

УДК 631.22.014

Методика експериментальних досліджень робочих органів індивідуального дозатора комбікормів

Банга В. І.,

к.т.н., доцент, Львівський національний аграрний університет;

ORCID iD 0000-0002-8241-1107,

e-mail: vasylbanha@gmail.com, тел.: +38(067)670-39-80

Крупич О. М.,

к.т.н., доцент, Львівський національний аграрний університет;

ORCID iD 0000-0002-5634-8116,

e-mail: krupycholeh@gmail.com, тел.: +38(098)251-95-84

Яцко С. А.,

н.с., ННЦ «ІМЕСГ»; ORCID iD 0000-0003-0166-5867

Анотація

Мета. Підвищення достовірності результатів дослідження робочих органів індивідуального дозатора комбікормів завдяки удосконаленню методу їх виконання.

Методи. Експериментальні дослідження робочих органів індивідуального дозатора комбікормів проводилися з використанням законів кінематики і динаміки та із застосуванням тензометрії, методів планованого експерименту з використанням теорії відсівного експерименту, статистичної обробки результатів досліджень із використанням ПЕОМ.

Результати. Розроблено експериментальну установку для дослідження конусного та конусно-лопатевого робочих органів індивідуального дозатора комбікормів із засобами для вимірювання, реєстрації та передачі інформації електричними сигналами біжучих значень маси потоку в динамічному режимі, відображення й зберігання інформації та контрольно-вимірювальні прилади, а також пристрої для вимірювання потужності процесу дозування та нерівномірності видачі комбікорму, маси комбікорму в бункері

індивідуального дозатора, зміни напрямку руху потоку комбікорму. Наведено методику експериментальних досліджень із використанням теорії відсівного експерименту методом випадкового балансу, а також подано фактори та рівні їхнього варіювання, які впливають на критерій оптимізації індивідуального дозатора комбікормів, матрицю плану відсівного експерименту, рівняння для визначення ефектів факторів та фізико-механічні властивості комбікормів.

Висновки. Дослідження робочих органів індивідуального дозатора комбікормів за запропонованою методикою відсівного експерименту методом випадкового балансу дає змогу встановити значущі й незначущі досліджувані фактори (діаметр та частота обертання конусного робочого органа, висота та кількість лопаток, кут твірної конуса при його основі, кільцевий зазор між випускною горловиною бункера і конусним робочим органом), підвищити достовірність результатів експерименту.

Ключові слова: індивідуальний дозатор, експериментальна установка, робочий орган, продуктивність, критерій оптимізації, комбікорм.

UDC 631.22.014

Methods of experimental testing operating parts in individual dispenser of mixed fodders

Banha V.,

Ph.D., professor, Lviv National Agrarian University,

e-mail: vasylbanha@gmail.com, tel.: +38(067)670-39-80

Krupych O.,

Ph.D., professor, Lviv National Agrarian University,

e-mail: krupycholeh@gmail.com, tel.: +38(098)251-95-84

Yatsko S. A., researcher, National scientific centre “Institute of agricultural engineering and electrification”; ORCID iD 0000-0003-0166-5867

Annotation

Purpose. Improving the reliability of the results of the study of the working bodies of the individual compound feed dispenser by improving the method of their implementation.

Methods. Experimental research of the working bodies in individual metering of feed were carried out using the laws of kinematics and dynamics and with the use of strain gauges. Method planned experiment using the theory of screening experiment, statistical processing of research results with the use PC.

Results. The experimental installation has been developed for research of cone and cone-blade working bodies by individual batcher of compound feeds with devices for measuring, registration and transfer of information by electric signals of the current values mass stream in dynamic mode, display and storage of information and control and measuring devices for measurement power of process dosing and irregularity delivery of compound feed. Weight of compound feed in the bunker by individual

batcher, changes direction movement stream of compound feed. The technique of experimental researches using the theory of screening experiment by random balance, the factors are equal to their variation, which affect the optimization criterion of the individual feed dispenser, the matrix plan of the screening experiment, the equation for determining the effects factors and the physical and mechanical properties of feed.

Conclusions. Research of the working bodies in the individual feed dispenser according to the proposed technique of the random experiment by the random balance method makes it possible to establish significant and insignificant research factors (diameter and speed of the cone working body, height and number of blades, the angle of the cone at its base, the ring gap between the outlet neck of the hopper and the cone working body), to increase the reliability of the results of the experiment.

Keywords: individual dispenser, experimental installation, operating part, productivity, optimization criterion, mixed fodder.

УДК 631.22.014

Методика экспериментальных исследований рабочих органов индивидуального дозатора комбикормов

Банга В. И.,

к.т.н., доцент, Львовский национальный аграрный университет,
e-mail: vasyibanha@gmail.com, тел.: +38(067)670-39-80,

Крупич О. М.,

к.т.н., доцент, Львовский национальный аграрный университет,
e-mail: krupycholeh@gmail.com, тел.: +38(098)251-95-84

Яцко С. А.,

н.с., ННЦ «ИМЭСХ»; ORCID iD 0000-0003-0166-5867

Аннотация

Цель. Повышение достоверности результатов исследования рабочих органов индивидуального дозатора комбикормов благодаря совершенствованию метода их выполнения.

Методы. Экспериментальные исследования рабочих органов индивидуального дозатора комбикормов проводились с использованием законов кинематики и динамики и с применением тензометрии, метода планируемого эксперимента с использованием теории отсеивающего эксперимента, статистической обработки результатов исследований с использованием ПЭВМ.

Результаты. Разработана экспериментальная установка для исследования конусного и конусно-лопастного рабочих органов индивидуального дозатора комбикормов с устройствами для измерения, регистрации и передачи информации электрическими сигналами текущих значений массы потока в динамическом режиме, отображения и хранения информации, а также контрольно-измерительные приборы и устройства для измерения мощности процесса дозирования и неравномерности выдачи комбикорма, массы комбикорма в бункере индивидуального дозатора, изменения направления движения потока комбикорма. Приведена методика экспериментальных

исследований с использованием теории отсеивающего эксперимента методом случайного баланса, где представлены факторы и уровни их варьирования, которые влияют на критерий оптимизации индивидуального дозатора комбикормов, а также предложены матрица плана отсеивающего эксперимента, уравнения для определения эффектов факторов и физико-механические свойства комбикормов.

Выводы. Исследование рабочих органов индивидуального дозатора комбикормов по предложенной методике отсеивающего эксперимента методом случайного баланса дает возможность установить значимые и незначимые исследуемые факторы (диаметр и частота вращения конусного рабочего органа, высота и количество лопаток, угол образующей конуса при его основе, кольцевой зазор между выпускной горловиной бункера и конусным рабочим органом), повысит достоверность результатов эксперимента.

Ключевые слова: индивидуальный дозатор, экспериментальная установка, рабочий орган, производительность, критерий оптимизации, комбикорм.

Постановка проблеми. На виробничий процес отримання продукції тваринництва впливає система різних факторів, з яких найвагомішим є фактор корму. Годівля є одним із найбільш трудомістких процесів на тваринницькому підприємстві (за трудомісткістю становить від 25 до 35% усіх затрат праці на виробництво молока).

Найціннішою частиною кормового раціону тварин є комбікорми. До процесу дозування цих кормів ставлять суворі вимоги, оскільки відхилення від потрібної норми може призвести до перевитрати цінних кормів або до недостатньої реалізації потенціальної продукції тварин.

Науковими дослідженнями та практикою встановлено, що в разі годівлі корів концентрованими кормами підвищуються надой молока на 10–15% [9], а повнораціонними комбікормами – на 25–30% [12]. Кожний центнер спожитого комбікорму, порівнюючи із зернофуражем, дає додатково 25–30 кг молока [9]. Тому розробка методики дослідження робочих органів індивідуального дозатора комбікормів є актуальною і перспективною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомий внесок у вирішення проблеми дозування зробили такі відомі вчені, як С. В. Мельников, Г. М. Кукта, В. Г. Коба, Б. В. Кононов, Я. А. Кузьміч, В. С. Симанович, В. Р. Краусп, Л. Я. Степук,

Ю. Д. Відінєєв, В. І. Лобанов та ін. [9–11, 13, 16, 17]. Аналіз досліджень типів робочих органів для дозування сипких кормів [1, 3, 5, 6] показав, що в існуючих об'ємних дозаторах процес дозування проходить зі значними витратами потужності, не забезпечується відповідна рівномірність процесу дозування. Відсутня методика експериментальних досліджень.

Мета досліджень. Підвищення достовірності результатів дослідження робочих органів індивідуального дозатора комбікормів завдяки удосконаленню методу їх виконання.

Методи досліджень. Експериментальні дослідження робочих органів індивідуального дозатора комбікормів проводилися з використанням законів кінематики і динаміки та із застосуванням тензометрії, методів планованого експерименту з використанням теорії відсівного експерименту, статистичної обробки результатів досліджень із використанням ПЕОМ.

Результати досліджень. Для дослідження індивідуального дозатора комбікормів у лабораторних умовах використали експериментальну установку, що розроблена на кафедрі сільськогосподарської техніки Львівського НАУ, до якої входять: вимірювачі потоку комбікорму та крутного моменту, які захищені патентами України на винахід [2, 7, 8], маси комбікорму в бункері індивідуального дозатора; пристрій зміни напрямку руху потоку, тензопідсилювач, блок керування кроковим двигуном, ПЕОМ, блок живлення, генератор частоти струму. Блок-схему та загальний вигляд установки подано на рисунках 1, 2 [4].

З метою визначення незначущих факторів, що впливають на критерій оптимізації, було проведено відсівний експеримент методом випадкового балансу відповідно до методик [14, 15]. Суть методу полягає в тому, що замість невеликої вибірки систематичної матриці повного факторного експерименту беремо випадкові вибірки з нього.

За критерій оптимізації прийнято продуктивність індивідуального дозатора комбікормів. Експериментальні дослідження факторів, що впливають на критерій оптимізації, проводили з розсипними комбікормами з такими фізико-механічними характеристиками: вологість – 15,5%, гранулометричний склад – 1,2 мм, насипна густина – 620 кг/м³, кут природного відкосу – 40 град.

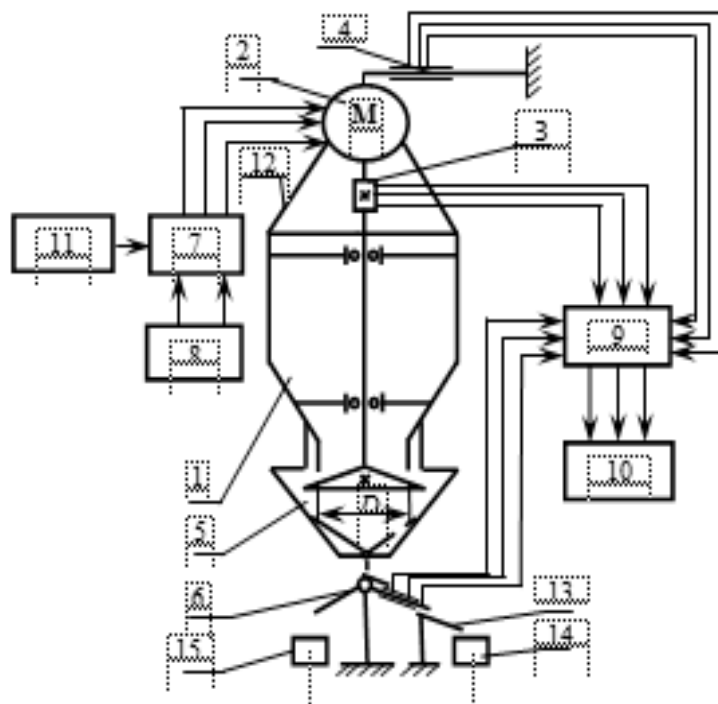


Рис. 1. Блок-схема експериментальної установки для дослідження робочих органів індивідуального дозатора комбікормів:

- 1 – індивідуальний дозатор; 2 – кроковий електродвигун; 3 – вимірювач крутного моменту;
 4 – вимірювач маси комбікорму в бункері дозатора; 5 – пристрій зміни напрямку руху потоку;
 6 – вимірювач потоку сипких матеріалів; 7 – блок керування кроковим двигуном; 8 – блок живлення ВІП-009; 9 – тензопідсилювач 8АНЧ-7М; 10 – ПЕОМ; 11 – генератор частоти струму ГЗ-111;
 12 – рама; 13 – відвідний лоток; 14, 15 – збірні місткості для необхідних і непотрібних порцій комбікорму

Fig. 1. Block scheme experimental installation for examination operating parts of an individual dispenser of mixed fodders:

- 1 – individual dispenser; 2 – stepping electric engine; 3 – measuring device of torque;
 4 – measuring device of mixed fodder weight in the dispenser bunker; 5 – device to cross over the flow move;
 6 – measuring device for dry material flow; 7 – control unit of a stepping engine; 8 – power unit VYP-009;
 9 – tenso-intensifier 8ANCh-7M; 10 – PEOM; 11 – generator of current frequency HZ-111; 12 – frame;
 13 – collecting gutter; 14, 15 – collecting containers for required and optional portions of mixed fodders



Рис. 2. Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження індивідуального дозатора комбікормів із конусним робочим органом

Fig. 2. General view experimental installation for examination of an individual dispenser by mixed fodder with a conic operating part

Перед тим як побудувати матрицю відсівного експерименту, здійснено вибір факторів та їхніх рівнів варіювання і проведено кодування знаками «+» і «-» (табл. 1).

Під час побудови матриці відсівного експерименту вісім факторів, що розглядалися, поділили на дві частини (не обов'язково на рівні) і з кожної створили напіврепліку. Для однієї частини факторів напів-

репліка використовувалася повністю, для іншої – рядки матриці розподілялися випадковим чином (за таблицею випадкових чисел).

Число дослідів у матриці відсівного експерименту вибирали так, щоб воно було кратним $2k$ і не перевищувало число $k+1$, де k – число факторів.

Таблиця 1. Фактори, що впливають на критерій оптимізації індивідуального дозатора комбікормів
Table 1. Factors, influencing the criteria of optimization individual dispenser by mixed fodders

Фактори та їхнє позначення	Рівень факторів	
	-1	+1
x_1 – частота обертання конусного робочого органа, c^{-1}	0,28	1,39
x_2 – діаметр конусного робочого органа, м	0,11	0,155
x_3 – висота лопаток, м	0,005	0,011
x_4 – кут твірної конуса при його основі, град.	0	20
x_5 – маса комбікорму в бункері дозатора, кг	7	12
x_6 – кількість лопаток, шт.	1	4
x_7 – кільцевий зазор між випускною горловиною бункера і конусним робочим органом, м	0,004	0,008
x_8 – кут природного відкосу комбікорму, град.	33	40

Матрицю планування відсівного експерименту з восьми факторів створювали змішуванням систематичних дробових реплік повного факторного експерименту 2^8 у такий спосіб. Утворили від повного факторного експерименту дві напіврепліки типу 2^{4+1} з визначальним контрастом для першої половини факторів:

$$I_1 = x_1x_2x_3x_4; \quad (1)$$

для другої половини:

$$I_2 = x_5x_6x_7x_8. \quad (2)$$

У цих репліках оцінили окремо ефекти факторів.

Матрицю планування відсівного експерименту заносили в таблицю 2, яка створювалася для 1–8 рядків за допомогою змішування двох напівреплік типу 2^{4+1} . Одна напіврепліка відносилася до факторів $x_1 - x_4$, інша – до факторів $x_5 - x_8$. Змішування реплік проводили випадковим чином за таблицею випадкових чисел додатку 1 [14], із кожної репліки відбирали по рядку, а потім ці рядки об'єднувалися й утворили один рядок із 8-ми елементів.

Таблиця 2. Матриця плану відсівного експерименту
Table 2. Matrix plan of ariddling experiment

№ дослідів	Фактори								Критерій оптимізації	
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	y	y^j
1	+	+	-	-	+	-	+	-	y_1	y_1^j
2	+	+	+	+	-	+	+	-	y_2	y_2^j
3	-	+	+	-	+	+	+	+	y_3	y_3^j
4	-	-	+	+	+	-	-	+	y_4	y_4^j
5	+	-	-	+	-	-	-	-	y_5	y_5^j
6	+	-	+	-	+	+	-	-	y_6	y_6^j
7	-	-	-	-	-	+	-	-	y_7	y_7^j
8	-	+	-	+	-	-	+	+	y_8	y_8^j
9	+	-	-	-	-	+	-	+	y_9	y_9^j
10	-	+	+	+	-	-	+	-	y_{10}	y_{10}^j

Дев'ятий і десятий рядки матриці утворилися також випадковим чином з обох реплік.

Після побудови матриці перевірили її придатність. Матриця є придатною, тому що в ній немає двох однотипних стовпчиків (з однаковими або неоднаковими знаками).

Після реалізації експерименту усереднені значення критерію оптимізації Y (продуктивності дозатора) у триразовому повторенні занесли до таблиці 2.

Для аналізу результатів відсівного експерименту будували діаграму розсіювання. Для цього на осі абсцис наносили всі фактори з їхніми рівнями, а на осі ординат – дослідні значення критерію оптимізації (продуктивності дозатора). Кожний фактор розглядався незалежно один від одного, фактори варіювали на двох рівнях («+» і «-»).

Ступінь впливу фактора оцінювали за діаграмою візуально – за різницею між середніми значеннями для їхніх рівнів.

Як середнє значення приймали медіану значень. Медіана – це таке значення

варіювання фактора, яке припадає на середину впорядкованого варіаційного ряду.

Якщо в ряду парне число значень $2m$ випадків, медіана M_e дорівнює середньому арифметичному з двох серединних значень, а у випадку $2m+1$ значень медіанним буде значення фактора $m+1$, тобто в першому випадку

$$M_e = x_{m+1}, \quad (3)$$

у другому

$$M_e = \frac{x_m + x_{m+1}}{2}, \quad (4)$$

де m – половина числа випадків у ряді.

Ефекти факторів кількісно оцінювали за допомогою таблиці з двома входами [14]. При двох входах одночасно оцінювали тільки два фактори, а для оцінки інших факторів будували таким способом додаткові таблиці. У клітинках таблиці записували оцінювані фактори x_{i1} і x_{i2} з рівнями варіювання та значення критерію оптимізації y , що отримані в тій чи іншій їхньої взаємодії.

Ефекти факторів x_i розраховували за формулою:

$$x_i = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_3 + \bar{y}_5 + \bar{y}_7 + \dots + \bar{y}_n}{k_i} - \frac{\bar{y}_2 + \bar{y}_4 + \bar{y}_6 + \bar{y}_8 + \dots + \bar{y}_{n+1}}{k_i}, \quad (5)$$

де $\bar{y}_1, \bar{y}_3, \dots, \bar{y}_n$ – середнє значення критерію оптимізації в кожній клітинці таблиці 2 для рівня фактора «+», кг;

$\bar{y}_2, \bar{y}_4, \dots, \bar{y}_{n+1}$ – середнє значення критерію оптимізації в кожній клітинці таблиці 2 для рівня фактора «-», кг;

k_i – число середніх значень критерію оптимізації.

Після розрахунків ефекту виділених факторів перевіряли їхню значущість за t -критерієм (критерієм Стьюдента) за такою формулою [14; 15]:

$$t = \frac{(\bar{y}_1 + \bar{y}_3 + \dots + \bar{y}_n) - (\bar{y}_2 + \bar{y}_4 + \dots + \bar{y}_{n+1})}{S_R \sqrt{\sum \frac{1}{n_i}}}, \quad (6)$$

де S_R – середньоквадратична помилка, що характеризує розсіювання відносно середніх значень у клітинках таблиці 3 з декількома входами:

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum y_i)^2}{n_i(n_i - 1)}}, \quad (7)$$

де n_i – число спостережень в i -й клітинці.

Фактор вважається значущим у разі, коли розрахункове значення t -критерію є більшим за його табличне значення.

Значення табличного t -критерію вибирали з таблиці (дод. 6 [14]) залежно від заданого рівня значущості та числа степенів вільності. Число степенів вільності f_c визначається за формулою [14]:

$$f_c = \sum n_i - k,$$

де k – число клітинок для обчислення ефектів факторів.

Після виділення ефектів деяких факторів проводили коректування результатів відсівного експерименту, щоб точніше виділити ефекти інших, менш впливових факторів. Коректування здійснювали додаванням із протилежним знаком ефектів виділених факторів до результатів відсівного експерименту, які отримані на верхньому рівні (табл. 2). Коректування проводили щоразу після виділення значущих ефектів факторів, а скоректовані результати критерію оптимізації у¹ заносили в таблицю 2.

За результатами коректувань будували діаграми розсіювання для виділення інших факторів і алгоритм розрахунку був аналогічний попередньому. Результати всіх коректувань критерію оптимізації у заносили в таблицю 2.

Висновки. Дослідження робочих органів індивідуального дозатора комбікормів за запропонованою методикою відсівного експерименту методом випадкового балансу дає змогу встановити значущі й незначущі досліджувані фактори (діаметр та частота обертання конусного робочого органа, висота та кількість лопаток, кут твірної конуса при його основі, кільцевий зазор між випускною горловиною бункера і конусним робочим органом), підвищити достовірність результатів експерименту.

Бібліографія

1. Банга В. І. Експериментальні дослідження індивідуального дозатора комбікормів з конусним робочим органом. *Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2003. № 7. С. 123–127.
2. Банга В. І., Дмитрів В. Т., Банга Ю. В. Методика калібрування вимірювача крутного моменту приводу обертових елементів. *Вісник*

Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2013. № 17. С. 137–143.

3. Банга В. І., Банга Ю. В. Дослідження нерівномірності видачі комбікормів індивідуальним дозатором. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2013. № 17. С. 176–179.
4. Банга В. І., Дмитрів В. Т., Банга Ю. В. Стенд для експериментальних досліджень робочих органів індивідуального роздавача-дозатора комбікормів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. 2015. Вип. 212/2. С. 76–81.
5. Банга В. І. Методика експериментальних досліджень індивідуального дозатора комбікормів з конусним робочим органом. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2015. Вип. 156. С. 453–458.
6. Банга В. І., Банга Ю. В. Методика експериментальних досліджень дискового дозатора сипких кормів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2016. № 20. С. 93–100.
7. Пат. 48479А Україна, МКИ G01F1/76. Вимірювач маси потоку сипучих матеріалів. № 2001096131; заявл. 05.09.01; опубл. 15.08.02, Бюл. № 8.
8. Пат. 70691А Україна, МКИ G01L5/00, G01L5/24. Вимірювач крутного моменту. № 200312121556; заявл. 23.12.03; опубл. 15.10.04, Бюл. № 10.
9. Кузьміч Я. А., Верніков Д. І., Ахмедов Е. І. Дослідження процесу індивідуальної видачі концентрованих кормів коровам в умовах прив'язного утримання мобільними роздавачами з гвинтовим дозатором. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Київ: Урожай, 1993. С. 56–60.
10. Лобанов В. І. Аналіз дозаторів сипучих кормів. *Механізація производственных процессов в животноводстве*. Новосибірськ, 1985. 39 с.
11. Левченко В. І. Дозатор кормів. *Техніка в сільському господарстві*. Москва, 1981. № 10. С. 27–28.
12. Степук Л. Я. Механізація дозирования в кормоприготовлении. Минск: Ураджай, 1986. 152 с.
13. Степук Л. Я., Лабоцкий И. М. Обоснование параметров рабочего органа дозатора кормов. *Механізація и електрифікація сільського господарства*. Москва, 1984. № 3. С. 44–45.
14. Мельников С. В., Алешкин В. Р., Роштин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Ленинград: Колос, 1980. 163 с.

15. Хартман К. Планирование экспериментов в исследовании технологических процессов / под ред. Э. К. Лецкого. Москва: Мир, 1977. С. 162.

16. Pirkelmann H. Kraftfutterfütterung an Milchwein mit 22. Abrufautomaten. 1978. № 31, 11. S. 16–19.

17. Scholtysik B. Untersuchungen an einem Zellenraddosierer mit digitaler Sollwerteingabe. *Grundl. Landtechn.* 1978. № 28, 5. S. 201–204.

Bibliografii

1. Banha V. I. Eksperymentalni doslidzhennia individualnoho dozatora kombikormiv z konusnym robochym orhanom. *Visnyk Lvivskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu: ahroinzhenerni doslidzhennia.* 2003. № 7. S. 123–127.

2. Banha V. I., Dmytriv V. T., Banha Yu. V. Metodyka kalibrivannia vymiriuvacha krutnoho momentu pryvodu obertovykh elementiv. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahroinzhenerni doslidzhennia.* 2013. № 17. S. 137–143.

3. Banha V. I., Banha Yu. V. Doslidzhennia nerivnomirnosti vydachi kombikormiv individualnym dozatorom. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahroinzhenerni doslidzhennia.* 2013. № 17. S. 176–179.

4. Banha V. I., Dmytriv V. T., Banha Yu. V. Stend dlia eksperymentalnykh doslidzhen robochykh orhaniv individualnoho rozdavacha-dozatora kombikormiv. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: tekhnika ta enerhetyka APK.* 2015. Vyp. 212/2. S. 76–81.

5. Banha V. I. Metodyka eksperymentalnykh doslidzhen individualnoho dozatora kombikormiv z konusnym robochym orhanom. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka.* 2015. Vyp. 156. S. 453–458.

6. Banha V. I., Banha Yu. V. Metodyka eksperymentalnykh doslidzhen diskovoho dozatora sypkykh kormiv. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahroinzhenerni doslidzhennia.* 2016. № 20. S. 93–100.

7. Pat. 48479A Ukraina, MKY G01F1/76. Vymiriuvach masy potoku sypchuykh materialiv. № 2001096131; zaiavl. 05.09.01; opubl. 15.08.02, Biul. № 8.

8. Pat. 70691A Ukraina, MKY G01L5/00, G01L5/24. Vymiriuvach krutnoho momentu. № 200312121556; zaiavl. 23.12.03; opubl. 15.10.04, Biul. № 10.

9. Kuzmich Ya. A., Vernikov D. I., Akhmedov E. I. Doslidzhennia protsesu individualnoi vydachi kontsentrovanykh kormiv korovam v umovakh pryv'iaznoho utrymannia mobilnymy rozdavachamy z hvyntovym dozatorom. *Mekhanizatsiia ta elektrify-*

katsiia silskoho hospodarstva. Kyiv: Urozhai, 1993. S. 56–60.

10. Lobanov V. Y. Analiz dozatorov syruchykh kormov. *Mekhanizatsiia proyzvodstvennykh protsessov v zhyvotnovodstve.* Novosybyrsk, 1985. 39 s.

11. Levchenko V. Y. Dozator kormov. *Tekhnika v sel'skom khoziaistve.* Moskva, 1981. № 10. S. 27–28.

12. Stepuk L. Ya. Mekhanizatsiia dozyrovannia v kormopryhotovleny. Mynsk: Uradzhai, 1986. 152 s.

13. Stepuk L. Ya., Labotskyi Y. M. Obosnovanye parametrov rabocheho orhana dozatora kormov. *Mekhanizatsiia y elektrifykatsiia sel'skoho khoziaistva.* Moskva, 1984. № 3. S. 44–45.

14. Melnykov S. V., Aleshkyn V. R., Roschyn P. M. Planyrovanye eksperymenta v yssledovaniakh sel'skokhoziaistvennykh protsessov. Leningrad: Kolos, 1980. 163 s.

15. Khartman K. Planyrovanye eksperymenta v yssledovanny tekhnolohycheskykh protsessov / pod red. E. K. Leckogo. Moskva: Myr, 1977. S. 162.

16. Pirkelmann H. Kraftfutterfütterung an Milchwein mit 22. Abrufautomaten. 1978. № 31, 11. S. 16–19.

17. Scholtysik B. Untersuchungen an einem Zellenraddosierer mit digitaler Sollwerteingabe. *Grundl. Landtechn.* 1978. № 28, 5. S. 201–204.

References

1. Banha V. I. Experimental studies of individual feed dispenser with cone working body. *Bulletin of the Lviv state agricultural University: agricultural engineering research.* 2003. No. 7. Pp. 123–127.

2. Banha V. I., Dimitrov V. T., Banha Yu. V. Methodology of calibration of measuring torque of rotating drive elements. *Bulletin of Lviv national agrarian University: agroengineering research.* 2013. No. 17. Pp. 137–143.

3. Banha V. I., Banha Yu. V. The study of the irregularity of issuing individual feed dispenser. *Bulletin of Lviv national agrarian University: agroengineering research.* 2013. No. 17. Pp. 176–179.

4. Banha V. I., Dimitrov V. T., Banha Yu. V. Stand for experimental studies of the working bodies of the individual distributor-feed dispenser. *Scientific Bulletin of the National University of bioresources and nature management of Ukraine. Series: electronics and energetics, agriculture.* 2015. Vol. 212/2. Pp. 76–81.

5. Banha V. I. Methods of experimental studies of individual feed dispenser with cone working body. *Bulletin of Kharkiv national technical University of agriculture named after Peter Vasilenko.* 2015. Vol. 156. Pp. 453–458.

6. Banha V. I., Banha Yu. V. An experimental Method disk dispenser bulk feed. *Bulletin of*

Lviv national agrarian University: agroengineering research. 2016. No. 20. Pp. 93–100.

7. Pat. 48479A Ukraine: MKI G01F1/76. Mass meter flow of bulk materials. No. 2001096131; declared. 05.09.01; publ. 15.08.02, Bull. No. 8.

8. Pat. 70691A Ukraine: MKI G01L5/00, G01L5/24. Torque meter. No. 200312121556; application. 23.12.03; publ. 15.10.04, Bull. No. 10.

9. Kuzmich Y. A., Vernikov D. I., Akhmedov E. I. Study of the process of issuing individual concentrated feed the cows in terms of tethered content, the mobile dispenser with screw pump. *Mechanization and electrification of agriculture*. Kyiv: Harvest, 1993. Pp. 56–60.

10. Lobanov V. I. Analysis of bulk feed dispensers. *Mechanization of production processes in animal husbandry*. Novosibirsk, 1985. 39 p.

11. Levchenko V. I. Feed Dispenser. *Machine-ry in agriculture*. Moscow, 1981. No. 10. Pp. 27–28.

12. Stepuk L. Y. *Mechanization dosing in armoricaine*. Minsk: Uradzhai, 1986. 152 p.

13. Stepuk L. Ya., Labotsky I. M. Substantiation of parameters of the working body of the feed dispenser. *Mechanization and electrification of agriculture*. Moscow, 1984. No. 3. Pp. 44–45.

14. Melnikov S. V., Aleshkin V. R., Roshchin P. M. Planning of experiment in researches of agricultural processes. Leningrad: Kolos, 1980. 163 p.

15. Hartman K. Planning of experiment in research of technological processes / edited by D. Leckage. Moscow: Mir, 1977. P. 162.

16. Pirkelmann M. Kraftfutterfütterung an Milchweiden mit 22. Abrufautomaten. 1978. Nummer 31, 11. S. 16–19.

17. Scholtysik B. Untersuchungen an einem Zellenraddosier mit digitaler Sollwerteingabe. *Grundl. Landtechn.* 1978. Nummer 28, 5. S. 201–204.