

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ імені ДМИТРА МОТОРНОГО

ПРАЦІ

Таврійського державного
агротехнологічного
університету



Випуск 19. Том 3



Мелітополь – 2019 р.

Міністерство освіти і науки України



ПРАЦІ

**Таврійського державного
агротехнологічного університету**

Випуск 19, том 3

Наукове фахове видання

Технічні науки

Мелітополь – 2019 р.

УДК 631.3**Т 13**

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ ім. Д. Моторного, 2019. – Вип. 19, т. 3. – 338 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ ім. Д. Моторного,
Протокол №2 від 24.09.2019 року

У збірнику наукових праць опубліковано матеріали за результатами досліджень у галузі галузевого машинобудування, електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, харчових технологій, а також комп'ютерних та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, eLibrary, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського.

Редакційна колегія праць ТДАТУ ім. Д. Моторного:

Головний редактор

Кюрчев В. М. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф.
(Україна)

Заступник головного редактора

Надикто В. Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф.
(Україна)

Відповідальний секретар

Діордієв В. Т. – д.т.н., проф. (Україна)

Технічний секретар

Кашкар'єв А. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Beloev Hristo – д.т.н., проф. (Болгарія)

Ivanovs Semjons – PhD (Latvia)

Jose Italo Cortez - PhD (Mexico)

Нукешев Саяхат – д.т.н., проф. (Казахстан)

Прищепов М. А. – д.т.н., доц. (Білорусь)

Постолатій В. М. – д.х.т.н. (Молдова)

Шингисов А. У. – д.т.н., проф. (Казахстан)

Волошина А. А. – д.т.н., проф. (Україна)

Гнатушенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Гумен О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Дейніченко Г. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Дідур В. А. – д.т.н., проф. (Україна)

Євлаш В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Караєв О. Г. – д.т.н., с.н.с. (Україна)

Кузнецов М. П. – д.т.н., с.н.с. (Україна)

Леженкін О. М. – д.т.н. проф. (Україна)

Лисиченко М. Л. – д.т.н., проф. (Україна)

Малкіна В. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Мілько Д. О. – д.т.н., в.о. проф. (Україна)

Назаренко І. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Паламарчук І. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Панченко А. І. – д.т.н., проф. (Україна)

Пилипенко Л. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Погребняк А. В. – д.т.н., доц. (Україна)

Пріс О. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Сердюк М. Є. – д.т.н., доц. (Україна)

Соболь О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Тарасенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Шоман О. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Гавриленко Є. А. – к.т.н., доц. (Україна)

Квітка С. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Лендел Т. І. – к.т.н. (Україна)

Лясковська С. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Самойчук К. О. – д.т.н., доц. (Україна)

Сидоренко О. С. – к.т.н., доц. (Україна)

Скляр О. Г. – к.т.н., проф. (Україна)

Строкань О. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Мацулевич О. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Холодняк Ю. В. – к.т.н. (Україна)

Яковлев В. Ф. – к.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний за випуск – д.т.н., проф. Леженкін О. М.

Адреса редакції: ТДАТУ ім. Д. Моторного

пр. Б. Хмельницького 18,

м. Мелітополь Запорізька обл.

72312 Україна

ISSN 2078-0877

© Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Д. Моторного, 2019

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ РУХУ ШАРУ ҐРУНТУ ПО КРИВОЛІНІЙНІЙ РОБОЧІЙ ПОВЕРХНІ РОЗПУШУВАЧА

Леженкін О. М., д. т. н.,

Серій І. О., інж.,

Коломієць С. М., к. т. н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет
ім. Д. Моторного*

Рубцов М. О., к. т. н.

*Мелітопольський державний педагогічний університет
ім. Б. Хмельницького*

тел. (098) 89-00-313

Анотація – стаття присвячена теоретичним дослідженням додаткових елементів ґрунтообробного робочого органу, а саме аналізу руху шару ґрунту по робочій поверхні нерухомих розпушувачів.

Розглянуто рух невільної матеріальної точки по криволінійній поверхні, визначені сила тертя та сила нормальної реакції. Складено розрахункову схему сил діючих на частку ґрунту при її русі по криволінійній робочій поверхні та за допомогою рівнянь Лагранжа для невільної матеріальної точки отримана система диференційних рівнянь. Розв'язання цієї системи дає можливість визначити тяговий опір.

Ключові слова – плоскоріз, розпушувач, рух ґрунту, диференційні рівняння, сили, рівняння зв'язку, невільний рух, тяговий опір.

Постановка проблеми. Останнім часом в Україні при вирощуванні сільськогосподарських культур має місце тенденція до збільшення частки безполицевого обробітку ґрунту в порівнянні з оранкою. При цьому, одним із ефективних знарядь для обробітку ґрунту в умовах Півдня України виступає культиватор-плоскоріз. Але для забезпечення необхідної за агротехнічними вимогами якості кришення ґрунту останнім на всій глибині орного шару використовують додаткові робочі органи. Вони або суттєво ускладнюють конструкцію існуючих робочих органів, або підвищують питомі енерговитрати на подолання машинно-тракторними агрегатами (МТА) тягового опору зазначених знарядь до

¹ Леженкін О. М., Серій І. О., Коломієць С. М., Рубцов М. О.

рівня орних МГА. Тому існує народногосподарська проблема зниження питомих енерговитрат на подолання тягового опору ґрунтообробних МГА.

У зв'язку з вищевикладеним виникає задача розробки робочого органу з нерухомими додатковими елементами – розпушувачами.

Аналіз останніх досліджень. Нині можна з впевненістю констатувати факт існування великої кількості теоретичних досліджень плоскорізальних робочих органів, включаючи дослідницькі роботи, наукові публікації та дисертації, присвячені цій тематиці [1-13]. На підставі аналізу теоретичних досліджень визначені напрями, в яких йде вдосконалення плоскорізальних робочих органів (рис. 1).

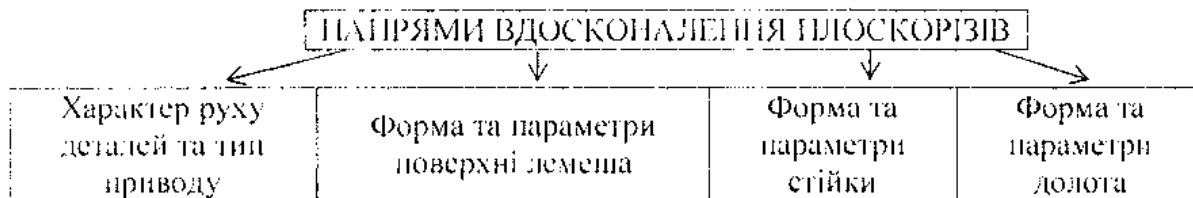


Рис. 1. Напрями вдосконалення плоскорізів

Варто відзначити, що найбільший вплив на показники використання плоскорізальних робочих органів має саме форма та параметри поверхні лемеша, цей факт підтверджує й те, що більшість досліджень лежать саме в цій площині.

Але, якщо розглянути теоретичні дослідження, то рух шару ґрунту по криволінійній поверхні розпушувача розглянутий не в достатньому обсязі, а саме це питання є основним при обґрунтуванні параметрів розпушувачів.

Формулювання цілей статті. Побудувати математичну модель руху ґрунту по криволінійній поверхні розпушувача, розв'язок якої дає можливість теоретично визначити тяговий опір ґрунтообробного знаряддя.

Основна частина. Досліджуваній робочий орган з розпушувачами має криволінійну поверхню, тому для теоретичного аналізу використовуємо рівняння Лагранжа I роду для невільного руху матеріальної точки. У загальному вигляді воно має наступний математичний вираз [14]

$$\begin{cases} m \frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx} + N_x + F_x^{\text{тер}} \\ m \frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky} + N_y + F_y^{\text{тер}} \end{cases} \quad (1)$$

де m – маса шару ґрунту, кг;

x, y – закон переміщення шару ґрунту вздовж рухомої системи координат XOY ;

N_x, N_y - проєкції нормальної реакції на осі X та Y, Н;

$F_x^{\text{тер}}, F_y^{\text{тер}}$ - проєкції сили тертя на осі X та Y, Н.

Складемо розрахункову схему сил діючих на частку ґрунту при її русі по криволінійній робочій поверхні (рис. 2).

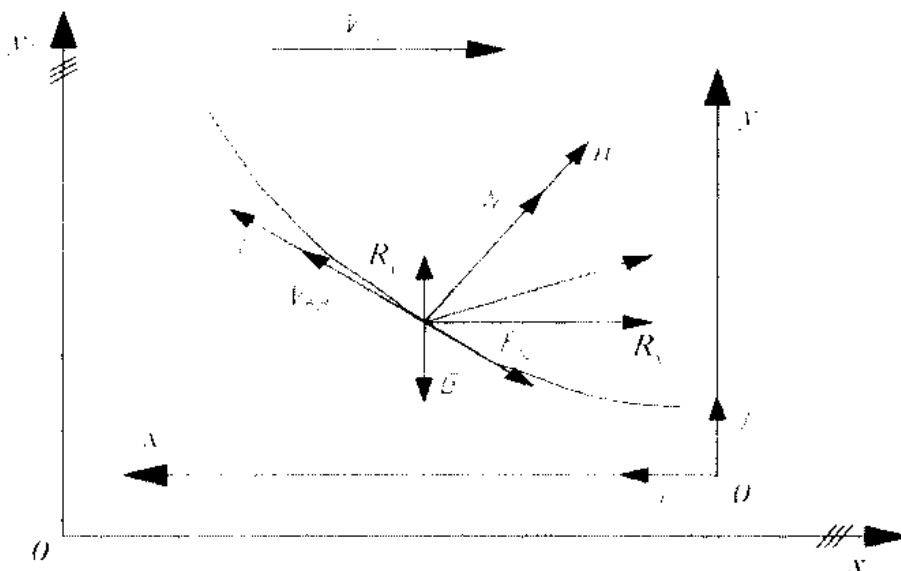


Рис. 2. Схема сил діючих на частку ґрунту при її русі по криволінійній робочій поверхні розпушувача

Визначимо проєкції нормальної реакції та проєкції сили тертя, підставивши їх у рівняння (1).

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{2N \cdot k_i x}{\sqrt{4k_i^2 x^2 + 4V_{\text{пер}}^4}} - \frac{N \cdot f}{\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}} \cdot \frac{dx}{dt}, \quad (2)$$

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{2N \cdot V_{\text{пер}}^2}{\sqrt{4k_i^2 x^2 + 4V_{\text{пер}}^4}} - \frac{N \cdot f}{\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}} \cdot \frac{dy}{dt}$$

$V_{\text{пер}}$ - переносна швидкість, тобто швидкість руху агрегату, м/с;

f - коефіцієнт тертя;

k_i - інтенсивність впливу, м/с².

Приєднавши до двох отриманих рівнянь зв'язку отримаємо систему з трьох рівнянь:

$$\begin{cases} m \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{2N \cdot k_i x}{\sqrt{4k_i^2 x^2 + 4V_{\text{пер}}^4}} - \frac{N \cdot f}{\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}} \cdot \frac{dx}{dt} \\ m \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{2N \cdot V_{\text{пер}}^2}{\sqrt{4k_i^2 x^2 + 4V_{\text{пер}}^4}} - \frac{N \cdot f}{\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}} \cdot \frac{dy}{dt} \\ 2V_{\text{пер}}^2 - k_i x^2 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

З практичної точки зору основним параметром, який входить до цих рівнянь є нормальна реакція, яку можна визначити після

розв'язання рівнянь (3). В загальному вигляді її можна записати наступним чином:

$$N = \frac{-m}{\sqrt{x^2+a^2}} \cdot \left(C_1 \frac{e^{-\mu \arctg \frac{x}{a}}}{\sqrt{x^2+a^2}} \right)^2 \quad (4)$$

де a – умовне позначення, $a = \frac{v_{\text{пер}}^2}{k_1}$, м;

C_1 – постійна інтегрування, м²/с.

Після визначення постійної інтегрування рівняння (4) приймає вигляд:

$$N = \frac{-0,3}{\sqrt{x^2+a^2}} \cdot \left(0,002 \cdot \frac{e^{-0,3 \arctg \frac{x}{a}}}{\sqrt{x^2+a^2}} \right)^2 \quad (5)$$

Отримавши значення N маємо змогу розрахувати значення сили тертя $F_{\text{тер}}$ та тяговий опір P :

$$F_{\text{тер}} = f \cdot N, \quad (6)$$

$$\bar{P} = \bar{N} + \bar{F}_{\text{тер}}. \quad (7)$$

Висновки. Розроблена математична модель руху частки ґрунту по криволінійній поверхні розпушувача у вигляді системи диференціальних рівнянь, розв'язання якої дає можливість визначити тяговий опір.

Література:

1. *Кушнарєв А. С., Артёмов Н. П.* Биосферные основы повышения продуктивности земледелия // *Инженерия природокористування*. 2015. № 1 (3). С. 16-22.

2. *Панов И. М., Ветюхин В. И.* Физические основы механики почв. Киев: Феникс, 2008. 266 с.

3. *Медведев В. В., Лактионова Т. И.* Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины. Харьков, 2007. 396 с.

4. *Корабельский В., Кравчук В., Павлюккая В.* Техническое обоснование и использование в экологической почвообработке поверхностей законеременного воздействия // *Техника АПК*. 2001. № 7-8. С. 24-26.

5. *Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В. І. Кравчука. М. І. Грицишина, С. М. Ковалю.* Київ: Аграрна наука, 2004. 396 с.

6. *Токушев Ж. Е.* Теория и расчет орудий для глубокого рыхления плотных почв. Москва: Инфра-М, 2003. 300 с.

7. *Бабицкий Л. Ф., Соболевский И. В.* Бионическое обоснование конструкции упругих рабочих органов культиватора-плоскореза //

Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. Симферополь, 2016. № 6 (169). С. 50-59.

8. Попов И. В. Разработка и обоснование параметров машины для плоскорезной обработки почвы с одновременным разуплотнением полпахотного слоя: автореф. дис... канд. техн. наук. Оренбург, 1996. 22 с.

9. Путрин А. С. Основы проектирования рабочих органов для рыхления почв, находящихся за пределами физически спелого состояния: дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01. Оренбург, 2003. 460 с.

10. Лура А. Н. Совершенствование конструкции рабочего органа плоскореза-глубокорыхлителя: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Оренбург, 2012. 25 с.

11. Токушев Ж. Е. Теория и расчет орудий для глубокого рыхления плотных почв. Москва, 2003. 132 с.

12. Зозуля В. В., Мартыненко А. В., Лукин А. Н. Механика сплошной среды. Харьков, 2003. 600 с.

13. Seryy I. O. The background basic soil tillage by creating deformation stretching, bending and shear // Концептуальні шляхи розвитку науки: матеріали II-ї Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 14-15 квітня 2017). Київ, 2017. Ч. 1. С. 75-76.

14. Воронков И. М. Курс теоретической механики. Москва: Наука, 1965. 596 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ СЛОЯ ПОЧВЫ ПО КРИВОЛИНЕЙНОЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЫХЛИТЕЛЯ

А. Н. Леженкин, И. А. Серый, С. М. Коломиец, Н. А. Рубцов

Аннотация – одним из основных эффективных орудий для обработки почвы в условиях Украины – есть культиватор плоскорез. Для обеспечения необходимой по агротехническим требованиям качества крошения почвы предлагается устанавливать дополнительные элементы – разрыхлители. Однако в теоретическом плане эти элементы не изучены в полной мере. Поэтому данная статья посвящена теоретическим исследованиям дополнительных элементов почвообрабатывающего рабочего органа, а именно анализу движения слоя почвы по рабочей поверхности неподвижных разрыхлителей.

Для теоретического анализа рассмотрено движение несвободной материальной точки по криволинейной рабочей поверхности рыхлителя.

THEORETICAL ANALYSIS OF MOVEMENT OF THE SOIL LAYER ON THE CURVED WORKING SURFACE OF THE CREATOR

O. Lezhenkin, I. Seryy, S. Kolomiyets, M. Rubtsov

Summary

Additional working bodies are used by the latter throughout the depth of the arable layer to ensure the quality of soil cover required by the agrotechnical requirements.

One of the main effective tools for tillage in Ukraine is a flat-cutter cultivator. In order to ensure the quality of crumbling of the soil required by the agrotechnical requirements, it is proposed to install additional elements – baking powder.

The purpose of the following studies is to construct a mathematical model of the motion of a soil particle along a curved surface of a baking powder, the solution of which allows to theoretically determine the traction resistance of a tillage tool.

However, in theoretical terms, these elements are not fully understood. Therefore, this article is devoted to theoretical studies of additional elements of the soil cultivating working body, namely the analysis of the movement of the soil layer on the working surface of stationary baking powder.

For theoretical analysis, the motion of a non-free material point along the curved working surface of the cultivator is considered. At the first stage of research, the forces acting on the soil layer taken as a material point were identified, on the basis of which a calculation scheme was compiled.

Then, using the Lagrange equations for a non-free material point, a system of differential equations is obtained. The solution of this system makes it possible to determine the normal reaction, which allows you to calculate traction resistance.

The researches made it possible to draw the following conclusions: a mathematical model of the motion of a particle of the soil along the curved surface of the baking powder was developed in the form of a system of differential equations, the solution of which makes it possible to determine the traction resistance.

Зміст

	стор.
<i>Г.А.ІУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ</i>	
<i>Кюрчев В. М., Сербій С. К.</i> Експериментальні дослідження механічного висівного апарату.....	3
• <i>Леженкін О. М., Головльов В. А., Михайленко О. Ю., Рубцов М. О.</i> Математична модель руху часточки обчисаного вороху зернових у повітряному потоці.....	14
• <i>Головльов В. А., Леженкін О. М., Вершков О. О., Рубцов М. О.</i> Методика аналітичного визначення швидкості руху часточки обчисаного вороху.....	22
<i>Михайлов Є. В., Задоєна Н. О., Афанасьєв О. О.</i> Теоретичний аналіз процесу псевдозрідження зернового вороху.....	29
<i>Михайлов Є. В., Волік Б. А., Теслик Г. В., Коновий А. В.</i> Методика обґрунтування конструктивної схеми стріччастої лани на основі біологічного прототипу.....	37
<i>Дереза О. О., Болтянський Б. В., Дереза С. В.</i> Визначення конструктивних параметрів змішувача-кормороздавача вертикальним бункером.....	46
<i>Журавель Д. П.</i> Моделювання працездатності машино-тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі.....	57
<i>Сербій В. К., Михайленко О. Ю., Антонова Г. В., Чаплінський А. П.</i> Обґрунтування параметрів комбінованого сошника для стрічкового посіву зернових та внесення повних доз мінеральних добрив посівного комплексу.....	68
<i>Самойчук К. О., Ковальов О. О., Колодій О. С., Сірий І. О.</i> Оптимізація експериментальних параметрів та визначення експериментального значення критерію вебера струминно-щілинного гомогенізатора молока.....	78
<i>Стручаєв М. І., Пустол Ю. О., Борохов І. В.</i> Підвищення ефективності використання твердопаливних топків.....	86
<i>Пеньов О. В., Черкун В. В., Мирненко Ю. П.</i> Підвищення довговічності та надійності роботи роликів розкатонок.....	92
<i>Єременко О. І., Зубок Т. О., Лук'янець В. О.</i> Результати досліджень процесу брикетування соломистих матеріалів ударним пресом.....	98
<i>Карасєв О. Г., Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І.</i> Термодинамічна модель отримання добрив з тріски зрізаних гілок плодівних дерев.....	105
• <i>Леженкін О. М., Сірий І. О., Коломісць С. М., Рубцов М. О.</i> Теоретичний аналіз руху шару ґрунту по криволінійній робочій поверхні розпушувача.....	115

- *Меженкін О. М., Чаплишський А. П., Науменко М. М., Гурідова В. О.* Дослідження руху компостної суміші в циліндричному решеті..... 121

*ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА*

- Гатько С. В.* Використання когенераційних фотоелектричних модулів для зарядки акумуляторів електромобілів..... 130
- Квітка С. О., Вовк О. Ю., Стребков О. А., Волошина А. А.* Енергозберігаючі режими роботи асинхронних електродвигунів при змінному навантаженні..... 142
- Дідур В. В., Дідур В. А., Назаренко І. П.* Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів електрофлотатійної установки для очищення пресової ріцинової олії..... 151
- Гулевський В. Б., Постол Ю. О., Яценко В. В.* Удосконалення конструкції електромагнітного відстійника для очищення технічних рідин від механічних домішок..... 163
- Тиховод С. М., Афанасьєва І. О., Романіченко Г. Н., Козлов В. В.* Планирование эксперимента для выбора оптимальных значений параметров асинхронного двигателя..... 169
- Броварець О. О.* Методика розрахунку питомої електропровідності агробіологічного ґрунтового середовища стаціонарним контактним методом робочих електродів інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу..... 176

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Данченко О. О., Здоровцева Л. М., Данченко М. М., Майборода Д. О., Коляденко В. В., Федорко А. С., Гапоненко Т. М.* Вплив екстракту вівса посівного на псування гарбуза при зберіганні..... 194
- Федорова Д. В.* Кулінарні вироби з використанням риборослинних напівфабрикатів..... 201
- Товма Л. Ф., Морозов І. Є., Євлаш В. В., Штриголь С. Ю.* Обґрунтування інгредієнтного складу та розробка технології продукту спеціального споживання батончиків «Vitabar»..... 212
- Кравченко М. Ф., Рибчук Л. А.* Оптимізація хімічного складу марципанових паст..... 233
- Бандура І. І., Кулик А. С., Гапріндашвілі Н. А., Макогон С. В.* Аналіз морфологічних характеристик гливи легеневої штаму *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. 2314 ІВК як складових якості грибною сировини..... 241

<i>Кулик А. С., Банюра І. І., Булаков І. В., Макогон С. В., Загорко Н. П.</i> Розробка рецептури пресервів на основі бичка азоровського та гливи звичайної.....	251
<i>Григоренко О. В.</i> Розширення асортименту та поліпшення якості хлібобулочних виробів з тритикале.....	262
<i>Жукова В. Ф., Гапріндашвілі Н. А., Сухаренко О. І., Коляєнко В. В.</i> Вплив антиоксидантної обробки плодів на збереженість якості гетерозисних сортів томата з генами уповільненого досягання.....	268

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Miguel Hurtado Madrid, Gregorio Trinidad Garcia, Jose I. Cortez, Jose Luis Ameca, Fernanda Merlo Simoni, Cesar Antonio Aguilar Rodríguez, Hanna Aliksieieva, Natalya Sosnytska.</i> Analysis of the efficiency of data compression in a three-dimensional scanning system using the rle algorithm.....	276
<i>Єремсєв В. С., Наумук О. В., Брянцев О. А., Печерський Р. В.</i> Математична модель для вивчення впливу швидкості відкачування рідини на тиск ґрунтових вод в зоні опускних колодязів.....	289
<i>Єремсєв В. С., Прокоф'єв Є. Г., Наумук О. В., Брянцев О. А.</i> Програмне забезпечення для оптимізації процесу методом Бокса-Бенкіна у разі трифакторного експерименту з декількома вихідними параметрами.....	295
<i>Пихтєєва І. В., Антонова Г. В.</i> Алгоритм до знаходження верхньої граничної траєкторії на лемішно-відвальній поверхні..	308
<i>Пихтєєва І. В., Івженко О. В., Лубко Д. В.</i> Вирішення задачі по визначенню технологічних параметрів процесу простого обтягування.....	316
<i>Дьоміна Н. А., Морозов М. В.</i> Моделювання сферичних та циліндричних квантових точок.....	325