

**DOI 10.26886/2414-634X.1(37)2020.3****UDC 631.361****INVESTIGATION OF THE PROCESS OF INTERACTION  
BETWEEN ROOT AND AUGER SCREW****S. Marinenko, PhD of Technical Sciences,****O. Hurik, PhD of Technical Sciences,****O. Korol**

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine, Ternopil

*Increasing the technological efficiency of root harvesting machines by developing and substantiating new technological processes for the operation of root crop heap cleaning systems is an urgent task. The purpose of the study is to develop theoretical mathematical models of the functioning of the working bodies of treatment systems. Mathematical models of the resulting velocity and the angle of reflection of the root crop from the surface of the auger screw, which is mounted above the working branch of the feed conveyor, were obtained.*

*Key words: feed conveyor, auger, coil, resultant speed of co-striker, angle of reflection of root crop.*

*кандидат технічних наук Мариненко С. Ю.; кандидат технічних наук Гурик О. Я.; Король О. І. Дослідження процесу взаємодії коренеплоду з витком шнека / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна, Тернопіль*

*Підвищення технологічної ефективності коренезбиральних машин шляхом розробки та обґрунтування нових технологічних процесів роботи очисних систем вороху коренеплодів є актуальною задачею. Метою дослідження є розробка теоретичних математичних моделей функціонування робочих органів очисних систем. Отримано математичні моделі результуючої швидкості та*

*кут відбивання коренеплоду від поверхні витка шнека, який встановлено над робочою гілкою подавального транспортера.*

*Ключові слова: подавальний транспортер, шнек, виток, результуюча швидкість співудару, кут відбивання коренеплоду.*

**Постановка проблеми.** Україна належить до аграрних держав Європи та світу, які мають необхідні потужності для виробництва стратегічних продуктів харчування рослинного та тваринного походження. Вітчизняне машинобудування потребує розробки та цілеспрямованого впровадження в сільське господарство удосконалених коренезбиральних машин, функціональні та експлуатаційні показники яких би відповідали рівню найкращих світових аналогів [1, с. 69-71].

Якість і надійність роботи існуючих очисників не задовольняє встановлені показники згідно з агротехнічними вимогами до коренезбиральних машин – при урожайності коренеплодів 250 ц/га і більше з поля вивозиться близько 3 % родючого шару ґрунту, який, як правило, вже не відвозиться назад у поле, або при цьому необхідні додаткові експлуатаційні затрати [2, с. 77-78; 3, 147]. У сухий період збирання цукрових і кормових буряків кількість ґрунту, вивезеного з поля разом із коренеплодами, збільшується в 5...10 разів [4, с. 22; 5, с. 114].

При збільшенні абсолютної вологості ґрунту до 22...28 % якість роботи коренезбиральних машин погіршується в 2...6 рази, а на сухих твердих ґрунтах (абсолютна вологість 6...12 %) спостерігається значне, до 20...40 % забруднення коренеплодів грудками землі [6, с. 20; 7, с. 58] та підвищення пошкодження коренеплодів (до 40 %) [8, с. 165; 9, с. 35].

Одним з шляхів підвищення показників якості технологічного процесу збирання коренеплодів, яке являє собою комплексну науково-

технічну задачу, є пошук нових конструктивних схем очисних робочих органів і створених на їх базі удосконалених очисних систем вороху коренеплодів.

**Формулювання мети статті та задач.** Мета дослідження – розробка математичної моделі, яка функціонально описує взаємодію коренеплоду з витком шнека, що дозволяє обґрунтувати раціональні параметри робочих органів очисної системи вороху коренеплодів.

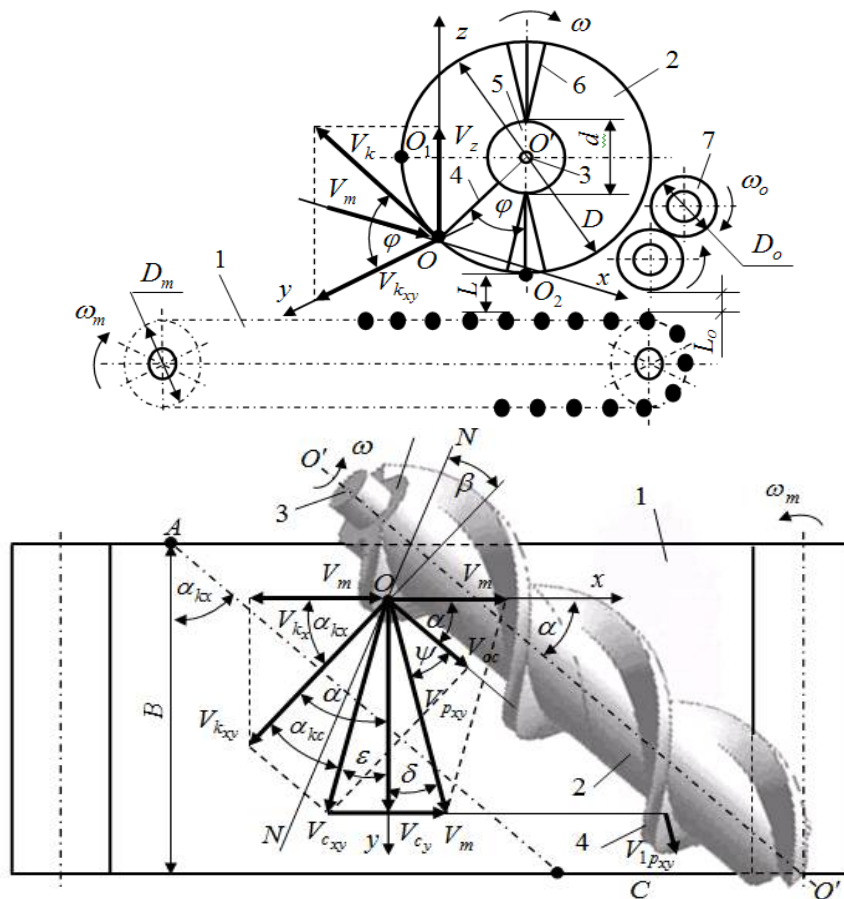
Аналіз відомих праць [2, с. 79-80; 3, с. 68-75; 4, с. 25-27; 9, с. 34-35] показав, що в них розкрито загальні аспекти процесу переміщення коренеплодів до витка шнека, який встановлено перпендикулярно руху подавального транспортера. Зважаючи на конструктивні особливості запропонованої очисної системи [2, с. 80; 6, с. 19; 9, с. 34-35] це питання потребує додаткових досліджень.

**Викладення основного матеріалу статті.** Ефективність відокремлення домішок від коренеплодів, або показники якості роботи очисної системи (ступінь відокремлення вільного та налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів, вільних рослинних домішок і зв'язаної гички на головках коренеплодів кормових буряків) [5, с. 115-117] значно залежить від встановлених значень основних конструктивно-кінематичних параметрів і режимів роботи робочих органів очисної системи: подавального транспортера 1 (рис. 1), шнека 2 з пружними очисними елементами 6 та пари відминальних вальців 7.

Ворох коренеплодів з швидкістю руху  $V_m$  подавального транспортера 1, (рис. 1, рис. 2) надходить до шнека 2, який обертається зустрічно напрямку транспортера з кутовою швидкістю  $\omega$ . Коренеплід, з початковою швидкістю  $V_m$ , після контакту з витком 4 шнека у точці  $O$ , відбивається від витка з результуючою швидкістю  $V_p$  та рухається у напрямку її вектора під кутом відбивання  $\psi$ , який характеризує умову забезпечення мінімальних пошкоджень

коренеплодів і задовільної технологічної ефективності роботи очисної системи [10, с. 211-213].

Значення кута відбивання коренеплодів  $\psi$ , або напрямок руху коренеплоду після його контакту з витком шнека визначається за формулою  $\psi = \pi/2 - (\alpha + \delta)$ , де  $\psi$  – кут відбивання коренеплодів, рад;  $\alpha$  – кут встановлення шнека відносно напрямку подачі вороху коренеплодів, рад;  $\delta$  – кут між напрямками проекції  $\vec{V}_{p_{xy}}$  вектора  $\vec{V}_p$  на горизонтальну площину  $xOy$  та осі  $Oy$ , рад.



**Рис. 1. Схема для розрахунку параметрів очисної системи:**  
**1 – транспортер; 2 – шнек; 3, 4, 5 – вісь обертання, виток, барабан шнека; 6 – пружні очисні елементи; 7 – відминальні вальці**

Згідно з рис. 1 і рис. 2 маємо:

$$\cos \delta = V_{c_y} / V_{p_{xy}}; \delta = \arccos(\vec{V}_{c_y} / \vec{V}_{p_{xy}}); V_{c_y} = V_{c_{xy}} \cos[\alpha - \arccos(V_{k_{xy}} / V_{c_{xy}})]; \quad (1)$$

$$\delta = \arccos(V_{c_{xy}} \cos[\alpha - \arccos(V_{k_{xy}} / V_{c_{xy}})] / V_{p_{xy}}), \quad (2)$$

де  $V_{c_y}$  – проекція сумарної швидкості шнека  $V_{c_{xy}}$  на вісь  $Oy$ , м/с;  $V_{p_{xy}}$  – проекція результуючої швидкості  $V_p$  взаємодії коренеплоду з витком шнека на площину  $xOy$ , м/с;  $V_{c_{xy}}$  – проекція сумарної швидкості шнека  $V_c$  на площину  $xOy$ , м/с;  $V_{k_{xy}}$  – проекція колової швидкості шнека  $V_k$  на площину  $xOy$ , м/с.

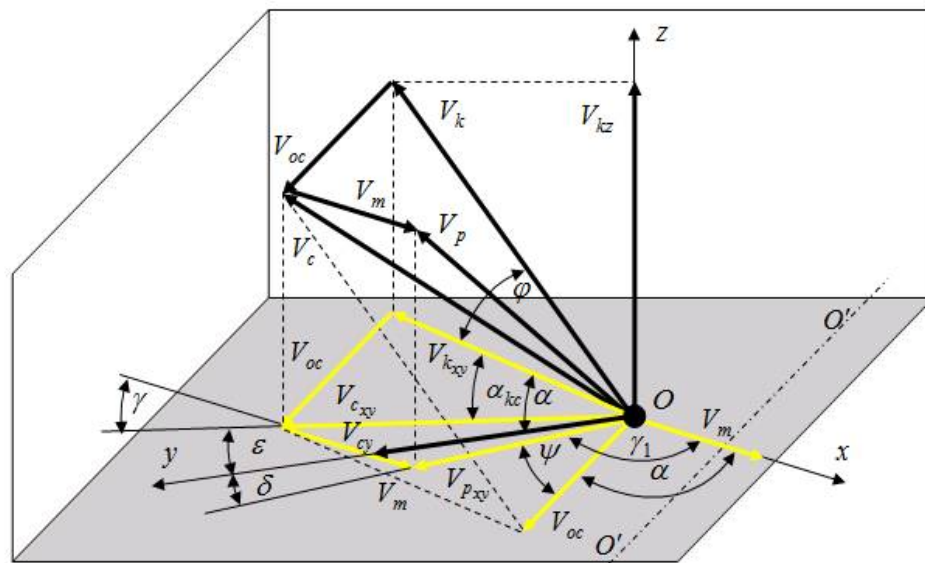


Рис. 2. План швидкостей косою співудару коренеплоду з витком шнека

Тоді з врахуванням залежності (2) кут  $\psi$  визначається за формулою  $\psi = \pi / 2 - \alpha - \arccos(V_{c_y} / V_{p_{xy}})$ , або

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \alpha - \arccos \frac{V_{c_{xy}} \cos \left( \alpha - \arccos \frac{V_{k_{xy}}}{V_{c_{xy}}} \right)}{V_{p_{xy}}}. \quad (3)$$

Згідно з планом швидкостей косою співудару коренеплоду з витком шнека (рис. 1, рис. 2) значення результуючої швидкості руху коренеплоду  $V_{p_{xy}}$  в площині  $xOy$  визначається за формулою:

$$V_{p_{xy}} = \sqrt{V_{c_{xy}}^2 + V_m^2 - 2V_{c_{xy}} V_m \cos \gamma} = \sqrt{V_c^2 \cos^2 \varphi + V_m^2 - 2V_c \cos \varphi V_m \cos \gamma} = \\ = \sqrt{V_k^2 \cos^2 \varphi + V_{oc}^2 + V_m^2 - 2V_m \cos \gamma \sqrt{V_k^2 \cos^2 \varphi + V_{oc}^2}} \quad , \quad (4)$$

де  $V_{c_{xy}}$  – проекція вектора сумарної швидкості шнека  $V_c$  на площину  $xOy$ ;  $V_m$  – швидкість руху транспортера;  $V_c$  – сумарна швидкість шнека;  $\varphi$  – кут повороту витка шнека за час  $t$ , рад;  $V_k$  – колова швидкість шнека;  $V_{oc}$  – швидкість переміщення коренеплоду відносно поздовжньої осі  $O'O'$  обертання шнека;  $V_{k_{xy}}$  – проекція вектора колової швидкості шнека  $V_k$  на площину  $xOy$ .

Складові залежності (4) визначаються [11, с. 18-19]:

$$V_k = 0,5\omega D = 0,5D \frac{d\varphi}{dt}; \quad V_m = 0,5\omega_m D_m = 0,5D_m \frac{d\varphi_m}{dt}; \quad (5)$$

$$V_{oc} = V_o k_V = T n k_V = T \frac{\omega}{2\pi} k_V = \frac{T}{2\pi} k_V \frac{d\varphi}{dt} = 0,5D k_V \operatorname{tg} \beta \frac{d\varphi}{dt} = 0,5D k_V \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi_k}{2} \right) \frac{d\varphi}{dt}, \quad (6)$$

де  $\omega$ ,  $\omega_m$  – кутова швидкість витка шнека та приводного вала транспортера, рад/с;  $D$ ,  $D_m$  – зовнішній діаметр шнека та діаметр барабана приводного вала транспортера, м;  $V_o$  – теоретична швидкість переміщення витків шнека відносно поздовжньої осі  $O'O'$  його обертання, м/с;  $\varphi_m$  – кут повороту барабана приводного вала транспортера, рад.;  $k_V$  – коефіцієнт, який враховує зниження швидкості  $V_{oc}$  відносно  $V_o$ ;  $T$  – крок гвинтової лінії витків шнека, м;  $n$  – частота обертання шнека, об/хв;  $\beta = 45^\circ - 0,5\varphi_k$  – кут підйому гвинтової лінії витків шнека, град, де  $\varphi_k$  – кут тертя коренеплоду з матеріалом поверхні витка шнека, град [11, с. 20].

Підставивши значення (5), (6) у залежність (4) та після перетворення і спрощення виразу отримано скалярне значення результуючої швидкості руху коренеплоду  $V_{p_{xy}}$  в площині  $xOy$ :

$$V_{p_{xy}} = 0,5 \sqrt{D^2 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 \theta + D_m \frac{d\varphi_m}{dt} \left(D_m \frac{d\varphi_m}{dt} - D \frac{d\varphi}{dt} \sqrt{\theta}\right) \times \sin\left(\alpha - \arccos \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\theta}}\right)} \quad (7)$$

де складова  $\theta$  залежності 97) позначена як  $\theta = \cos^2 \varphi + k_V^2 \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_k}{2}\right)$ .

Таким чином кут відбивання коренеплодів  $\psi$  або залежність зміни  $\psi$  від параметрів очисної системи з врахуванням залежностей (3) і (7) та після перетворення і спрощення виразу, визначається за формулою

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \alpha - \arccos \frac{D \frac{d\varphi}{dt} \sqrt{\theta} \cos\left(\alpha - \arccos \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\theta}}\right)}{\sqrt{D^2 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 \theta + D_m \frac{d\varphi_m}{dt} \left(D_m \frac{d\varphi_m}{dt} - D \frac{d\varphi}{dt} \sqrt{\theta}\right) \times \sin\left(\alpha - \arccos \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\theta}}\right)}} \quad (8)$$

або

$$\text{tg} \varphi = \frac{D \frac{d\varphi}{dt} \cos\left(\alpha - \arccos \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\theta}}\right)}{\sqrt{\left(D^2 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 + \frac{V_m^2}{\theta} - \frac{DV_m}{\sqrt{\theta}} \frac{d\varphi}{dt}\right) \sin\left(\alpha - \arccos \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\theta}}\right)}} - \alpha \quad (9)$$

Одержані залежності (8), (9) є детермінованими математичними моделями, які характеризують зміну кута відбивання коренеплодів  $\psi$  залежно від конструктивно-кінематичних параметрів очисної системи, або напрямку переміщення (руху) коренеплодів після його контакту з витком шнека.

**Висновки.** Раціональний режим роботи очисної системи буде за умови, коли кут відбивання коренеплодів  $\psi = 0$ , тобто коли коренеплоди після контактної взаємодії з витком шнека рухаються вздовж осі обертання шнека.

**Література:**



1. Барановський, В. М. (2006). *Основні етапи та загальні принципи сучасних тенденції розвитку коренезбиральних машин*. Вісник ТНТУ, 11 (2), 67-75.
2. Барановський, В. М., Дубчак, Н. А., Паньків, М. Р. (2007). *Аналіз процесу роботи доочисних пристроїв коренезбиральних машин*. Вісник ТДТУ, 12 (1), 76-81.
3. Погорелый, Л. В., Татьянако, М. В. (2004). *Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз*. К: Феникс, 232.
4. Барановський, В. М. (2013). *Транспортно-технологічні системи очисних робочих органів адаптованої коренезбиральної машини*. Сільськогосподарські машини, 24, 18–29.
5. Барановський, В. М. (2008). *Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів*. Механізація сільськогосподарського виробництва, 1, 111-120.
6. Барановський, В. М. (2005). *Конструктивно-технологічні принципи адаптизації транспортно-очисного комбінованого робочого органа коренезбиральних машин*. Сільськогосподарські машини, 13, 18–24.
7. Гурченко, О. П., Барановський, В. М. (1995). *Результати випробування модернізованої коренезбиральної машини МКК-6*. Механізація та електрифікація сільського господарства, 81, 57–60.
8. Барановський, В. М., Войтюк, Д. Г., Виговський, А. Ю. (2003). *Прогнозування кількості ґрунту на поверхні тіла коренеплоду*. MOTRO'L 03", IV, 6, 164–172.
9. Барановський, В. М., Паньків, М. Р., Дубчак, Н. А. (2007). *Очисна система вороху коренеплодів*. Механізація сільськогосподарського виробництва, 1, 59, 33–36.
10. Барановський, В. М., Соломка, В. О., Онищенко, В. Б. (2001). *Вибір параметрів при конструюванні гвинтового конвеєра*.



Вісник ХДТУСГ, 8 (2), 209-215.

11. Hevko, R. B., Baranovsky, V. M., Dzyura, V. O., Klendii, O. M., Klendii, M. B., Romanovsky, R. M. (2018). Justification of rational parameters of a pneumoconveyor screw feeder. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 54, 1/2018, 15–24.

**References:**

1. Baranovsky, V. M. (2006). *Osnovni etapy ta zahalni pryntsyypy suchasnykh tendentsii rozvytku korenezbyralnykh mashyn [The basic stages and general principles of the current trend of development of root machines]*. *Visnyk TNTU [Bulletin of TNTU]*, 11 (2), 67–75 [in Ukrainian].
2. Baranovsky, V. M., Dubchak, N. A., Pankiv, M. R. (2007). *Analiz protsesu roboty doochysnykh prystroiv korenezbyralnykh mashyn [Analysis of the process of operation of the cleaning devices of root harvesting machines]*. *Visnyk TDTU [Bulletin of TNTU]*, 12 (1), 76–81 [in Ukrainian].
3. Pogorely, L.V., Tatyanko M.V. (2004). *Sveklouborochnyye mashyny: istoriya, konstrukcija, teoriya, prognoz [Beet harvesting machines: history, design, theory, forecast]*. K: Fenik [K: Phoenix], 232 [in Russian].
4. Baranovsky, V. M. (2013). *Transportno-tekhnologichni systemy ochysnykh robochykh orhaniv adaptovanoi korenezbyralnoi mashyny [Transport-technological systems of cleaning working bodies of the adapted root harvesting machine]*. *Silskohospodarski mashyny [Agricultural machinery]*, 24, 18–29 [in Ukrainian].
5. Baranovsky, V. M. (2008). *Rezultaty teoretychno-eksperymentalnykh doslidzhen sekundnoi podachi vorokhu koreneplodiv [The results of theoretical and experimental studies of the second feeding of a heap of roots]*. *Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva*

- [Mechanization of agricultural production], 1, 111–120 [in Ukrainian].
6. Baranovsky, V. M. (2005). *Konstruktivno-tehnologichni pryntsypy adaptyzatsii transportno-ochysnoho kombinovanoho robochoho orhana korenezbyralnykh mashyn. Silskohospodarski mashyny [Structural and technological principles of adaptation of the transport-cleaning combined working body of the root machines]. Silskohospodarski mashyny [Agricultural machinery], 13, 18–24 [in Ukrainian].*
  7. Gurchenko, O. P., Baranovsky, V. M. (1995). Rezultaty vyprobuvannia modernizovanoi korenezbyralnoi mashyny MKK-6 [Test results of the modernized MKK-6 root harvesting machine]. Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva [Mechanization and electrification of agriculture], 81, 57–60 [in Ukrainian].
  8. Baranovsky, V. M., Voityuk, D. G., Vygovsky, A. Yu (2003). Prohnozuvannia kilkosti hruntu na poverkhni tila koreneplodiv [Predicting the amount of soil on the root surface of root crops]. MOTRO'L 03", IV, 6, 164–172 [in Ukrainian].
  9. Baranovsky, V. M., Pankiv, M. R., Dubchak, N. A. (2007). *Ochysna systema vorokhu koreneplodiv [Purification system of heap of root crops]. Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva [Mechanization of agricultural production], 1, 59, 33–36 [in Ukrainian].*
  10. Baranovsky, V. M., Solomka, V. O., Onyshchenko, V. B. (2001). *Vybir parametriv pry konstruiuvanni hvyntovoho konveiera [Choice of parameters when designing a screw conveyor]. Visnyk KhDTUSH [CDTUSG Herald], 8 (2), 209–215 [in Ukrainian].*
  11. Hevko, R. B., Baranovsky, V. M., Dzyura, V. O., Klendii, O. M., Klendii, M. B., Romanovsky, R. M. (2018). Justification of rational parameters of a pneumoconveyor screw feeder. INMATEH – Agricultural Engineering, 54, 1/2018, 15–24 [in English].

Citation: S. Marinenko, O. Hurik, O. Korol (2020). INVESTIGATION OF THE PROCESS OF INTERACTION BETWEEN ROOT AND AUGER SCREW. Innovative Solutions in Modern Science. 1(37). doi: 10.26886/2414-634X.1(37)2020.3

---

Copyright: S. Marinenko, O. Hurik, O. Korol ©. 2020. This is an openaccess article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.