

УДК 631.356 DOI 10.36910/6775-2313-5352-2021-19-2

**Білик С.Г. к.т.н., доцент, Диня В.І. к.т.н., доцент**

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

### **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ**

*Надійність очищення голівок коренеплодів цукрових буряків є одним із важливих факторів, що впливає на викопування, зберігання та переробку коренеплодів на цукор. Оскільки при наявності залишків гички та пошкоджень кореня погіршуються умови зберігання та збільшуються затрати на транспортування і втрати сировини під час зберігання та переробки. Тому слід застосовувати якісну технологію очистки та раціональні машини. При визначенні раціональної технології та застосування пристроїв для очищення коренів приведено опис нового технологічного процесу очищення коренеплодів методом очисних мітл. Розроблено конструкцію навісної трьох рядної коренезбиральної машини для фермерських господарств. Виведені аналітичні залежності для визначення силових і конструктивних параметрів систем робочих органів машини.*

**Ключові слова:** цукровий буряк, коренеплід, гичка, надійність, очищення, пошкодження.

**Постановка проблеми.** Один із основних резервів зростання виробництва цукрових буряків полягає в удосконаленні технології їх викопування і очищення. Збирання врожаю коренеплодів цукрових буряків є одним із найскладніших і енергоємних процесів, в тому числі й за кількістю операцій.

Питанням збирання і очищення коренеплодів присвячені роботи ряду вчених [1,2,3], однак цілий ряд питань, що стосується очищення коренеплодів малогабаритною технікою, залишається невирішеним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для покращення надійності збирання коренеплодів цукрових буряків проводиться прямим комбайнуванням при виконанні операцій очистки гички на корені та викопування коренеплодів однією машиною [5]. Проте, дослідження показують недобру якість очистки залишків гички на викопаних коренеплодах, причиною чого є недосконалість конструкцій та режимів роботи очисних пристроїв [4, 7]. Основні дослідження процесу очищення коренеплодів від залишків гички описані у працях проф. Вовк П.Ф., який опублікував статтю в якій викладені фізико- механічні агробіологічні властивості цукрових буряків (1936р.), залежності між окремими розмірами буряків та втрати цукристої маси коренеплодів при різних способах зрізування коронки. Ця робота, а також праці українських вчених Василенка А.О., Тат'янка М.В., Погорілого Л.В., Денисенка І.І., Бурмістрової М.Ф., Зуєва М.М. створили перші початки на розвиток машин для збирання коренеплодів цукрових буряків. Певну увагу при дослідженні механізації збирання та вивчення фізико-механічних та біологічних властивостей коренеплодів цукрових буряків приділяли також і за кордоном. Одним із основних конструктивних питань розвитку машин є забезпечення конструкції машин для малих фермерських господарств, в той час як основні роботи над конструкціями коренезбиральних машин проводяться для забезпечення великих агрохолдингів. Тому дослідження в напрямку розвитку конструктивних параметрів малих сільськогосподарських машин є актуальними та своєчасними.

**Мета досліджень.** Розроблення надійних основ очищення коренеплодів очисними мітлами і виведення аналітичних залежностей для визначення конструктивних параметрів.

**Результати досліджень.** Нами спроектована навісна коренезбиральна машина для фермерських господарств, яка показана на рис.1.

Для роботи дана машина навішується на трактори тягового класу 1,4кН за допомогою навісної системи 13 машина коренезбиральна із відрегульованими опорно- копіювальними колесами 2 на величину заглиблення підрізного ножа із під'єднаним карданним привідним валом до вала відбору потужності трактора.

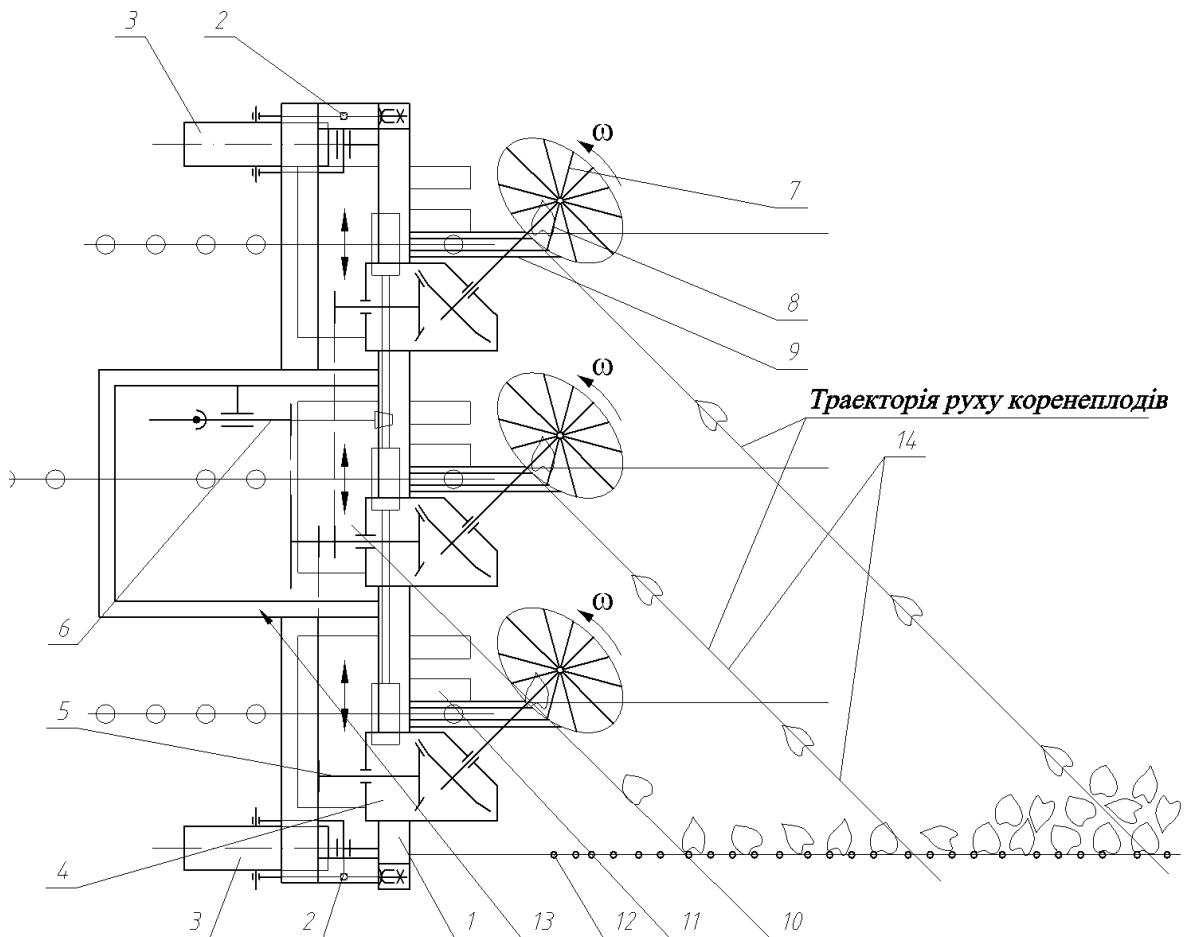


Рис.1. Навісна трьох рядна коренезбиральна машина для фермерських господарств  
 1 – рама; 2 – важелі; 3 – опорні колеса; 4 – редуктори; 5 – привідні зірочки; 6 – вал відбору потужності від трактора; 7 – сепаруючі диски; 8 – спиці; 9 – привідні вали; 10 – викопуючі леміші; 11 – сепаруючі полиці; 12 – відбивний щиток; 13 – система навіски машини на трактор; 14 – коренеплоди.

Для зменшення зусилля викопування коренеплодів 14 і покращення умов сепарації до лемешів 10 з очисними полицями 11 піддані ексцентричні ролики (на кресленні не показані), які створюють вібрації під кутом до напрямку руху машини.

Робота коренезбиральної машини здійснюється наступним чином. В процесі викопування цукрових буряків відбувається підрізання пласту ґрунту під трьома рядками викопуючими лемешами 1 на необхідній глибині, а також його розламування при переході з передньої площини ножа, яка знаходиться під кутом  $\gamma_1$  до горизонтальної площини на очисну полицю 2, яка знаходиться під кутом  $\gamma_2$  до горизонтальної площини ( $\gamma_1 > \gamma_2$ ).

Процес вибирання коренеплодів 3 з піднятого пласту ґрунту і скидання їх у валок проходить наступним чином. Крутний момент із валу відбору потужності трактора через карданну передачу передається на редуктор 8 і на привідні вали з ексцентричними роликами 10, які забезпечують коливний рух викопуючих лемешів 1, чим зменшують зусилля викопування і покращують якість сепарації.

При обертанні, сепаруючі диски 11 своїми спицями 128 подрібнюють ґрунт у пласті, який сепарується через їхні проміжки, а при контакті з коренеплодом 3 очищають їх від ґрунту і виносять з пласту, надаючи їм руху з швидкістю  $V_1$  по траєкторії в напрямку до відбивного щитка. При переміщенні коренеплодів, від взаємного тертя і зіткнення з відбивним щитком проходить очищення їх поверхні від ґрунту і укладання в рядки.

Спроекована 3-х рядна машина для збирання цукрових буряків забезпечує працездатність конструкція, яка має малу метало і енергоємність, що дозволяє використовувати її при роботі у фермерських господарствах. Якість виконання технологічного процесу відповідає технічним умовам для бурякозбиральної техніки.

Технічна характеристика машини:

- продуктивність за / годину - 0,5 га;
- робоча швидкість 4-5 км/год.;
- маса машина - 660 кг;
- агрегується з тракторами тягового класу 1,4кН.

Розглянемо загальну схему ударів коренеплодів у відбивальний щиток. Під час динамічної взаємодії переміщення коренеплоду у відбивальний щиток буде описуватись системою рівнянь [1]

$$\begin{aligned} -M_k \ddot{x}_1 - M_k g + P &= 0; \\ -m_p \ddot{x}_2 - P + cx_2 + \beta \dot{x}_2 &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $x_1$  та  $x_2$  - переміщення, відповідно, центру коренеплоду і відбивального щитка при ударі, мм;

$P$  - величина ударної контактної сили, Н.

Приведену координату відбивального щитка з метою спрощення доцільно прийняти в початковий момент удару  $x_{20} = x_{10}$ . Тоді згідно формули Герца

$$P = k(x_1 - x_2)^{3/2}. \quad (2)$$

У випадку удару в жорсткий щиток чи жорстку поверхню вальця  $\ddot{x}_2 \rightarrow 0$ . Тоді рівняння руху (1) та максимальна сила ударної взаємодії тіла з жорсткою поверхнею (нелінійна в'язко-пружна модель) згідно [1] описуються залежностями

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= -\frac{k}{m} x^{3/2}; \\ P_{\max} &= k^{2/5} \left( \frac{5}{4} m V^2 \right)^{3/5}, \end{aligned} \quad (3)$$

де  $k$  - коефіцієнт, що враховує властивості тіл взаємодії. Для взаємодії сферичної поверхні коренеплода з відбивальним щитком

$$k = \frac{4}{3} \sqrt[4]{\frac{R_k^2 r_1^p r_2^p}{(R_k + r_1^p)(R_k + r_2^p)}} \left[ \frac{1 - \mu_k^2}{E_k} + \frac{1 - \mu_p^2}{E_p} \right]^{-1}. \quad (4)$$

Із рівняння (3) обчисливши силу  $P$  можна вивести рівняння руху коренеплода

$$(M_k + m_p) \ddot{x} + M_k g + cx + \beta \dot{x} = 0, \quad (6)$$

де  $m_p$  - зведена маса частини рифу;

$c$  - зведена жорсткість прутка транспортера і коренеплоду у місці контакту.

Прийнявши  $M_k + m_p = M$  та нехтуючи силою ваги маємо

$$M \ddot{x} + \beta \dot{x} + cx = 0. \quad (7)$$

Тобто при виконанні умови  $x_1 \gg x_1 - x_2$  рівняння руху коренеплоду при ударному зближенні в першому наближенні може бути описане відомим рівнянням коливного руху (на конкретно визначеному інтервалі руху) тіла із масою  $M = M_k + m_p$ .

Із рівняння (7) визначаємо зусилля, які виникають під час удару коренеплода об відбивальний щиток за формулою

$$F_1 = cx + \beta \dot{x} = \sqrt{\frac{2Mgh}{c - \frac{\beta^2}{4M}}} [(c + \beta r) \sin \gamma + \beta \gamma \cos \gamma] e^{rt}, \quad (8)$$

де  $r = -\frac{\beta}{2M}$ ;  $\gamma = \frac{\sqrt{4Mc - \beta^2}}{2M}$ .

Перша стадія удару завершиться, коли настане умова

$$F_1 > P_p, \quad (9)$$

тобто зусилля перевищить границю пластичності. Решта енергії удару перетвориться на енергію пластичного деформування.

Аналіз залежності (8) свідчить, що сила удару зростатиме від збільшення маси тіла, висоти падіння та жорсткості відбивального щитка, що очевидно. Якщо вказана вище нерівність не виконується, це означатиме, що пластичне деформування ґрунту не відбулося і процес струшування практично не почався. Отже, подача вороху з малої висоти на м'яку поверхню не сприяє процесу очистки ґрунту за рахунок пластичного деформування. Хоча очистка за рахунок вібрації машини і очисних органів та взаємного впливу коренеплодів може мати місце.

**Висновки.** Розроблена конструкція навісної 3-х рядної коренезбиральної машини для фермерських господарств теоретично показує добрі результати. Виведені аналітичні залежності для визначення силових і конструктивних параметрів систем робочих органів машини.

#### *Інформаційні джерела*

1. Левенделла Э.Э. Вибрации в технике. Справочник в 6-ти томах. М.: Машиностроение. 1989. 420с.
2. Погорелый Л.В., Татьянаенко Н.В. Свеклоуборочные машины (Конструирование и расчет) и др. К.: Техника, 1983. 168с.
3. Погорелый Л.В., Татьянаенко Н.В., Свеклоуборочные машины: История, конструкция, прогноз. – К.: Феникс, 2004. 232 с.
4. Козіброда Я.І. Тенденції розвитку машин для збирання цукрових буряків. Тернопіль: Збруч, 1996. 91 с.
5. Мартиненко В. Я. Гичкозбиральні машини. Тернопіль: Поліграфіст, 1997. 110 с.
6. Погорілий М.Л. Технологічні і технічні аспекти вдосконалення бурякозбиральної техніки. Техніка АПК, 2000. № 1. С. 14-18.
7. Мартиненко В.Я., Фенканін В.П. Аналіз результатів дослідження зрізування гички пасивним підпружиненим ножом. Вісник ХДТУСГ. Вип. 29. «Механізація сільськогосподарського виробництва», Харків, 2004. С. 206 – 210.
8. Кушпель Р.А. Розроблення апарата для одночасного зрізування гички та очищення головок коренеплодів. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. статей. Вип. 14. Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2006. 306 с.
9. Погорелый Л.В., Брей В.В. Сравнительный анализ и тенденции развития свеклоуборочных машин. Тракторы и сельхозмашины, 1975. №10. С. 21-24.
10. Рибак Т.І., Цьонь О.П. Огляд гичковидалаючих апаратів бурякозбиральних машин та шляхи їх вдосконалення. Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка, технічні науки. Вип. 134. «Технічний сервіс машин для рослинництва». Харків, 2013, С.203-207.

**Білик С.Г., к.т.н., Диня В.І. к.т.н.**

Отделенное подразделение Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Бережанський агротехнічний інститут"

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОЧИЩЕНИЯ КОРЕНЕПЛОДОВ**

*Надежность очищения головок корнеплодов сахарной свеклы является одним из важных факторов, влияющих на выкапывание, хранение и переработку корнеплодов в сахар. Поскольку при*

*наличии остатков ботвы и повреждения корня ухудшаются условия хранения и увеличиваются затраты на транспортировку и потери сырья при хранении и переработке. Поэтому следует использовать качественную технологию очистки и рациональные машины. При определении рациональной технологии и применения устройств для очищения корней приведено описание нового технологического процесса очищения корнеплодов методом очистных метл. Разработана конструкция навесной трех рядной корнеуборочной машины для фермерских хозяйств. Выведены аналитические зависимости для определения силовых и конструктивных параметров систем рабочих органов машины.*

**Ключевые слова:** сахарная свекла, корнеплод, ботва, надежность, очищение, повреждение.

**S. Biluk Ph. D., V. Dynia Ph. D.**

Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine Berezghany Agrotechnical institute

### **ENSURING THE RELIABILITY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF ROOT CLEANING**

*The reliability of cleaning the heads of sugar beet roots is one of the important factors influencing the digging, storage and processing of roots into sugar. Because in the presence of remnants of the bud and root damage, storage conditions deteriorate and increase the cost of transportation and loss of raw materials during storage and processing. Therefore, high-quality cleaning technology and efficient machines should be used. In determining the rational technology and application of devices for cleaning roots, a description of a new technological process of cleaning roots by cleaning brooms is given. The design of a mounted three-row root harvester for farms has been developed. Analytical dependences for determination of power and constructive parameters of systems of working bodies of the car are deduced.*

**Key words:** sugar beet, root crop, bud, reliability, cleaning, damage.