

**REASONING OF PARAMETERS OF LOADING AND DISTRIBUTION
EQUIPMENT FOR COMBINED FEED****O. Nalobina*, O. Bundza***National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine*

AGRICULTURAL MACHINES

**ABSTRACT**

The economic efficiency and intensive development of the livestock and poultry industries largely depends on the rational organization of fodder production. High-quality fodders contribute to the increase of the livestock population, increasing its productivity, improving the quality of products, and reducing its cost price. The processes of feeding animals and poultry are greatly simplified due to the use of compound feed. The advantages of compound feed are determined by the same size, mass, shape and composition of granules. All feed for animals and birds is balanced due to the fact that they do not have the opportunity to choose tastier ingredients. Such feed is easier to transport and store. Also, the increase in the use of compound feed is explained by the relatively low price, which helps to reduce the cost of livestock products. In the process of storing compound feed in bunkers, negative phenomena such as segregation, agglomeration, and the formation of lumps are often manifested. So, a change in the structure of the material is manifested. The probability of occurrence of such phenomena increases if the loading equipment is used, which does not ensure the uniformity of the distribution of feed pellets in the storage container. If the manifestation of these negative phenomena is neglected, it will lead to the deterioration of the physiological condition of animals, and as a result to a decrease in the company's profits. On the other hand, such phenomena lead to the irrational use of bunkers for storing fodder. The design of loading and distribution equipment for compound feed is proposed in the article. The equipment is designed to solve the following tasks: eliminating segregation; increasing the productivity of the process of loading compound feed into the bunker; ensuring uniform distribution of compound feed over the volume of the container. The set tasks are solved due to sequentially installed blades and a cone-shaped fairing. A theoretical analysis of the process of interaction of granules with the design element of the equipment (fairing bars) was performed. The equations that make it possible to determine the angle of inclination of the bars to the horizon and their length are obtained.

Key words:

compound feed,
mixing granules,
granule segregation,
movement of granules,
uniform distribution
of compound feed

Article history:

Received 30.08.2022

Accepted 25.09.2022

***Corresponding author:**

o.o.nalobina@nuwm.edu.ua

DOI: 10.36910/acm.vi48.835**To cite this article:**

Nalobina, O., & Bundza, O. (2022). Reasoning of parameters of loading and distribution equipment for combined feed. *Agricultural Machines*, 48, 53-58. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.835>

УДК 631.363.7

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗПОДІЛЬЧОГО ПРИБОРУ ДЛЯ КОМБІКОРМУ**О.О. Налобіна*, О.З. Бундза***Національний університет водного господарства та природокористування,
Рівне, Україна*

AGRICULTURAL MACHINES

**АМ
СМ**

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

АНОТАЦІЯ

Економічна ефективність і інтенсивний розвиток галузей скотарства та птахівництва залежать від раціональної організації кормовиробництва. Якісні корми сприяють збільшенню поголів'я худоби, підвищенню її продуктивності, покращенню якості продукції, зниженню її собівартості. Процеси годівлі тварин і птиці значно спрощуються внаслідок використання комбікормів, які також дозволяють збалансувати раціон. Перевагами комбікорму є однаковий розмір і маса гранул, їх форма та склад. Увесь корм для тварин і птиці виходить збалансованим за рахунок того, що у них немає можливості вибрати смачніші інгредієнти. Комбікорм простіше транспортувати та зберігати. Також активне використання комбікормів пояснюється порівняно низькою їх ціною, що сприяє зменшенню собівартості тваринницької продукції. У процесі зберігання комбікормів у бункерах часто проявляються негативні явища як сегрегація, злежування, утворення грудок. Тобто відбувається зміна структури корму. Ймовірність прояву цих явищ зростає у випадку застосування завантажувального устаткування, яке не забезпечує рівномірність розподілу гранул комбікорму в місткості для зберігання. Нехтування цими явищами зумовлює погіршення фізіологічного стану тварин, і, як наслідок, спричиняє зменшення прибутків підприємства. Також ці явища зумовлюють нераціональне використання бункерів для зберігання кормів. У статті запропоновано конструкцію завантажувально-розподільчого пристрою для комбікорму. Пристрій унеможливує сегрегацію, збільшує продуктивність процесу завантаження комбікорму в бункер і забезпечує рівномірний розподіл комбікорму за об'ємом місткості. Також у статті виконано теоретичний аналіз процесу взаємодії гранул із конструктивними елементами пристрою. Отримані залежності, які дозволяють визначити кут нахилу прутків до горизонту та їхню довжину.

Ключові слова:

комбікорм,
перемішування гранул,
сегрегація гранул,
рух гранул,
рівномірний розподіл
комбікорму

Історія публікації:

Отримано 30.08.2022

Затверджено 25.09.2022

***Автор для листування:**

o.o.nalobina@nuwm.edu.ua

DOI: 10.36910/acm.vi48.835

Цитувати цю статтю:

Налобіна, О. О., & Бундза, О. З. (2022). Обґрунтування параметрів завантажувально-розподільчого пристрою для комбікорму. *Сільськогосподарські машини*, 48, 53-58. <https://doi.org/10.36910/acm.vi48.835>

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Відповідно до даних *Державної служби статистики України (2021)* у січні-серпні 2021 року в Україні вироблено корму:

- для великої рогатої худоби – 416,4 тис т, що на 2% більше, ніж у 2020 році;

- для свиней – 821,3 тис т, що на 9,3% більше, ніж у 2020 році.

Ринок виробництва комбікормів зростає щороку, що зумовлено збільшенням попиту на цю продукцію. Найбільші обсяги ринку комбікормів у Китаї – 240 млн т, США – 215,9 млн т та Бразилії – 77,6 млн т (*Hill, 2012*). Подальший розвиток галузі тваринництва можливий за умови створення потужної кормової бази, яка відповідає нормативним вимогам і забезпечує умови для зростання поголів'я худоби. Тому питання організації кормовиробництва і розроблення нових кормів актуальні та є предметом дослідження багатьох науковців (*Варламов, 1999; Грабчук, 2010; Демидась & Слюсар, 2019; Зінченко, 2005*). Завершальними операціями технології виробництва кормів (**рис. 1**) є фасування та зберігання, які впливають на якість корму. Від якості корму, в свою чергу, залежить його засвоєння тваринами, їхній стан здоров'я, величина приросту живої маси худоби тощо.

Зберігання комбікормів відбувається в бункерах, де можуть проявлятися такі негативні явища як сегрегація, злежування та утворення грудок, що спричиняють негативні зміни у структурі шару комбікорму. Згідно із дослідженнями науковців (*Варламов, 2010; Палкін, 2001*) перебіг процесу зберігання

кормів у бункерах переважно залежить від способу їх завантаження, тому подальші дослідження у цьому напрямі є актуальними.

Мета дослідження – розроблення завантажувально-розподільчого пристрою для комбікорму, що забезпечить його рівномірний розподіл у місткості для зберігання.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Завантажувально-розподільчий пристрій має забезпечувати рівномірний розподіл комбікорму в місткостях та унеможливити його сегрегацію. Важливим при розробленні пристрою є необхідність забезпечення високої продуктивності процесу завантаження, а також рівномірний розподіл маси корму за об'ємом бункеру. Обґрунтування параметрів пристрою проводили із урахуванням законів теоретичної механіки та витікання сипких матеріалів із місткостей. Форма корпусу нового пристрою обиралася із урахуванням відомої теорії бункерних устаткувань (*Горюшинский & Мосина, 2001*).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для проведення завантаження комбікорму у бункер запропоновано нову конструкцію завантажувально-розподільчого пристрою, що містить трубопровід, який прикріплено до металевого кожуха (**рис. 2**). У верхній частині кожуха для кріплення осі пристрою виконано ребра жорсткості, які містять дві плоскі ділянки трикутної форми (**рис. 2, розріз Б – Б**), що дозволяють закріпити вісь.

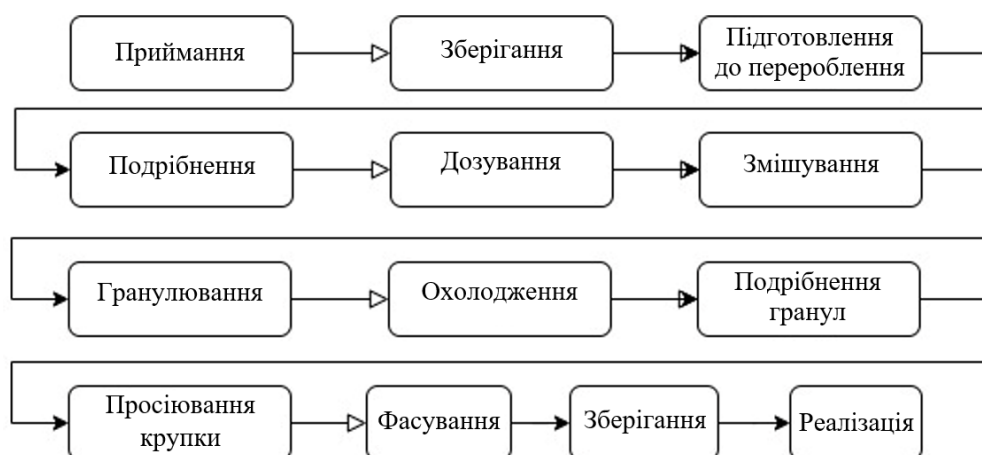


Рис. 1 – Технологія виробництва комбікормів

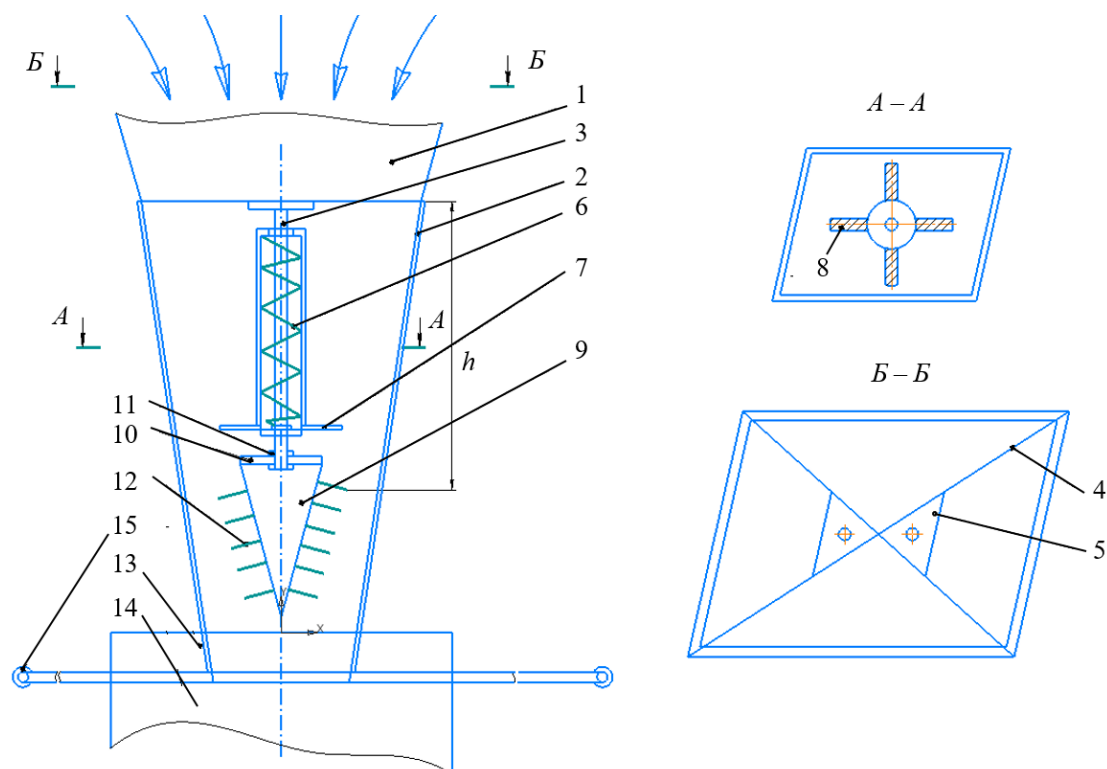


Рис. 2 – Схема завантажувально-розподільчого пристрою:

1 – трубопровід; 2 – кожух; 3 – вісь; 4 – ребра жорсткості; 5 – плоскі ділянки ребра трикутної форми; 6 – пустотілий циліндр з пружиною; 7 – лопаті; 8 – виступи; 9 – обтічник; 10 – ребра обтічника; 11 – вісь кріплення; 12 – прутки; 13 – люк; 14 – місткість для зберігання; 15 – рухома пластинка

За допомогою підшипників на осі рухомо закріплено пустотілий циліндр, що містить пружину. До циліндру приварені лопаті, які виконано з пластин, на верхній поверхні яких є виступи (рис. 2, розріз А-А). У нижній частині кожуха закріплено обтічник конусоподібної форми, що має в основі ребра. Обтічник закріплено на осі кріпленням. На зовнішній поверхні обтічника перпендикулярно до твірної конуса в шаховому порядку закріплено тонкі прутки. Люк місткості для зберігання містить всередині напрямні, в яких рухається рухома пластинка, що слугує для закриття-відкриття люка.

Під час роботи запропонованого пристрою гранули комбікорму спрямовуються з бункера у трубопровід, а далі в середину кожуха, де опиняються на лопатях. Внаслідок дії гранул лопаті розпочинають рух. Крім того, гранули зумовлюють опускання пустотілого циліндра вниз, доки він не досягне кріпильного устаткування. Одночасно із цим опускається обтічник, який обертається навколо осі та

прутками розпушує масу гранул. У випадку відведеної заслінки обтічник опускається в отвір, що утворюється в люку місткості для зберігання. Обтічник має зупинитися у положенні, яке представлено на рис. 3. На твірній конуса закріплено прутки з метою інтенсифікації перемішування гранул і покращення їх розподілення за об'ємом.

Визначимо вплив кута нахилу прутків і їхньої довжини на рух гранул комбікорму (рис. 4). Гранула падає на пруток зі швидкістю V_n , яку можна визначити із рівняння зміни кінетичної енергії:

$$V_n = (V_0^2 + 2gh)^{0,5}, \quad (1)$$

де V_n – швидкість падіння гранули, м/с; V_0 – швидкість виходу гранул комбікорму із бункера, м/с; g – прискорення вільного падіння, м/с²; h – відстань від лінії виходу гранули комбікорму із завантажувального бункера до точки її контакту із прутком пристрою, м.

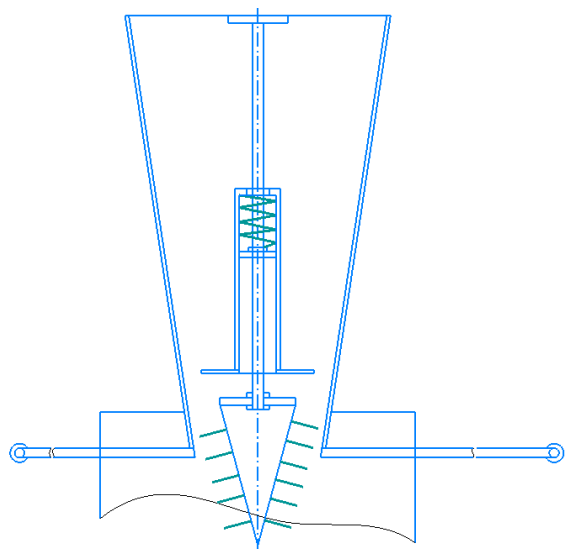


Рис. 3 – Схема завантажувально-розподільчого пристрою, що занурений в місткість для зберігання

Швидкість падіння гранули розкладемо на складові вздовж осей x та y :

$$V_x = V_n \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

$$V_y = -V_n \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

де V_x, V_y – складові швидкості падіння гранули, відповідно, вздовж осей x та y , м/с.

Лінія дії реакції прутка R , що виникає внаслідок удару гранули комбікорму по прутку, відхиляється від осі y на величину кута тертя α . Швидкість ковзання гранули визначимо з **рис. 4**:

$$\frac{V_k}{\sin(\alpha - \varphi)} = \frac{V_n}{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right)} - \frac{V_n^l}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)}. \quad (4)$$

За умови, що V_n визначається за виразом (1), отримуємо залежність для визначення швидкості ковзання:

$$V_k = (V_0^2 + 2gh)^{0.5}(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \varphi) \cos \alpha. \quad (5)$$

Аналіз залежності (5) показує, що гранули комбікорму будуть ковзати прутками за умови $\alpha \leq \varphi$. Після ковзання прутком гранула падає у вільний простір завантажувача-змішувача, причому вона може потрапити в зону, яка має ширину l (**рис. 5**):

$$l = c + a + b, \quad (6)$$

$$c = L / \cos \beta, \quad (7)$$

$$a = AA^l \cdot \cos \alpha, \quad (8)$$

$$b = V_x t, \quad (9)$$

де L – висота закріплення прутка, м; β – кут нахилу твірної конуса, град; $AA^l = l_n$ – довжина прутка, м; a – проекція прутка на вісь x , м; t – час, с.

Гранула злітає з прутка на висоті H :

$$H = V_y t + 0,5t^2. \quad (10)$$

Із рівняння (10) можна визначити час падіння t із урахуванням, що $V_y = V_k \cdot \sin \alpha$.

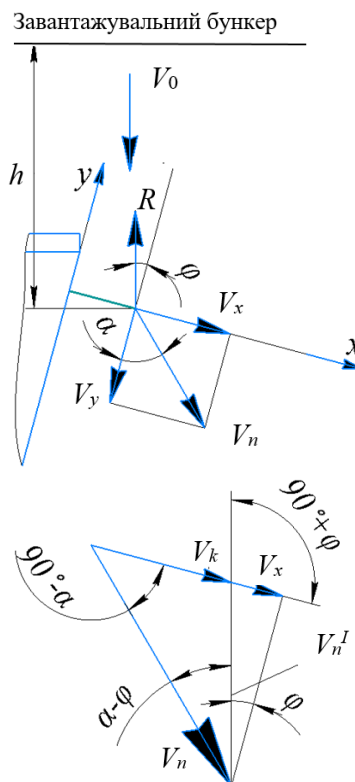


Рис. 4 – Схеми до визначення характеристик прутка обтічника

Визначимо довжину прутка:

$$l_n = l - \frac{L}{\cos \beta} - \frac{V_k \cos \alpha}{g} \left(\sqrt{2gH + V_k^2 \sin^2 \alpha} - V_k \sin \alpha \right). \quad (11)$$

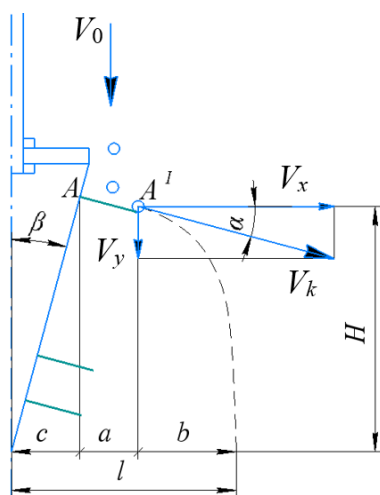


Рис. 5 – Схема до визначення довжини прутка обтічника

За залежністю (11) можна визначити довжину прутка, яка забезпечить ковзання гранул його поверхню, із урахуванням параметрів завантажувально-розподільчого пристрою H та l , а також властивостей комбікорму φ .

ВИСНОВКИ

У статті запропоновано конструкцію завантажувально-розподільчого пристрою, що забезпечує рівномірний розподіл гранул комбікорму всередині кожуха пристрою та їх інтенсивну подачу в місткість для зберігання. Крім того, пристрій унеможливує явище сегрегації комбікорму всередині місткості для зберігання. У статті виконано теоретичний аналіз процесу взаємодії гранул комбікорму із конструктивними елементами пристрою. Отримані залежності для визначення кута нахилу прутків до горизонту і їхньої довжини.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Hill, R. F. (2012). *Feed efficiency in the beef industry*, Idaho, Wiley-Blackwell.
- Варламов, А. В. (1999). *Повышение эффективности процесса выпуска компонентов комбикорма бункером с донным щелевым отверстием и механическим сводообрушителем (Increasing the efficiency of the process of releasing compound feed components by a bunker with a bottom slotted hole and a mechanical breaker)* [Диссертация кандидата технических наук]. Самарский институт инженеров железнодорожного транспорта, Саратов.
- Варламов, А. В. (2010). *Конструкция и динамика механизмов предотвращения и устранения сводообразований в бункерах хранения и выпуска сыпучих материалов (The design and dynamics of mechanisms for preventing and eliminating arching in silos for storage and release of bulk materials)*. Самара, Самарский научный центр Российской академии наук.
- Горюшинский, И. В., & Мосина, Н. Н. (2001). К вопросу оценки процесса загрузки емкостей сыпучими материалами (*On the issue of assessing the process of loading containers with bulk materials*). *Сборник научных трудов студентов, аспирантов и молодых ученых СамИИТ*, 3, 83-84.
- Грабчук, І. Ф. (2010). *Інноваційний розвиток кормовиробництва (Innovative development of fodder production)*. Житомирський національний агрокологічний університет, Житомир.
- Демидаць, Г. І., & Слюсар, І. Т. (2019). *Нетрадиційні кормові культури (Non-traditional fodder crops)*. Київ: НУБіП України.
- Державна служба статистики України. (2021). *Статистична інформація*. Retrieved June 30, 2022, from <https://www.ukrstat.gov.ua/>
- Зінченко, О. І. (2005). *Кормовиробництво (Fodder production)*. Київ: Вища освіта.
- Палкін, Г. (2001). Сучасні технології годівлі корів (*Modern technologies of feeding cows*). *Пропозиція*, 11, 78-79.