

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001959

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 21-05-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лінко Микола Олександрович

2. Linko Mykola O.

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 133

Назва наукової спеціальності: Галузеве машинобудування

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Галузеве машинобудування

Дата захисту: 31-05-2024

Спеціальність за освітою: Агроінженерія

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ID 5328

**Повне найменування юридичної особи:** Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 00493675

**Місцезнаходження:** вул. Сергія Єфремова, буд. 25, Дніпро, Дніпровський р-н., 49600, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 00493675

**Місцезнаходження:** вул. Сергія Єфремова, буд. 25, Дніпро, Дніпровський р-н., 49600, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 55.57.43.29, 55.63.31, 65.31, 68.39.15

**Тема дисертації:**

1. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів експандера комбікормів
2. Justification of the structural and technological parameters of the compound feed expander

**Реферат:**

1. Мета роботи полягає у підвищенні ефективності процесу приготування повнораціонних комбікормів з їх одночасним знезараженням шляхом удосконалення конструкції експандера і обґрунтування його конструктивно-технологічних параметрів. Об'єкт дослідження – технологічний процес приготування повнораціонних експандованих комбікормів та технічній засіб для його реалізації. Предмет досліджень – закономірності протікання процесу експандування повнораціонних комбікормів. Методи досліджень. Теоретичні дослідження передбачають вивчення закономірностей взаємодії робочих органів експандера комбікормів з технологічним матеріалом із використанням методів системного аналізу, теоретичної механіки, механіки суцільного середовища, інтегральних і диференціальних обчислень, чисельного моделювання в програмному пакеті Simcenter Star-CCM+. Проведення експериментальних досліджень передбачало використання стандартних та розроблених методик, застосовуючи створені фізичні моделі та

експериментальні зразки робочих органів, приладів і обладнання. Експериментальні дослідження проводились як в лабораторних, так і виробничих умовах, і включали в себе методику планування багатофакторних експериментів. Аналіз експериментальних даних проводився з використанням статистичних методів обробки даних та прикладного програмного забезпечення Wolfram Cloud. Наукова новизна одержаних результатів. Розроблено фізико-математичну модель процесу формування експандатів із комбікорму, яка зв'язує технологічні параметри процесу експандування (вологість і температура) із фізико-механічними властивостями суміші комбікормів (середній діаметр частинок суміші, модуль пружності Юнга, коефіцієнт Пуассона, робота когезії на одиницю площі). Отримано аналітичні і експериментальні залежності у вигляді рівнянь регресії другого порядку продуктивності експандера, його споживаної потужності, питомої енергоємності процесу експандування і щільності отриманих експандатів від радіусів звуження циліндра і увігнутого конуса формуючої насадки, відстані між ними, частоти обертання гвинта і вологості комбікорму. Отримали подальший розвиток фізико-математичний апарат руху твердих компонентів корму, як дискретних елементів на основі пружно-демпферної контактної моделі Герца-Міндліна, у гвинтовому каналі експандера, який покладено в основу методики чисельного моделювання процесу експандування кормів в програмному пакеті Simcenter STAR-CCM+. Практичне значення одержаних результатів. Розроблену прес-матрицю із обґрунтованими раціональними конструктивно-технологічними параметрами у складі експандера кормів ОЕЕ 30.2 (Amandus Kahl GmbH & Co. KG) було впроваджено у виробництво ТОВ НВО «Глобинський свинокомплекс». Результати науково-технічної роботи у вигляді конструкторської та технічної документації удосконаленого експандера кормів використані й впроваджені на виробництві ТОВ ВО «Восход» для виготовлення відповідного дослідного зразка. Розроблені фізико-математичні моделі і методики чисельного моделювання впроваджені в освітні компоненти ОПП «Агроінженерія» для студентів першого (бакалаврського) і другого (магістерського) освітніх рівнів вищої освіти ДДАЕУ. Обґрунтована конструктивно-технологічна схема експандера комбікормів із удосконаленою формуючою насадкою, яка відрізняється тим що складається зі звуженої області циліндра, увігнутого конуса і корончатої гайки. При переміщенні нагрітої пластифікованої маси до звуженої області формуючої насадки відбувається підвищення тиску, а після її проходження різке його зменшення. Це досягається через збільшення об'єму робочої області за рахунок форми увігнутого конуса. В результаті чого пластифікована маса розширяється і виходить через корончату гайку з формуючої насадки, утворюючи при цьому експандати. Для оцінки правильності обраних моделей і фізико-математичного апарата, проведено чисельне моделювання процесу стискання компонентів кормової суміші в циліндричній ємності під дією поршня в STAR-CCM+. Дослідження процесу стискання компонентів кормової суміші були проведені для різних їх фізико-механічних властивостей, а саме середній діаметр частинок суміші, модуль пружності Юнга, коефіцієнт Пуассона, робота когезії на одиницю площі на трьох рівнях їх фіксації. В результаті чисельного моделювання для кожної комбінації фізико-механічних властивостей отримано закономірності пружного гістерезису компонентів корму. В результаті обробки даних моделювання отримані рівняння регресії зміни площі петлі пружного гістерезису і коефіцієнта механічних втрат, висоти отриманого експандату від середнього діаметра частинок суміші, модуля пружності Юнга, коефіцієнта Пуассона і роботи когезії на одиницю.

2. The goal of the work is to enhance the efficiency of the process of preparing complete feed pellets by simultaneously disinfecting them through the improvement of the expander's design and justification of its structural and technological parameters. The object of research is the technological process of preparing full-rational expanded compound feed and the technical means for its implementation. The subject of research is the regularity of the process of expansion of complete ration compound feed. Research methods. Theoretical studies involve the examination of the interaction patterns between the working elements of the feed expander with the technological material using methods of systemic analysis, theoretical mechanics, mechanics of continuous media, integral and differential calculations, numerical modeling in the Simcenter Star-CCM+ software package. Experimental research involved the use of standard and developed techniques, employing created physical models and experimental samples of working elements, instruments, and equipment. Experimental studies were conducted in both laboratory and production conditions and included the methodology of planning multifactor

experiments. The analysis of experimental data was carried out using statistical data processing methods and the Wolfram Cloud applied software. Scientific novelty of the obtained results. A physical-mathematical model of the process of forming expandates from feed has been developed, connecting the technological parameters of the expanding process (moisture and temperature) with the physico-mechanical properties of the feed mixture (average particle diameter of the mixture, Young's modulus, Poisson's ratio, cohesion work per unit area). Analytical and experimental dependencies in the form of second-order regression equations for the productivity of the expander, its power consumption, specific energy consumption of the expanding process, and the density of the obtained expandates have been obtained. These dependencies are related to the radii of the narrowing cylinder and the concave cone of the forming attachment, the distance between them, the screw rotation frequency, and the moisture content of the feed. Further development of the physical-mathematical apparatus of the movement of solid feed components, treated as discrete elements based on the spring-damper contact model of Hertz-Mindlin, in the screw channel of the expander has been achieved. This forms the basis for the numerical modeling methodology of the feed expanding process using the Simcenter STAR-CCM+ software package. Practical significance of the obtained results. The developed press matrix with justified rational design and technological parameters within the composition of the OEE 30.2 feed expander (Amandus Kahl GmbH & Co. KG) has been implemented in the production of LLC NVO "Hlobynskiy Svyokomplex". The results of the scientific and technical work, in the form of design and technical documentation for the improved feed expander, have been implemented and utilized in the production of LLC VO "Voskhod" to manufacture a corresponding experimental sample. The developed physical-mathematical models and numerical modeling methodologies have been introduced into the educational components of the Educational and Scientific Institute "Agroengineering" for students of the first (bachelor's) and second (master's) levels of higher education at DDAEU. Justification of the design and technological scheme of the feed expander with an improved forming attachment, which differs in that it consists of a narrowed cylinder area, a concave cone, and a crown nut, has been provided. When the heated plasticized mass moves towards the narrowed area of the forming attachment, there is an increase in pressure, followed by a sharp decrease after passing through it. This is achieved by increasing the working area's volume through the shape of the concave cone. As a result, the plasticized mass expands and exits through the crown nut of the forming attachment, forming expandates. To assess the correctness of the chosen models and the physical-mathematical apparatus, numerical modeling of the compression process of feed components in a cylindrical vessel under the action of a piston was conducted in STAR-CCM+. The study of the compression process of feed components was conducted for various physico-mechanical properties, including the average particle diameter of the mixture, Young's modulus, Poisson's ratio, and cohesion work per unit area at three fixation levels. Numerical modeling resulted in hysteresis laws for the elastic components of the feed, and regression equations were obtained for the loop area change of the hysteresis and the coefficient of mechanical losses, as well as the height of the obtained expandate concerning the average particle diameter of the mixture, Young's modulus, Poisson's ratio, and cohesion work per unit area.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Раціональне природокористування

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Технологічне оновлення та розвиток агропромислового комплексу

**Підсумки дослідження:** Новий напрямок у науці і техніці

**Публікації:**

- Aliiev E., Dudin V., Kobets O., Linko M. (2023). Development of feed expander. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering. 16 (65), 2: 115–130.
- Aliiev E., Dudin V., Linko M. (2022). Physico-mathematical apparatus for numerical modelling of feed expander. Machinery & Energetics, 13 (3): 9–16.

- Алієв Е. Б., Лінко М. О. (2022). Аналіз техніко-технологічного оснащення процесів експандованого приготування кормів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 1 (116): 51–57.
- Алієв Е. Б., Лінко М. О., Алієва О. Ю. (2022). Симуляція процесу експандованого приготування кормів. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*, 5 (36), II: 176–185.
- Алієв Е. Б., Дудін В. Ю., Лінко М. О. (2023). Результати лабораторних досліджень процесу формування експандатів. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2 (109): 20–29.
- Алієв Е. Б., Лінко М. О. (2023). Обґрунтування конструктивних параметрів формуючої насадки експандера кормів. *Механіка та автоматика агропромислового виробництва*, 2 (116): 143–152.
- Алієв Е. Б., Дудін В. Ю., Лінко М. О. (2023). Результати експериментальних досліджень малогабаритного експандера кормів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*, 53: 121–130.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** пристрої; технології; методи, теорії, гіпотези

**Соціально-економічна спрямованість:** створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; збільшення обсягів виробництва; підвищення продуктивності праці; підвищення автоматизації виробничих процесів

**Охоронні документи на ОПВ:**

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

Алієв Е. Б., Дудін В. Ю., Лінко М. О. (2023). Експандер для приготування кормів. Заявка на корисну модель № u202304732. Заявл. 06.10.2023 (Здобувачу належить ідея форми насадки експандера у вигляді увігнутого конуса).

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0120U100322

## VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Алієв Ельчин Бахтияр огли
2. Elchyn B. Aliev

**Кваліфікація:** д. т. н., с.д., 05.05.11

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-4006-8803

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 00493675

**Місцезнаходження:** вул. Сергія Єфремова, буд. 25, Дніпро, Дніпровський р-н., 49600, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

## Офіційні опоненти

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дідур Володимир Володимирович
2. Volodymyr V. Didur

**Кваліфікація:** к. т. н., професор, 05.05.11

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-7584-5073

### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Уманський національний університет садівництва

**Код за ЄДРПОУ:** 00493787

**Місцезнаходження:** вул. Інститутська, буд. 1, Умань, Уманський р-н., 20301, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Самойчук Кирило Олегович
2. Kyrylo O. Samoichuk

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.18.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3423-3510

### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

**Код за ЄДРПОУ:** 00493698

**Місцезнаходження:** проспект Богдана Хмельницького, 18, Мелітополь, Мелітопольський р-н., 72312, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## Рецензенти

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Калина Вікторія Сергіївна
2. Viktoriia S. Kalyna

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.18.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3061-3313

### Додаткова інформація:

