

УДК 631.356.2

Максим Гадайчук

Вінницький національний агротехнічний університет, Україна

КОМБІНОВАНИЙ КОПАЧ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ

Анотація. Коренеплоди цикорію – важлива технічна культура агропромислової та переробної галузі України. Зниження виробництва коренеплодів є наслідком відсутності ефективної збиральної техніки, робочі органи якої не задовольняють необхідні показники якості викопування – втрати та пошкодження коренеплодів перевищують встановлені агротехнічні вимоги до процесу роботи коренезбиральних машин. Для підвищення показників якості нами запропоновано удосконалений комбінований копач коренеплодів цикорію, застосування якого дозволить зменшити втрати та пошкодження коренеплодів. Основними робочими органами комбінованого копача є односторонній сферичний диск, який встановлено відносно осі рядка коренеплодів під кутом атаки та розміщений за ним розрихлювач. Глибина ходу розрихлювача, який виконано підпружиненим більше глибини ходу сферичного диска. Ключові слова: коренеплоди цикорію, копач, сферичний диск, розрихлювач, пружина.

Maksym Hadaichuk

COMBINED CHICORY ROOT CROP DIGGERS

Abstract. Chicory roots are an important technical crop of the agro-industrial and processing industry of Ukraine. The decrease in the production of root crops is a consequence of the lack of effective harvesting equipment, the working bodies of which do not meet the necessary indicators of the quality of digging - the loss and damage of root crops exceed the established agrotechnical requirements for the operation of root harvesting machines. To improve quality indicators, we have proposed an improved combined chicory root digger, the use of which will reduce losses and damage to root crops. The main working organs of the combined digger are a one-sided spherical disk, which is installed relative to the axis of the row of root crops at an angle of attack, and a loosener is placed behind it. The stroke depth of the loosener, which is made spring-loaded, is greater than the stroke depth of the spherical disk. Keywords: chicory roots, digger, spherical disc, loosener, spring.

Цикорій кореневий – цінна лікарська, харчова, технічна та кормова культура, виробництво якої є провідною та традиційною провідною галуззю агропромислового комплексу України [1]. Існуючі технічні засоби збирання коренеплодів цикорію кореневого, а саме підкопування коренеплодів підіймачами СНУ-3С з наступним ручним їх витягуванням з ґрунту, очищення від налиплого ґрунту та гички, складання коренеплодів у валки з наступним підбиранням валка навантажувачами не забезпечує річної окупності затрат праці на збирання цикорію, які становлять у середньому 90...150 люд.год/га, або близько 50 % всіх затрат праці. Це суттєво впливає на техніко-економічні показники виробництва цикорію [2].

Механізоване роздільне збирання застарілими комплексами бурякозбиральних машин призводить до значних втрат коренів цикорію, які становлять 45...60 (%) і незадовільних показників якості очищення коренеплодів від домішок (12...18 %) залежно від типу ґрунту та кліматичних умов [3].

Для доробки сировини до необхідної кондиції для її переробки застосовують ручну працю, а від показників якості виконання технологічного процесу викопування коренеплодів в значній мірі залежать техніко-експлуатаційні та в кінцевому результаті економічні показники виробництва даної продукції рослинництва.

Використання існуючих технічних засобів, призначених для збирання коренеплодів цикорію та застосування ручної праці на окремих технологічних операціях збирання коренеплодів, що характерно для колективних і фермерських господарств, значно збільшує використання енергоресурсів та суттєво знижує рентабельність умов господарювання.

Недоліками відомих пристроїв, які призначені для механізованого викопування коренеплодів цикорію, є значні пошкодження та втрати коренеплодів під час їх викопування внаслідок зламу підземної хвостової частини за рахунок неналежної глибини ходу робочих органів [4].

Розробка та обґрунтування параметрів робочих органів, перш за все для викопування коренеплодів з мінімальними втратами цикорію призведе до зростання економічних та техніко-експлуатаційних показників і значного підвищення ефективності виробництва продукції в цілому.

Для підвищення технологічної ефективності процесу збирання коренеплодів цикорію нами запропоновано технічний засіб для викопування коренеплодів (рис. 1), який дозволить підвищити повноту викопування коренеплодів і зменшити їх пошкодження за рахунок інтенсифікації процесу руйнування навколоплідного середовища та виникнення додаткових динамічних ефектів, які забезпечують збільшення сили виштовхування коренеплодів з ґрунту.

Комбінований робочий орган для викопування коренеплодів цикорію складається з одностороннього сферичного диска 2, який відносно рядка коренеплодів розташований під певним кутом. Диск вільно посаджений на вісь 3 обертання диска, яку змонтовано в стояку (на рис. 1 не показано), жорстко закріпленому на рамі 9 копача. Також на стояку змонтовано кронштейн 5.

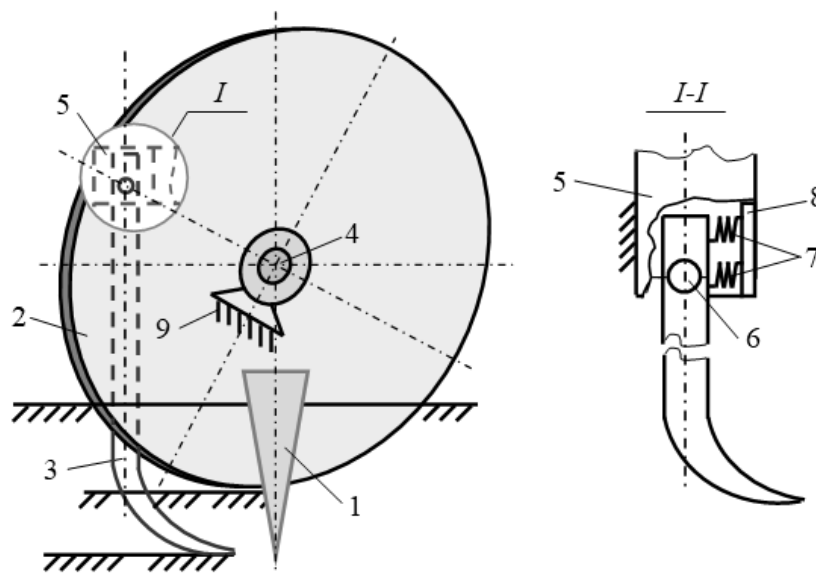


Рисунок 1. Конструктивна схема комбінованого копача: 1 – коренеплід; 2 – сферичний диск; 3 – розрихлювач; 4 – вісь обертання диска; 5 – кронштейн кріплення розрихлювача; 6 – вісь повороту розрихлювача; 7 – пружина; 8 – упорна пластина; 9 – рама

Кронштейн 5 має можливість переміщувати вздовж стояка та фіксуватися на ньому за допомогою фіксуючих пари болт-гайка. У кронштейні встановлено вісь 6, на яку посаджено розрихлювач 3. За допомогою пружин 7, які одним кінцем зв'язані з розрихлювачем, а другим кінцем упираються в упорну пластину 8, стояк розрихлювача виконаний підпружиненим.

Під час руху комбінованого копача по рядкам коренеплодів цикорію, розрихлювач 3 та сферичний диск 2 руйнують навколоплідне ґрунтове середовище та зв'язки залягання коренеплоду в ньому за рахунок обертання сферичного диска з кутовою швидкістю $\omega_\delta = d\vartheta_\delta / dt$ та руху розрихлювача (тобто диска) з поступальною швидкістю ϑ_δ . При цьому відбувається таке явище (процес), як переміщення викопаного ґрунтового шару по сферичній поверхні диска та, відповідно, його подальше переміщення на наступні робочі органи коренезбиральної машини.

Дослідження цього процесу є важливою науковою задачею в плані забезпечення мінімізації подачі ґрунтових домішок сферичним диском на наступні робочі органи коренезбиральної машини під час викопування ним коренеплодів цикорію.

Мінімізація подачі ґрунтових домішок може досягатися шляхом дослідження динамічних процесів, які виникають під час руху копача по рядкам коренеплодів і, відповідно, розробки математичної моделі, яка описує взаємозв'язок технологічних і конструктивно-кінематичних параметрів процесу переміщення копача в ґрунтовому середовищі.

Процес переміщення викопаного ґрунтового шару по сферичній поверхні під час викопування коренеплодів цикорію сферичним диском розглянемо згідно складеної схеми, яку наведено на рис. 2.

Основними параметрами сферичного диска є: діаметр сфери D_c , м; радіус диска R_δ , м; глибина ходу диска h_δ , м; кут атаки диска α , град.; кут нахилу диска до горизонту ε , град.

При розгляді процесу переміщення ґрунтового шару по сферичній поверхні диска під час викопування коренеплодів цикорію доцільно вибрану систему координат $Oxyz$ розташовувати так, щоб вся система координат $Oxyz$ переміщувалася одночасно з сферичним диском з постійною швидкістю руху ϑ_δ (швидкість руху диска, м/с) відносно поверхні ґрунту, а викопаний ґрунт падав на сферичний диск з постійною швидкістю $\vartheta = const$, м/с.

Для забезпечення умови $\vartheta = const$ за початок відліку системи координат $Oxyz$ приймаємо точку O , або точку яка співпадає з центром сфери. Вісь Ox направимо в глибину ґрунту перпендикулярно його поверхні. Вісь Oy спрямуємо так, щоб радіус-вектор центра диска E , або осі обертання диска належав площині xOy . Вісь Oz направимо перпендикулярно осі Ox та осі Oy , або перпендикулярно площині рис. 2.

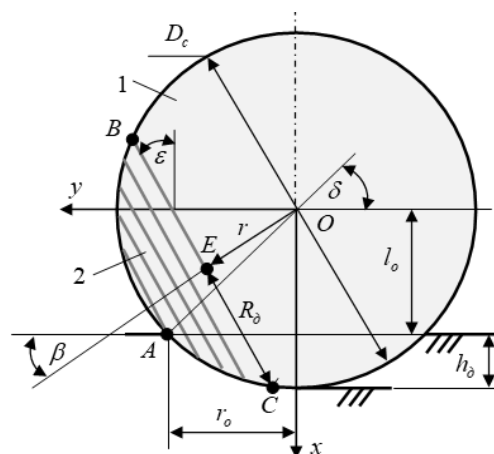


Рисунок 2. Схема для розрахунку динамічної взаємодії сферичного диска з шаром ґрунту: 1 – сфера; 2 – сферичний диск

Крім того, на схемі рис. 2 позначено: $r = 2\sqrt{R_c^2 - 4R_o^2}$ – відстань до центра диска від центра сфери, або модуль вектора $|\vec{r}|$, м; l_o – відстань від центра O сфери 1 до поверхні ґрунту, м; r_o – радіус кривини точки дотику A поверхні ґрунту та диска, $r_o = 2\sqrt{R_c^2 - 4l_o^2}$, м; δ – кут між радіусом-вектором точки дотику B диска до поверхні ґрунту (в площині xOy) та віссю Oy , рад.: $\sin \delta = 2l_o / D_c$; $\cos \delta = 2r_o / D_c$; β – кут нахилу осі диска, або вектора \vec{r} відносно осі Oy , град.

При цьому: $h_o = R_o \cos \beta + r \sin \beta - l_o$; вектор швидкості \vec{g} має компоненти $\vec{g}_x = 0$, $\vec{g}_y = \vec{g}_n \sin \alpha$, $\vec{g}_z = -\vec{g}_n \cos \alpha$, м/с.

Масу ґрунту m_z , який падає на диск визначається за відомою формулою $m_z = \rho_z V_z$, де ρ_z – питома маса (щільність) ґрунту, кг/м³; V_z – об'єм ґрунту, який падає на диск, м³. Об'єм ґрунту V_z , який падає на диск можна визначити, врахувавши при цьому площу диска S_o на яку падає ґрунт та одиничний вектор \vec{n} , який визначає миттєве значення товщини шару ґрунту, який падає на диск, або $V_z = \int_{S_o} n dS_o$.

Тоді середня сила реакції N_o буде визначатися за формулою

$$N_o = - \int_{S_o} \rho_g \vec{g}_n (\vec{g} \times \vec{n}) n dS_o, \quad (1)$$

де \vec{n} – одиничний вектор, який направлений у точку контакту (падіння) шару ґрунту на диск.

Рішення інтегрального виразу (1) відносно осей системи координат $Oxyz$ матиме вигляд

$$\left. \begin{aligned} N_{xo} &= -2\rho_z \vec{g}_n^2 R_o^2 \theta_1 \sin \alpha; \\ N_{yo} &= -\rho_z \vec{g}_n^2 R_o^2 (\theta_o + \theta_2) \sin \alpha; \\ N_{zo} &= -\rho_z \vec{g}_n^2 R_o^2 (\theta_o - \theta_2) \cos \alpha \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де N_{xo} , N_{yo} , N_{zo} – середня сила реакції диска на падаючий шар ґрунту, яка діє, відповідно по осі Ox , Oy , Oz , Н.

Таким чином, застосування розрихлювача дозволяє підвищити технологічну надійність процесу викопування коренеплодів, що призводить до зменшення зламу підземної хвостової частини коренеплодів, або зменшення пошкодження та втрат коренеплодів.

Перелік посилань

1. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник; за ред. Д. Г. Войтюка / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.

2. Барановський В. М. Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів. Механізація сільськогосподарського виробництва. 2008. Т. 1. С. 111–120.

3. Baranovsky V., Truhanska O. Pankiv M., Bandura V. Research of a contact impact of a root crop with a screw auger. Research in Agricultural Engineering, 2020. Vol. 66. No 1. P. 33–42.

4. Baranovsky V. M., Skalsky O. J., Pankiv M. R., Pastushenko A. S. Chicory root crops combined harvester. INMATEH – Agricultural Engineering. Vol. 53. No 3. P. 41–50.