнеків 6, вали яких еліпсоїдної форми, а одноіменні осі розміщені у взаємоперпендикулярних площинах.

У процесі сепарації і транспортування коренеплоди підкидаються як витками шнеків, так і поверхнею валів, що підвищує якість їх очищення.

З метою зниження ступеня травмування коренеплодів і підвищення їх очищення розроблений транспортно-очисний пристрій (схема 3). В ньому над поверхнею шнеків встановлений еластичний гасник 7, закріплений на рамі. При обертанні шнеків коренеплоди підкидаються і взаємодіють з гасниками, що зменшує ступінь їх травмування, а також призводить до збільшення довжини проходу коренеплодів по шнеках, покращуючи їх сепарацію.

На схемі 4 зображений викопувачий пристрій для коренеплодів, який складається з викопуючих дисків, встановленого над ними бітера 8 і очисних шнеків. Лопатки бітерів охоплені еластичними накладками, причому сусідні лопатки встановлені під різнонаправленими кутами до осі обертання.

Викопані дисками коренеплоди перекидаються лопатками на шнеки. Розташування лопаток бітера під різнонаправленими кутами забезпечує більш рівномірний розподіл коренеплодів на першому валі шнекового очисника, що сприяє підвищенню ступеня їх очищення.

Сепаруючий ротор (схема 5) коренезбиральної машини складається з основи 9, на якій радіально закріплені пункти 10. Частина пунктів виконана з активізуючими виступами 11, висота яких зменшується у міру віддалення від центру обертання. Основа ротора встановлена під кутом  $\alpha = 87.88^\circ$  до центральної осі.

При переміщенні ротора вздовж рядків, прутки, заглиблені у землю, підбирають викопані корені і транспортують їх в зону вивантаження. Включення активізуючих виступів перемінної висоти зменшує ступінь травмування коренеплодів із збереженням оптимальної швидкості їх транспортування.

З метою забезпечення гарантованого перевалу коренеплодів з роторів на повздовжний транспортер І2 (схема 6) в проміжній зоні встановлені активні бітери І3, які утворюють загороджувальні стінки. В процесі роботи бітери спрямовують потік коренеплодів на повздовжний транспортер, додатково їх очисуючи.

На схемі 7 зображений тригурбінний роторний сепаруючий пристрій, який складається з роторів-підбирачів І4, проміжного ротора І5, пристрою регулювання І6, загороджувальних стінок І7.

В процесі роботи ротори-підбирачі захоплюють коренеплоди, очисують і переводять їх на проміжний ротор, який остаточно сепарує ґрунтові домішки.

Пристрій регулювання положення роторів забезпечує їх ефективну роботу в будь-яких кліматичних умовах, залежно від коефіцієнта зчеплення коренеплодів з прутками роторів.

Для збирання коренеплодів кормових буряків розроблений пристрій їх підбирання і очиснення (схема 8). Пристрій складається з валу-підбирача І8, активізуемого І9 і очисних 20 бітерів.

В процесі роботи вал-підбирач підбирає викопні коренеплоди і з допомогою активного бітера переводить їх на очисний пристрій. Оригінальне виконання валу-підбирача з чергуванням вздовж центральної осі гвинтових захватів і прямолінійних прутків забезпечує копіння поверхні ґрунту і практично виключає втрати коренеплодів.

## 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ РОБОТИ ШНЕКОВИХ ТА РОТОРНИХ ОЧИСНИКІВ.

Метою теоретичного розрахунку шнекових та роторних очисників є визначення їх сепаруючої здатності. В зв'язку з тим, що рух потоку коренеплодів і землі в очисниках описати практично неможливо, в роботі розглядається переміщення одного кореня, вплив зовнішнього середовища, на який враховано спрощено з відомих методик.

І. Вплив вороху враховувався приведенням сил тертя, яка оцінювалась середньостатистичними параметрами залежно від зміни руху коренеплоду у воросі і коефіцієнтом  $k$ , який при русі штучних вантажів у 1,5...2 шари становить  $k=0,7$

2. Математична модель форми коренеплоду наближається до реального.

Виходячи з цього, розраховується коефіцієнт динамічності живих очисників, який характеризує їх сепаруючу здатність порівняно з базовим.

Математична модель коренеплоду повинна відобразити його форму і характеризуватись параметрами, які дозволять зберігати допустимі відхилення розмірів. З метою спрощення при підрахунках і складанні програм поверхню коренеплоду доцільно представляти однією залежністю. Цим вимогам відповідає опис поверхні коренеплоду у власній системі координат  $O\rho'y'z'$  (рис. 2.1) в наступному вигляді

$$\rho = \frac{\{(1-z/(l-h))e^{\lambda z} + ((z/h)^2 - 1)^{0.5} e^{-\lambda z}\} 0.5 d_s (1 - \sum_{j=1}^n o_j \cos j\varphi)}{e^{\lambda z} + e^{-\lambda z}}; \quad (2.1)$$

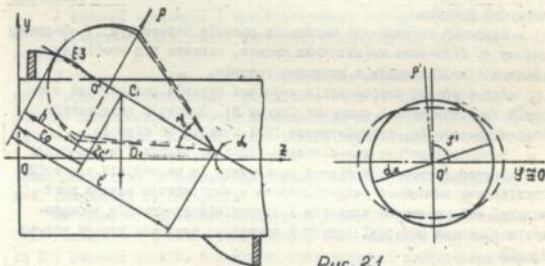


Рис. 2.1

де  $l$  - довжина коренеплоду;  $h$  - висота головки;  $d_s$  - середній діаметр найбільшого поперечного перетину коренеплоду;  $\lambda$  - параметр форми коренеплоду в позадвоєвому напрямку;  $\delta_j$  - ступінь відхилення форми перетину коренеплоду, при  $j=1$  - ексцентричність;  $j=2$  - овальність;  $j>2$  - огранування. Геометричні розміри коренеплоду і дисперсії їх розсіювання для різних кліматичних зон відомі з робіт Авенесова Д.Б.

Для попередніх розрахунків у відповідності з формою перетину коренеплодів прийнято  $\delta_2 = (d_{max} - d_{min})/d_s$ ;  $\delta_{j>2} = 0$ , де  $d_{max}$  і  $d_{min}$  найбільший і найменший діаметри максимального перетину коренеплодів. Розміщення коренеплодів в шнековому очиснику в початковому стані визначається тільки силою тяжіння  $G$ , вектор якої прикладений до центру тяжіння на відстані  $C$ , від верхівки коренеплоду в системі координат  $O\rho'y'z'$  [4].

На рис. 2.2 зображена схема розміщення коренеплоду у шнековому еліпсоїдному очиснику.

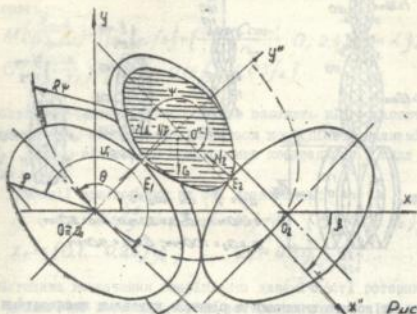


Рис. 2.2

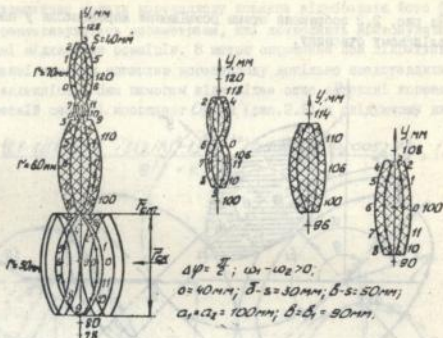
Для визначення зв'язків, що накладаються на коренеплід, рівняння поверхонь валів і рифів з незалежними лінійними  $U_i$  і кутами  $U_i$  параметрами записувалися в аналітичному вигляді. Параметри  $U_i$  ( $i=1,2$ ) центру коренеплоду визначалися числовими методами на БМ із системи векторних рівнянь  $\vec{r}_{e_i} = \vec{r}_{e_i}^0 - \vec{r}_{e_i}^* + \vec{C}_i$ ,  $\vec{r}_{e_i} = \vec{r}_{e_i}^0$ , де  $\vec{r}_{e_i}^0$  - вектор точки контакту  $i$ -того валка відносно його центру  $\vec{r}_{e_i}^* = \rho \vec{e}_\rho + \rho \theta \vec{e}_\theta + z \vec{e}_z$ ;  $\vec{r}_{e_i}^0$  - вектор  $i$ -тої точки контакту коренеплоду відносно його центру;  $\vec{C}_i$  - вектор центрів валків.

Введені залежності зв'язку центру коренеплоду з координатами центр  $O''$  розрахункового ланцюгу (рис. 2.2) [1].

Швидкість центру руху коренеплоду визначається

$$v = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}_e^0}{dt} - \frac{d\vec{r}_e^*}{dt} + \frac{d\rho}{dt} \vec{e}_\rho + \frac{d\theta}{dt} \rho \vec{e}_\theta - \frac{d\rho}{dt} \vec{e}_\rho - \frac{d\psi}{dt} \rho \vec{e}_\psi, \quad (2.2)$$

Обробка даних на БМ (рис. 2.3) засвідчила, що осцилюючий рух коренеплоду в першому наближенні можна описати гармонічними коливаннями з розкладом по гармоніках, які відповідають частотам обертання валів і коренеплоду.



Для еліпсного очисника з рівними, кутовими швидкостями валів швидкість коренеплоду у першому наближенні визначається:

$$\begin{aligned} x_c &= 2\omega k' A_x^0 \sin(2\omega t + \varphi_0) - 2A_x^* \sin(2\omega t + \varphi_{0x}) \left( \omega + \frac{td(\omega x)}{dt} \right) \\ y_c &= 2\omega k' A_y^0 \cos(2\omega t + \varphi_0) + 2A_y^* \cos(2\omega t + \varphi_{0y}) \left( \omega + \frac{td(\omega y)}{dt} \right) \\ \dot{z}_c &= \frac{T}{2R} \left( \omega - \frac{C\sqrt{x_c^2 + y_c^2}}{2(R_c + r_{np})^2} \right) \approx \frac{T\omega}{2R} \end{aligned} \quad (2.3)$$

де  $T$  - крок спіралі;  $A_x^0, A_y^0, A_x^*, A_y^*$  - проєкції амплітуд коливань центру коренеплоду;  $k'; k''$  - коефіцієнт симетрії коливальних циклів;  $r_{np}$  - приведення радіус коренеплоду.

Реакції очисника на коренеплід визначаються із рівнянь рівноваги [1; 2]. Враховуючи те, що моменти від нормальних реакцій  $N_i$  практично рівні нулю, систему рівнянь рівноваги можна звести до такої

$$\sum_{i=1}^3 \vec{N}_i + \vec{F}_c^{проб} - m\vec{a} + k\vec{m}\vec{g} = 0, \quad (2.4)$$

де  $F_c^{проб}$  - рівнодієна всіх сил тертя, враховуючи і дію вороху;  $k$  - коефіцієнт приведення, що враховує вагу коренеплодів, які знаходяться вище розрахункового коренеплоду.

Обробка результатів експериментальних досліджень із застосуванням швидкоісної кінознімальної апаратури дозволила оцінити напрям відносного переміщення коренеплоду і валків, а, значить, і напрям вектора  $\vec{F}_{\text{прив}}$ , математичне очікування і дисперсія якого становить:

$$M\left(\frac{\vec{F}_{\text{прив}}}{|\vec{F}_{\text{прив}}|}\right) = \{f_x; f_y; f_z\} = \left\{\frac{0,8Mc \cos \alpha}{R_c + r_{\text{пр}}}; 0; 2,4M \sin \alpha\right\}; \quad (2.5)$$

$$\sigma\left(\frac{\vec{F}_{\text{прив}}}{|\vec{F}_{\text{прив}}|}\right) = \{0,1f_x; 0,15f_y; 0,05f_z\}. \quad (2.6)$$

Ступінь очищення безпосередньо залежить від осцилюючого руху коренеплоду, який характеризується коефіцієнтом динамічності [5]  $k = a/g$ ; де  $a$  - відповідно прискорення коренеплоду і сили земного тяжіння.

Проекції прискорення на осі становлять:

$$\begin{aligned} \ddot{y}_c &= -4\omega^2 k^2 \dot{e} y_c \sin(2\omega t + \varphi_0) + \varepsilon; \quad (\varepsilon \leq 0,03 \ddot{y}_c); \\ \ddot{x}_c &\approx (0,1 \dots 0,25) \ddot{y}_c; \quad \ddot{z}_c \approx 0,2 \ddot{y}_c. \end{aligned} \quad (2.7)$$

Методика визначення коефіцієнта динамічності роторних очисників аналогічна шнековим. Схема роторного очисника представлена в таблиці I.1 (схема 5).

Координати центру ваги коренеплоду, розташованого на двох прутках, представлені у вигляді:

$$\begin{aligned} x_c &= \rho \cos \varphi = U_{ei} \cos(\omega t + \theta_{0i} + \mathcal{K}/n) / \cos \mathcal{K}/n; \\ y_c &= \rho \sin \varphi = U_{ei} \sin(\omega t + \theta_{0i} + \mathcal{K}/n) / \cos \mathcal{K}/n; \\ z_c &= \sqrt{(R+r)^2 - \rho^2} \sin^2 \mathcal{K}/n. \end{aligned} \quad (2.8)$$

де  $U_{ei}$  - координати точки дотику на поверхні прутка;  $r$  - радіус коренеплоду;  $n$  - кількість прутків;  $\omega$  - кутова швидкість обертання потіску;  $\theta_{0i}$  - початкове кутове розміщення  $i$ -того прутка.

Залежно від початкових умов руху і розташування на очиснику коренеплода, його переміщення може складатись із таких циклів: вільне перекочування вздовж прутків до огорожі під впливом центробіжних сил; перекочування через прутки вздовж огорожі по колу; слід коренеплодів з очисника.

Можливість перекочування коренеплодів через прутки оцінюється запасом кінетичної енергії, яка визначається мінімальною швидкістю

$$v_{\text{min}} = \sqrt{2g(R+r)\left(1 - \sqrt{1 - \frac{\rho^2 \sin^2 \mathcal{K}/n}{(R+r)^2}}\right)} \approx \rho \sin^2 \frac{\mathcal{K}}{n} \sqrt{\frac{\rho}{(R+r)}}. \quad (2.9)$$

Мінімальна кутова швидкість для змищення коренеплоду до огорожі визначається

$$\omega_{\min} = \sqrt{\frac{2\mu(R+r)\cos\mathcal{X}/n - \rho\sin^2\mathcal{X}/n}{\rho V(R+r)^2 - \rho^2\sin^2\mathcal{X}/n}} \quad (2.10)$$

Основний процес очиснення здійснюється при транспортуванні коренеплодів по траєкторії, визначеній огорожею. В даному випадку рівняння руху коренеплоду описується диференціальним рівнянням руху частинки відносно одного незалежного параметра - кутового розташування коренеплоду.  $\varphi$  [5].

В першому наближенні геометричне місце точок центрів коренеплоду, зв'язаних з ротором, можна апроксимувати залежністю

$$z = \frac{D^2 \sin^2 \mathcal{X}/n \sin \theta_n}{16(R+r)} + \sqrt{\frac{D^2 n^2 \cos^2 \theta_n \sin^2 \mathcal{X}/n}{4(R+r)^2} + 1} ;$$

$$\varphi = \theta_n \left( \frac{r}{R+r} \sin^2 \theta_n / \sqrt{\frac{D^2 n^2 \cos^2 \theta_n \sin^2 \mathcal{X}/n}{4(R+r)^2} + 1} \right) \quad (2.11)$$

Диференціюванням даних залежностей у часі отримуємо кінематичні параметри руху коренеплоду [5]. Їх аналіз свідчить, що при зусі кореня вдовж огорожі відбувається його відставання від обертання прутків.

При цьому він здійснює коливання, амплітуда яких складає

$$A = D/4 \left[ \sin^2 \frac{\mathcal{X}}{n} / (R+r) \right]; \quad (2.12)$$

а частота

$$\nu = 1 / (\omega - 2 \frac{v}{D}) \quad (2.13)$$

Враховуючи значну асиметрію циклу коливань коренеплоду, його коефіцієнт динамічності визначається залежністю

$$k_d = \frac{D \sin^2 \frac{\mathcal{X}}{n} (\omega - 2v/D)^2}{4g(R+r)} \cdot k_0 \quad (2.14)$$

де  $K_n$  - коефіцієнт асиметрії циклу  $K_n = 1, 1, \dots, 1, 2$ .

Ефективність роторних очисників достатньо висока через активну дію прутків на коренеплід і надання йому асиметричного осцилюючого руху, а також завдяки великій площі сепаруючих отворів для відокремлення домішок.

При розрахунках коефіцієнта динамічності за вище наведеними формулами і порівнянні його з відомим коефіцієнтом динамічності циліндричного шнекового очисника ( $k_{dn} \approx 1, 4 \dots 1, 6$ ), встановлено, що динамічність еліптичних і роторних очисників в 1,57...1,37 разів більша, ніж циліндричного, що вказує на доцільність їх застосування в нових буркозбиральних комплексах.

### 3. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Програма експериментальних досліджень передбачала: розробку дослідних стендів для визначення експлуатаційних та ресурсних параметрів шнекових і роторних очисників; створення імітатора забрудненого коренеплоду; визначення ступеня залежності очищення від впливу конструктивних параметрів і режимів роботи очисників; проведення лабораторно-польових випробовувань з метою визначення сепаруючої здатності очисників, втрат і пошкодження коренеплодів на безі коренезбиральних машинах КС-6Б; КС-6Б-05; КС-6В.

На рис. 3.1 зображений стенд [3] для дослідження експлуатаційних параметрів і проведення порівняльних випробовувань шнекових очисників.

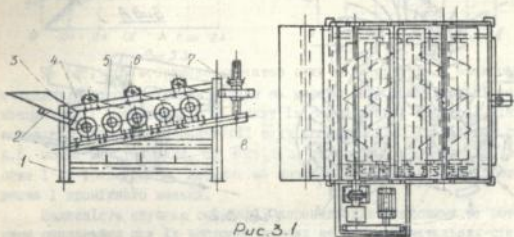


Рис. 3.1

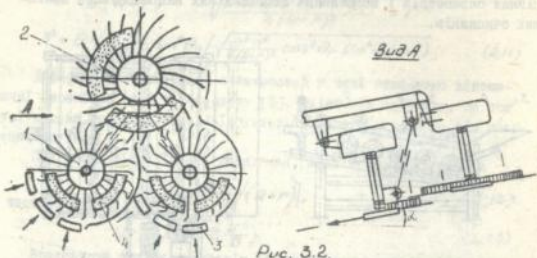
Стенд складається з рами 1, навантажувачого лотка 2, очисних шнеків 3, закріплених на поворотних балках 4. Над шнеками встановлені гасники 5, закріплені на консольних тензометричних осях 6. За допомогою гвинтового механізму 7 поворотні балки можуть встановлюватися під різними кутами нахилу.

Для оцінки сепаруючої здатності очисника по довжині транспортування площі під шнеками розділена поперечними стінками 8.

Принцип стенд таким чином. На шнеки навантажують гумові коренеплоди, оброблені сумішшю піску і клею. Обертання шнеків забезпечує переміщення коренів в зону навантаження і відділення від них суміші, яка просилається в ємкості, розділені поперечними стінками. Зважуючи суміш, визначаємо ступінь сепарації очисника по довжині транспортування. Гасники, за допомогою тензометричних вісей, дають можливість визначити силу підкадання коренеплодів при різних швидкостях обертання і кутах нахилу шнеків.

На рис. 3.2 зображений стенд [16] для визначення експлуатаційних і ресурсних характеристик роторних очисників.

Стенд складається з двох роторів-підбирачів I і вантажу-вального ротора 2, які встановлені під кутом  $\alpha = 8...13$  до горизонтальної площини. З боку врізання роторів-підбирачів в землю встановлені імітатори навантаження - клиноподібні гальмівні накладки 3. В зоні транспортування коренеплодів над прутками роторів розміщені шіркоподібні гальмівні сектори 4, які імітують навантаження коренеплодів на ротори при їх сепарації і транспортуванні. Приведені гальмівні пристрої повною мірою імітують навантаження, які виникають внаслідок виконання технологічного процесу очисним пристроєм роторного типу.



Дані стенди дозволяють в лабораторних умовах визначити вплив основних конструктивних параметрів на експлуатаційні та функціональні параметри очисних пристроїв: швидкісні режими роботи; кути нахилу і діаметри спіралей шнеків, їх крок та висоту навивання; величину перекриття роторів; діаметр, довжину та висоту активізаторів прутків; ступінь очищення коренеплодів.

Застосування швидкохідної кіноснімаальної апаратури дозволило визначити характер руху коренеплодів, зони їх максимального скупчення і травмування. Польові дослідження очисників проводились на машинно-випробувальних станціях, в результаті яких визначалися їх основні функціональні параметри: ступінь очищення, втрати і травмування коренеплодів.

Швидкохідні і силові зв'язки при випробуваннях шнекових очисників зображені на рис. 3.3 і 3.4.

Аналізуючи ці графіки, встановлюємо, що швидкість переміщення коренеплодів в еліпсному гвинтовому очиснику в I,32...I,44 рази вище, ніж в циліндричному, а зміна кута нахилу лінії розташування шнеків від  $8^{\circ}$  до  $10^{\circ}$  призводить до зменшення швидкості переміщення коренеплодів в I,13...I,15 разів.

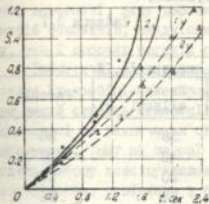


Рис. 3.3

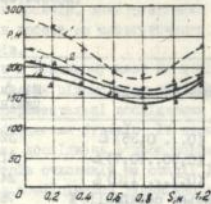


Рис. 3.4

На рис. 3,5 зображено характер руху коренеплодів в шнековому очиснику. Густина штрихів вказує на максимальні і мінімальні зони концентрації коренеплодів на шляху їх переміщення. Контурні лінії показують характерні траєкторії руху коренеплодів. Аналізуючи рис. 4,5, можна констатувати, що найбільше скупчення коренеплодів, а отже і їх травмування, виникає на периферії крайнього розвідного шнека і проміжного вальця.

Залежність ступеню сепарації коренеплодів шнековими та роторними очисниками при їх випробовуваннях на експериментальних стендах (рис. 3.1 і 3.2) зображена в табл. 3.1.

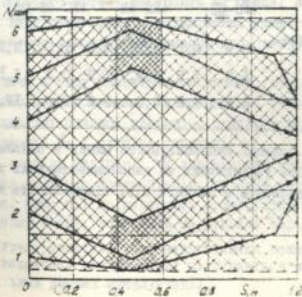


Рис. 3.5

Як засвідчили лабораторні випробування очисних пристроїв, найкращі сепаруючі властивості мають роторні та шнекові еліпсні очисники.

Ступінь сепарації по довжині  $L$  очисного пристрою  
(лабораторні випробування)

Таблиця 3.1.

Зона сепарації	Ступінь сепарації, %		
	Шнеки циліндричні	Шнеки еліпсні	Ротори
(0... 0,35) $L$	32	38	36
(0,35...0,7) $L$	41	42	48
(0,7... 1,0) $L$	24	20	16
Загальна сепарація, %	78	84	94

Для отримання повних результатів розроблені конструкції очисників, які проходили державні випробування на машинно-дослідних станціях на базі кореневибиральних машин КС-6Б; КС-6В; КС-6Б-05.

Результати протоколів випробувань зображені в таблиці 3.2.

Агротехнічні показники польових випробувань.

Таблиця 3.2.

Параметр	Шнековий циліндрич- ний КС-6Б	Шнековий еліпсний КС-6В	Тригурсічний роторний КС-6Б-05	Двотур- оічний роторний КС-6В
	Загальна забрудне- ність коренів, %	3,9...6,1	3,1...4,8	1,5...3,93
Втрати, %	1,8...1,9	1,8...1,9	0,2...1,5	0,2...1,4
Травмування, %	8,8...9,8	8,0...9,2	12,0...12,91	8,2...8,6

Проведені польові випробування машин в основному підтвердили правильність теоретичних та експериментальних досліджень, оскільки їх результати в значній мірі відповідають агротехнічним вимогам.

#### 4. ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ І ВИГОТОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ОЧИСНИКІВ КОРЕННИСЛОДІВ.

Теоретичний аналіз процесів роботи очисників, а також їх лабораторні і польові випробування, вказують на те, що ступінь очищення кореннелюдів залежить від багатьох факторів: типу ґрунту і його вологості, виду робочих органів копачів, конструктивних параметрів очисників, швидкісних режимів роботи як енергетичного засобу, так і робочих органів сепараторів.

Теоретичні розрахунки очисників в основному мали на меті визначити їх коефіцієнти динамічності  $k_d$  (як відомо, чим більший  $k_d$  тим вищий ступінь сепарації), а експериментальні дослідження були спрямовані на визначення ступеню забруднення буряків, їх втрет і травмувань. Тому на основі проведених досліджень запропонована методика вибору конструктивних параметрів очисників на стадії їх проектування, порівняно з базовим за коефіцієнтом динамічності і ступенем очищення  $W$ , які зв'язані між собою залежністю

$$W = 100 \left( \frac{k_d^s}{k_d + c} \right)^n \quad (4.1)$$

де  $k_d^s$  і  $k_d$  - коефіцієнт динамічності відповідно базового і нового очисника;  $c$  і  $n$  - коефіцієнти вираховані для кожного типу очисника на основі експериментальних залежностей. Для шнекових еліпсних очисників  $c=0,09$ ;  $n=0,95 \dots 1$ . Для роторних очисників  $c=0,03$ ;  $n=1,3$ .

Таким чином, при проектуванні нових робочих органів очисників вибір їх конструктивних параметрів може здійснюватися в такій послідовності.

1. Тип робочого органу вибирають на основі аналізу умов експлуатації - характеру ґрунту, кліматичних умов.
2. Враховуючи конструкцію викопуючого пристрою, вибирають тип очисника.
3. Виходячи з типу енергетичного засобу, розробляють перший варіант ескізного комплектування викопуючого і очисного пристроїв.
4. Для аналізу очисної здатності пристрою визначають коефіцієнт динамічності  $k_d$  і ступінь сепарації  $W$ .
5. Якщо ступінь сепарації  $W$  задовільняє агротехнічні умови, то розробляють технічну документацію, за якою виготовляється дослідна машина. Якщо ні, то корегують конструктивні розміри очисника, які, в першу чергу, впливають на ступінь сепарації.
6. Остаточне корегування конструктивних розмірів очисника і, відповідно, технічної документації відбувається після випробувань машина в реальних умовах експлуатації.

Основні залежності коефіцієнта двамічності  $K_2$  і ступіня сепарації  $W$  базового і нових очисників приведені в таблиці 4.1.

З метою виготовлення спіралей шнеків розроблені конструкції технологічного обладнання, яке забезпечує їх холодне та гаряче навівання [5]. Для правильного вибору енергосилових параметрів обладнання були проведені експериментальні дослідження як холодного, так і гарячого навівання стрічок різної ширини при різних радіусах згину.

На рис. 4.1 зображено залежність моменту навівання стрічкової заготовки на ребро від радіуса згину для стрічок шириною  $B=30$  мм із матеріалів Ст3 (поз. 1,3) і 0,8кп (поз. 2,4). Для холодного навівання (поз. 1,2) момент навівання в 3...3,5 рази перевищує момент при гарячому навіванні. Причому при холодному збільшенні радіуса навівання призводить до різкого зменшення моменту кручення. При гарячому навіванні момент деформування практично не залежить від діаметру оправки. В той же час охолодження стрічки від  $900^{\circ}$  (поз.6) до  $750^{\circ}$  (поз.7) призводить до збільшення моменту деформування в 1,6...1,8 рази. При гарячому навіванні спіралей на еліпсу оправку момент кручення практично не змінюється, а при холодному навіванні його коливання досить значні. Так при навіванні стрічки на еліпсу оправку з відношенням максимального і мінімального діаметрів  $2a/2b = 1,2$  величина моменту деформування змінюється в 1,4 рази і в часі ця залежність має вигляд гармонійної функції.

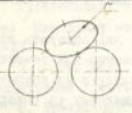
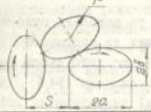
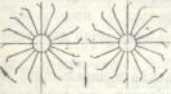
Зміна ширини стрічки як при гарячому, так і при холодному деформуванні шнеків значно впливає на зміну моменту навівання (рис. 4.2). Так при збільшенні ширини стрічки від 30 мм до 50 мм момент холодного навівання для сталей Ст3 (поз.1) і 0,8кп (поз.2) збільшується в 3...3,2 рази, а для гарячого (поз. 3,4) - у 2,7.

Характер впливу охолодження при гарячому навіванні для стрічок різної ширини не змінюється, тобто відносна зміна моменту до номінального значення є величиною постійною.

Це ж стосується і густоти навівання спіралей на еліпсу оправку, при якому із збільшенням номінального моменту деформування збільшується амплітуда його коливань.

Виходячи з проведених досліджень, можна констатувати, що при навіванні спіралей з шириною стрічки до 20...25 мм більш раціонально застосовувати холодне навівання, а при ширині смуги  $B=30$  мм необхідно використовувати гаряче, що забезпечить високу точність конструктивних розмірів спіралей.

Таблиця 4.1.

Схема очисника	Коефіцієнт динамічності			Сталість очиски, $\mathcal{W}$		
	Залежність	$k_a$	віднос. $k_a$	W, %	відносн. $\mathcal{W}$	
	$k_a = \frac{(25.3) \rho_m \omega^2}{g}$	1.4	1.0	94	1.0	
Шнековий циліндричний КС-65 (Боловий)	$k_a = \frac{(8.95) \delta \omega^2 (1 - \frac{2S}{0.6})}{g}$ $\delta = \frac{a-b}{2}$	2.2	1.57	96	1.02	
	Шнековий вліпний КС-68	$k_a = \frac{J \sin^2 \frac{\alpha}{2} (\omega - \frac{2\delta}{D})^2}{4g(R+r)}$	1.8	1.3	98	1.04
	Двасторонній роторний КС-68					

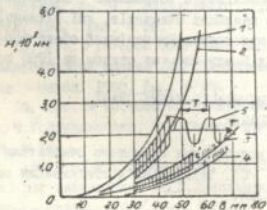


Рис. 4.1

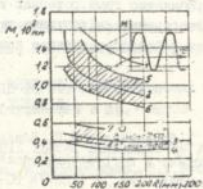


Рис. 4.2

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблена математична модель форми коренеплоду І досліджена його кінематика в шнекових та роторних очисниках, що підвищує ступінь точності розрахунків при проектуванні нових конструкцій сепараторів.

2. Складені системи диференціальних рівнянь, які описують динаміку коренеплодів в процесі їх очищення. З допомогою БОМ розрахована траєкторія осцилюючого руху центру коренеплоду в еліпсному очиснику І визначені коефіцієнти динамічності шнекових та роторних очисників. Встановлено, що відносний коефіцієнт динамічності шнекового еліпсного очисника порівняно з базовим циліндричним становить 1,57, а роторного - 1,3.

3. Розроблені нові конструкції шнекових та роторних очисників, а також стенди для визначення їх функціональних та експлуатаційних параметрів в лабораторних умовах. Встановлено, що найбільшое сепаруваче спроможність характеризуються роторні очисники (94%), далі - шнекові еліпси (84%). Проведені польові випробування розроблених очисників на базі самохідних коренезбиральних машин І визначені їх агротехнічні показники.

4. Запропонована Інженерна методика вибору конструктивних та експлуатаційних параметрів очисників, що базується на проведених теоретичних І експериментальних дослідженнях І емпірично пов'язує ступінь очищення з коефіцієнтом динамічності.

5. Конструкції шнекових І роторних очисників відпрацьовані на технологічність, розроблене технологічне обладнання, яке дозволило підвищити техніко-економічні параметри І функціональні можливості очисників.

6. На основі проведених досліджень розроблені І впроваджені у виробництво гаме роторних та шнекових очисників, які захищені 23 авторськими свідоцтвами та патентами. Економічний ефект впроваджених розробок складає понад 5 млн.крб. за станом на 1990 р.

ОСНОВНІ ПИЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ НАДРУКОВАНІ  
В ТАКИХ ПРАЦЯХ.

1. Данильченко М.Г. Новая конструкция шнекового очистителя уборочных и погрузочных машин. /Сб. Технологий и организация производства. Дел. № 1158-Ук 90-с.20.

2. Данильченко М.Г. Стенд для исследования шнековых транспортных очистителей. /Сб. Технологий и организация производства. Дел. № 1159 Ук 90.-с.9.

3. Данильченко М.Г. Дослідження шнекових транспортерів. /Прогресивні технології і обладнання в машино- і приладобудуванні. Матеріали науково-технічної конференції, Тернопіль. - 1992 р.-с.-II.

4. Данильченко М.Г. Динаміка корнеплодів в роторних очисниках. /Прогресивні технології і обладнання в машино- і приладобудуванні. Матеріали науково-технічної конференції., Тернопіль.- 1992р.-с.-22.

5. Гевко Б.Н., Данильченко М.Г., Рогатинський Р.М., Механізми з гвинтовими пристроями. /Видавництво "Світ". - 1992 р.- с.380.

6. Данильченко М.Г., Гевко Б.М. Перспективи розвитку шнекових механізмів в свеклоборочних машинах./Основні напрямки розвитку техніки для обробки і с/рє сахарної свекли і кукурузи по дндустриальним технологіям. Матеріали Всесоюзної научн. конференції., Херьков,-1986.-с.-31.

7. Данильченко М.Г., Гевко Б.М., Бублик С.П., інженерний метод расчета вянтових дозаторов трудн УСХА, Киев - 1974 г. с.-24.

8. А.с. № I667687 СССР, МКИ 5A01D 51/00. Транспортно-очистительное устройство. /М.Г.Данильченко, В.П.Крчук, Р.Б.Гевко и др.- Оубл.1991, Бвл. № 29.

9. А.с. № I274642 СССР, МКИ 5A01D 33/08. Шнековый очиститель корнеплодов от примесей /М.Г.Данильченко, Б.М.Гевко, Р.М.Рогатинский и др. - Оубл. 1986, Бвл. № 45.

10. А.с. № I318193 СССР, МКИ 5A01D 33/08. Колач корнеплодов /М.Г.Данильченко, О.М.Шабалия, Б.М.Гевко, - Оубл. 1988, Бвл. № 33.

11. А.с. № I576017 СССР, МКИ 5A01D 33/08. Рабочий орган для подборщика корнеплодов. /М.Г.Данильченко, Р.Б.Гевко, В.А.Мартыненко и др. - Оубл. 1990. Бвл. № 25.

12. А.с. № I584801 СССР, МКИ 5A01D 33/08. Роторное сепарирующее устройство /М.Г.Данильченко, Р.Б.Гевко, В.М.Осуховский и др. - Оубл. 1990. Бвл. № 30.

13. А.с. № I576006 СССР, МКИ 5A01D 33/08. Сепарирующий ротор корнеуборочной машины /М.Г.Данильченко, Р.Б.Гевко, В.М.Осуховский и др. - Оубл. 1990. Бвл. № 25.

14. А.с. № I556565 СССР, МКИ 5A01D 25/04. Корнеуборочная машина./М.Г.Данильченко, Р.Б.Гевко, В.М.Осуховский и др.- Оубл. 1990. Бвл. № I4.

15. А.с. № I722284 СССР, МКИ 5A01D 25/04. Выкапывающее устройство для корнеплодов /М.Г.Данильченко, К.Шафердеккер, О.Г.Бессонов и др. - Оубл.. 1992. Бвл. № I2.

16. А.с. № I753990 СССР, МКИ G-01M 19/00. Стенд для испытаний подкапывающих рабочих органов корнеуборочного комбайна /М.Г.Данильченко, Р.Б.Гевко, В.А.Мартыненко и др. Оубл. 1992. Бвл. № 30.

17. А.с. № I727645 СССР, МКИ 5 А01Д 33/08. Транспортно-очистительное устройства /М.Г.Данильченко, Б.М.Гевко, Р.Б.Гевко и др. - Оpubл. 1992. Бвл. № 15.

18. А.с. № I727643 СССР, МКИ 5 А01Д 33/08. Роторный транспортер-очиститель. /М.Г.Данильченко, В.М.Осуховский, Р.Б.Гевко и др. - Оpubл. 1992. Бвл. № 15.

19. А.с. № I753330 СССР, МКИ 5 G 01М 19/00. Стенд для исследования шнековых очистителей. /М.Г.Данильченко, В.М.Осуховский, Р.Б.Гевко и др. - Оpubл. 1992. Бвл. № 29.

20. А.с. № I761826 СССР, МКИ 5 А01Д 33/08. Ротор сепарирующе-подкапывающего устройства. /М.Г.Данильченко, Р.Б.Гевко, Г.Н.Смакоуз и др. - Оpubл. 1992. Бвл. № 34.

21. А.с. № I738125 СССР, МКИ 5 А01Д 25/04. Копач для корнеплодов. /М.Г.Данильченко, А.В.Павлов, В.П.Крчук и др. - Оpubл. 1992. Бвл. № 21.

22. А.с. № I708177 СССР, МКИ 5 А01Д 33/08. Очиститель головок корнеплодов. /М.Г.Данильченко, Р.Б.Гевко, В.А.Мартыненко и др. - Оpubл. 1992. Бвл. № 4.

23. Данильченко М.Г., Крчук В.П., Гевко Р.Б. и др. Рабочий орган для подборщика корнеплодов. /Положительное решение по заявке № 4694955/30-15, МКИ 5А01Д 51/00 ; 21.09.90.

24. Данильченко М.Г., Осуховский В.М., Гевко Р.Б. и др. Корнеуборочная машина. /Положительное решение по заявке № 4922775/15 (026019), МКИ 5А01Д 25/04 ; 3.01.92.

25. Данильченко М.Г., Гевко Р.Б., Козиброда Я.И. и др. Устройство для выкапывания корнеплодов. /Положительное решение по заявке № 4820567/15 (048044), МКИ 5А01Д 25/04 ; 7.04.92.

26. Данильченко М.Г., Смакоуз Г.Н., Козиброда Я.И. и др. Копач для корнеплодов. /Положительное решение по заявке № 4798235/15 (026212), МКИ 5А01Д 25/04 ; 27.09.91.

27. Данильченко М.Г., Павлов Я.А., Дудка В.В. и др. Очиститель головок корнеплодов. /Положительное решение по заявке № 4865303/15, МКИ 5А01Д 33/08 ; 16.10.91.

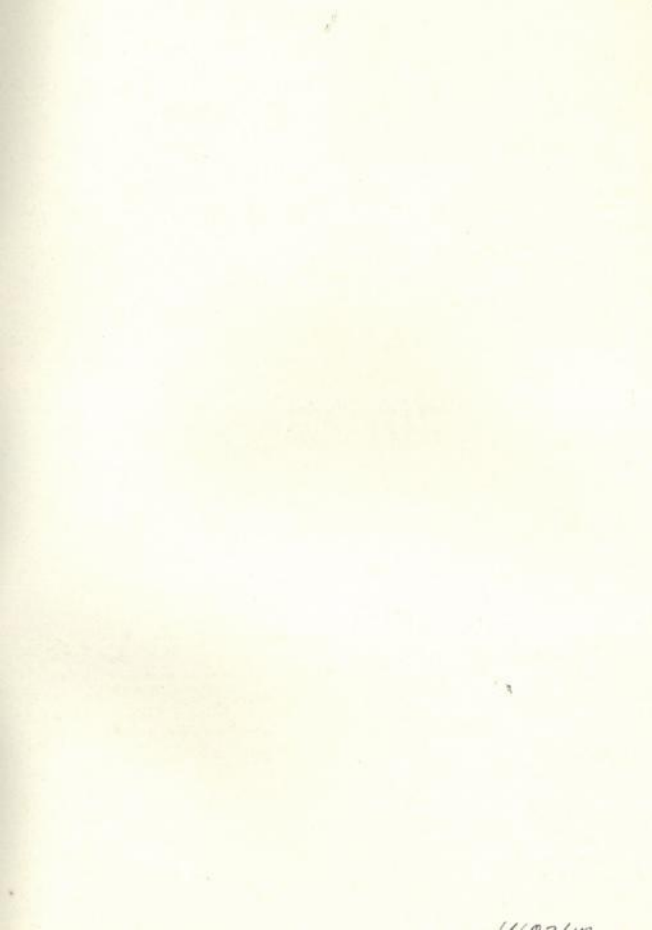
28. Данильченко М.Г., Смакоуз Г.Н., Мирошниченко Б.И. и др. Устройство для очистки корнеплодов. /Положительное решение по заявке № 5008285/15, МКИ 5А01Д 33/08 ; 7.07.92.

29. Данильченко М.Г., Шифердеккер К., Гевко Р.Б. и др. Диск копача корнеплодов. /Положительное решение по заявке №5020210/15, МКИ-5А01Д 25/04 ; 30.07.92.

30. Данильченко М.Г., Шифердеккер К., Гевко Р.Б. и др. Копач для корнеплодов. /Положительное решение по заявке 5020212/15, МКИ 5А01Д 25/04 ; 30.07.92.







Ab 26.615

**AB 26.615**