

УДК 631.356

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ КОРЕНЕПЛОДУ СТОЛОВИХ БУРЯКІВ ПО ПОВЕРХНІ СПІРАЛЬНОГО СЕПАРАТОРА ВОРОХУ

В. В. МАРТИНЮК, аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Актуальною проблемою в технологічному процесі виробництва столових буряків є очищення коренеплодів від налиплого ґрунту, ґрунтових домішок і рослинних залишків після їх викопування з ґрунту. Найбільш відповідним очищувачем коренеплодів столового буряка від зазначених домішок може бути спіральний сепаратор.

З цією метою нами розроблена нова конструкція спірального сепаратора коренеплодів столового буряка, який має суттєві переваги в порівнянні з сепараторами.

Для дослідження руху коренеплоду столових буряків вздовж робочих органів (спіральних пружин) згаданого сепаратора складено диференціальні рівняння. Слід зазначити, що найбільш поширеною формою коренеплоду столового буряка є кругла, тобто у вигляді кулі або трохи сплюсненого уздовж вертикальної осі еліпсоїда. Тому в математичній моделі розглянуто рух коренеплоду кулястої форми.

Розглянуто один із найімовірніших варіантів розташування коренеплоду у робочому руслі спірального сепаратора. Це випадок, коли коренеплід столових буряків розташований на нижній спіралі 1, причому його нижня частина знаходиться між двома сусідніми витками зазначеної спіралі,

контактуючи таким чином з її поверхнею в двох точках K_1 і K_2 (рис. 1). Обертання спіралі 1 змушує коренеплід переміщатися у згаданому робочому руслі в поздовжньому осьовому напрямку до сходу з цієї спіралі. Як показано на еквівалентній схемі, у кожній точці контакту K_1 і K_2 діють нормальні реакції \bar{N}_1 і \bar{N}_2 відповідно. Нормальні реакції \bar{N}_1 і \bar{N}_2 спрямовані за нормальними до поверхні відповідних витків у точках контакту K_1 і K_2 . Напрямок дії нормальних реакцій формують витки спіралі, геометричні властивості яких описуються рівняннями гвинтової лінії зазначеної спіралі. У центрі мас коренеплоду (точка C) прикладена його сила тяжіння \bar{G} , яка спрямована вертикально донизу. Крім вже згаданих сил, на еквівалентній схемі показані сили тертя \bar{F}_1 і \bar{F}_2 прикладені у відповідних точках контакту K_1 і K_2 . Ці сили виникають при прослизанні витків спіралі 1 поверхнею коренеплоду. Вони спрямовані у бік обертання спіралі дотичних до поверхні витків у точках їх контакту з поверхнею коренеплоду. Крім цього, для забезпечення руху коренеплоду в напрямку поздовжньої осі спіралі діє рушійна сила \bar{F}_T , прикладена в точці контакту K_1 . Ця сила спрямована паралельно поздовжній осі спіралі у бік переміщення коренеплоду робочому руслі.

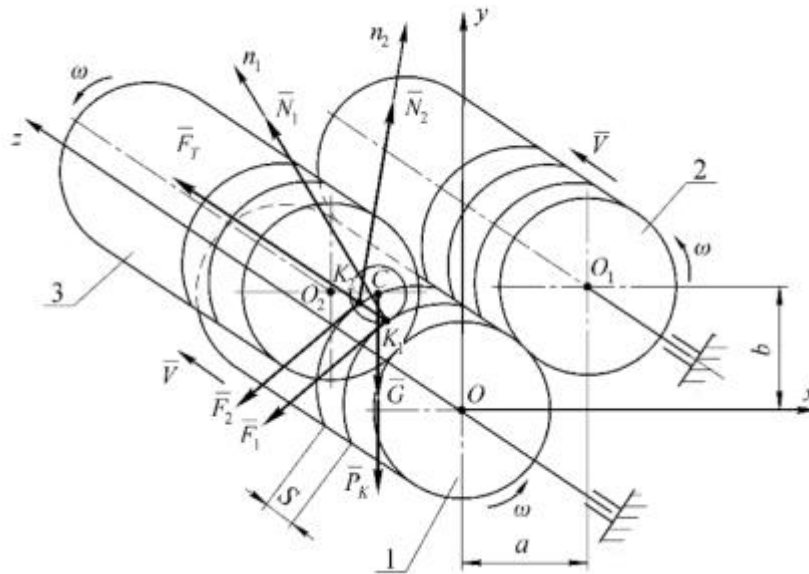


Рис. 1. Еквівалентна схема взаємодії коренеплоду столових буряків з витками очищувальних спіралей сепаратора

На еквівалентній схемі також показана сила \bar{P}_K активної дії подається на спіральний сепаратор вороху з коренеплодами, яка призводить до згину спіралей і, внаслідок свого змінного значення через зміну маси вороха, викликає поперечні коливання спіралей. Вона спрямована вертикально донизу.

Враховуючи схему сил, показану на еквівалентній схемі, з використанням основного закону динаміки матеріальної точки, запишемо рівняння руху коренеплоду столового буряка у векторній формі:

$$m \cdot \bar{a} = \bar{G} + \bar{N}_1 + \bar{N}_2 + \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_T + \bar{P}_K, \quad (1)$$

де \bar{a} – прискорення руху коренеплоду столового буряка вздовж робочого русла під впливом зазначених схемою сил.

Запишемо векторне рівняння (1) у проєкціях на осі Декартової системи координат $xOyz$:

$$\left. \begin{aligned} m \cdot \ddot{x} &= N_1 \cdot \cos(x, \wedge \bar{n}_1) + N_2 \cdot \cos(x, \wedge \bar{n}_2) - \\ &- F_1 \cdot \cos(x, \wedge \bar{V}_1) - F_2 \cdot \cos(x, \wedge \bar{V}_2), \\ m \cdot \ddot{y} &= N_1 \cdot \cos(y, \wedge \bar{n}_1) + N_2 \cdot \cos(y, \wedge \bar{n}_2) - \\ &- F_1 \cdot \cos(y, \wedge \bar{V}_1) - F_2 \cdot \cos(y, \wedge \bar{V}_2) - G - P_K, \\ m \cdot \ddot{z} &= N_1 \cdot \cos(z, \wedge \bar{n}_1) + N_2 \cdot \cos(z, \wedge \bar{n}_2) - \\ &- F_1 \cdot \cos(z, \wedge \bar{V}_1) - F_2 \cdot \cos(z, \wedge \bar{V}_2) + F_T, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де \bar{n}_1 і \bar{n}_2 – нормалі до поверхні витків спіралі у точках контакту K_1 та K_2 відповідно; \bar{V}_1 і \bar{V}_2 – вектора швидкості відносного переміщення коренеплоду столового буряка вздовж витків спіралі в точках контакту K_1 і K_2 , які спрямовані по дотичній до поверхні витка у бік, протилежну окружній швидкості витка в точках контакту K_1 і K_2 відповідно.

Після низки підстановок та перетворень отримуємо наступну систему диференціальних рівнянь у параметричному вигляді:

$$\left. \begin{aligned} m \cdot \ddot{x} &= (N_1 + N_2) \cdot (L \cdot \sin \omega t + M \cdot \cos \omega t \cdot \sin 2\omega t) \times \\ &\times \left(\sqrt{L^2 + (2ML + M^2) \cdot \sin^2 2\omega t + Q^2 \cos^2 2\omega t} \right)^{-1} - \\ &- (F_1 + F_2) \cdot \frac{2\pi R \cdot \sin \omega t}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + S^2}}, \\ m \cdot \ddot{y} &= (N_1 + N_2) \cdot (L \cdot \cos \omega t + M \cdot \sin \omega t \cdot \sin 2\omega t) \times \\ &\times \left(\sqrt{L^2 + (2ML + M^2) \cdot \sin^2 2\omega t + Q^2 \cos^2 2\omega t} \right)^{-1} + \\ &+ (F_1 + F_2) \cdot \frac{2\pi R \cdot \cos \omega t}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + S^2}} - mg - P_K, \\ m \cdot \ddot{z} &= (N_1 - N_2) \cdot Q \cos 2\omega t \times \\ &\times \left(\sqrt{L^2 + (2ML + M^2) \cdot \sin^2 2\omega t + Q^2 \cos^2 2\omega t} \right)^{-1} - \\ &- (F_1 + F_2) \cdot \frac{S}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + S^2}} + F_T. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Система диференціальних рівнянь (3) є системою диференціальних рівнянь руху коренеплоду столового буряка під дією витків спіралей, що обертаються, вздовж робочого русла, утвореного консольними спіральними

пружинами, де відбувається очищення коренеплоду від ґрунтових домішок і рослинних залишків.

В результаті дворазового інтегрування системи (3) з урахуванням початкових умов можна отримати закони переміщення коренеплоду столових буряків вздовж робочого русла спірального сепаратора, як функцій часу t і значень параметрів.

Розроблена математична модель дасть змогу провести чисельне моделювання з використанням ПК, тобто машинний експеримент, в результаті якого буде всебічно вивчено аналізований процес та теоретично визначено раціональні конструктивні та кінематичні параметри сепаратора з урахуванням неущкодження коренеплодів столових буряків у процесі їх очищення.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
118-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***20-21 лютого 2025 року
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



PROCEEDINGS

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated
to the 118th anniversary of the birth of
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice President of the UAAS
KRAMAROV
Volodymyr Savovych
(1906-1987)*

«KRAMAROV'S READINGS»

*February 20-21, 2025
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;
Тонха О. Л. – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Ружило З. В. – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Мельник В. І. – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;

Члени організаційного комітету:

- Автухов А. К.** – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
Адамчук В. В. – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;
Альмейда А. – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);
Аулін В. В. – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;
Арак М. – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);
Банний О. О. – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
Бєлоєв Х. – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);
Борак К. В. – заступник директора ЖАТФК;
Братішко В. В. – декан МТФ НУБіП України;
Будяй О. В. – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;
Булгаков В. М. – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;
Василенко М. О. – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;
Васильковський О. М. – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;
Войтюк Д. Г. – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;
Герук С. М. – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;
Джеонг Ілля – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);
Домейка Р. – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);
Захарчук О. В. – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;
Іванишин В. В. – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;
Ковалишин С. Й. – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;
Коренко М. – професор Інституту проектування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

Тін Ю Чен - голова китайського офісу філії університету в Лінї (Китайська Народна Республіка);

Фіндура П. – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

Шарибура А. О. – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

Яковенко І. А. – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.