

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАРАБАНОГО ДОЗАТОРА КОМБИКОРМОВ

Виталий Радчук

*Національний університет біоресурсів і природопольовання України
Україна, г. Київ, ул. Героїв Оборони, 15*

Vitaliy Padchuk

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Str. Heroiv Oborony, 15, Kiev, Ukraine*

Аннотация. Обоснована и разработана конструктивно-функциональная схема дозатора для индивидуальной выдачи комбинированных кормов коровам, а также представленные результаты экспериментальных исследований точности индивидуальной выдачи комбинированных кормов, уравнения регрессии.

Ключевые слова: дозатор, вертикальная ось, ячеистый барабан, производительность, индивидуальная выдача.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Мясомолочная промышленность – одна из основных отраслей народного хозяйства, которая обеспечивает население страны продуктами питания. Ее структура состоит из двух элементов животноводческих хозяйств и перерабатывающих комбинатов, которые находятся в непосредственной зависимости между собой и от продовольственного рынка. Повышение цен на сельскохозяйственную технику и комбикорма привело к необходимости создания предприятий малой мощности, а также относительно дешевой высокоэффективной техники [1].

Содержание крупного рогатого скота связано с большими расходами труда, в результате значительной части ручных работ в процессе кормления животных и ухода за ними [2,3,4,5]. Так на кормление приходится до 60 ...70% общих затрат труда. Одна из наиболее трудоёмких операций – выдача комбикорма коровам на её выполнение в среднем затрачивается приблизительно 38% рабочего времени доярок. Снижение огромных затрат возможно только при механизации и автоматизации этого процесса, для

чего необходимая разработка соответствующих технических средств [6,7].

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Процессу дозирования сыпучих материалов, в частности, комбикормов, посвященные работы П.М. Василенка, Г.М. Кукты, И.И. Ревенка, Н.В. Брагинца, Б.В. Циганова, А.П. Конакова, С.П. Орлова, В.Г. Кобы та других. В работах перечисленных авторов проанализированы разные конструктивно-функциональные схемы дозаторов и определенные их основные параметры. Анализ публикаций, посвященных процессу дозирования сыпучих материалов, указывают на сложность этого процесса.

Проведенный анализ конструктивно-технологических решений существующих средств дозирования комбикормов в частности объемного типа [8, 9, 10, 11]. В результате сделанные выводы, что отдельные вопросы которые характеризуют эффективность работы дозаторов изученные недостаточно, а конструктивные схемы не отмечаются рациональностью.

Для достижения высокой эффективности производства продукции животноводства кормление животных должно быть сбалансировано по питательности в зависимости от их производительности. Комбикорма должны отвечать таким зоотехническим параметрам, как модуль измельчения и содержание пылевидной фракции [12, 13] Дозаторы должны отвечать зоотехническим условиям относительно производительности, точности и равномерности дозирования, отклонения от заданной нормы выдачи, не должно превышать $\pm 5\%$. Существующие конструктор-

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАРАБАНОГО ДОЗАТОРА КОМБИКОРМОВ

ские решения дозаторов для дозирования комбикормов при дифференцированной выдаче животным не в полной мере отвечают этим требованиям.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Повышение качества и снижение энергоемкости процесса индивидуально-дозированной выдачи кормов крупному рогатому скоту при стойловом содержании путем совершенствования конструкции и обоснование параметров дозатора комбикормов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Нами была обоснована рациональная конструктивно функциональная схема барабанного дозатора, а также проведен анализ его нормы выдачи и равномерности в зависимости от конструктивных параметров дозатора (рис. 1).

Разработанный дозатор имеет вертикальную ось вращения барабана, ячейки которого сделаны ограниченными с четырех боков. Такая конструкция дает возможность уменьшить поверхность трения корма по дну корпуса и полностью устранить его по боковым стенкам. Привод дозирующего органа осуществляется от штифтов, которые установлены на передней стенке кормушки.

В процессе перемещения кормораздатчика корм из бункера под действием сил притяжения поступает в ячейки барабана. При этом зубчатое колесо перекачивается по штифтам, которые неподвижно установлены на кормушке, и с помощью конической передачи проворачивает ячеистый барабан. Регулировка нормы выдачи корма для каждой коровы осуществляется изменением количества штифтов установленных на кормушке. В зависимости от их количества барабан проворачивается на определенный угол и над выгрузным окном проходит определенное количество ячеек. Во время прохождения ячеек над выгрузным окном корм под действием сил притяжения высыпается в кормушку.

Такое техническое решение упрощает конструкцию дозатора и уменьшает энергозатраты, потому-что исключает необходимость отдельного электропривода дозирующего устройства и механизма управления. В сравнении с существующими раздатчиками имеет ряд преимуществ: относительно энерго- и металлоемкости, компактности увязки с кормушкой, позволяет повысить точность дозирования согласованием передаточного числа зубчатой и конической передач с углом проворачивания ячеистого барабана, а также отсутствием задвижек, которые влияют на запаздывание выдачи корма.

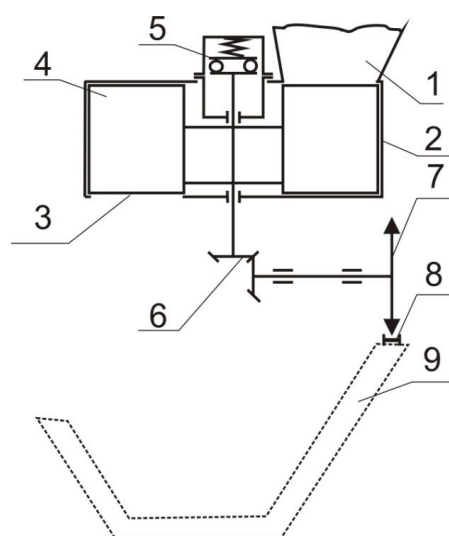


Рис. 1. Схема барабанного дозатора раздатчика комбинированных кормов:
1 – бункер; 2 – корпус дозатора; 3 – выгрузное окно; 4 – ячеистый барабан; 5 – механизм фиксации; 6 – коническая зубчатая передача; 7 – зубчатое колесо; 8 – штифты привода; 9 – кормушка

Fig. 1. Chart of drum metering device of cattle-feeder of the mixed fodders

Производительность [14] дозирующего устройства барабанного типа с постоянной частотой вращения барабана можно определить по формуле:

$$Q = \frac{\bar{V}_k}{8r} (D^2 - D_e^2) h \rho \varphi, \quad (1)$$

где: \bar{V}_k – скорость перемещения раздатчика, м/с,
 r – радиус зубчатого колеса, м,
 ρ – плотность корма, кг/м³,
 φ – коэффициент заполнения ячеек ($\varphi = 0,8 \dots 0,9$),

h – высота ячейки,

D – наружный диаметр барабана, м,

D_e – внутренний диаметр ступицы барабана, м.

Когда барабан дозатора проворачивается с помощью штифтов, установленных на стенке кормушки, необходимо определить от каких параметров зависит размер дозы q_i корма, которую необходимо выдать одному животному:

$$q_i = m z_e, \quad (2)$$

где: m – масса корма в одной ячейке, кг,

z_e – количество ячеек, которые обеспечивают заданную дозу корма, шт.

В том случае, когда количество зубцов на приводном колесе и количество ячеек барабана одинаково, а передаточное число конической передачи равняется единице, уравнение размера дозы q_i приобретет вид:

$$q_i = \frac{\alpha \pi}{1440} (D^2 - D_B^2) h z_{ш} \rho \varphi. \quad (3)$$

где: α – угол ячейки, град,

$z_{ш}$ – количество штифтов, шт.

Размер порции корма, который выдается одному животному, зависит также от установленного угла выгрузного окна β .

Для полной выгрузки корма из ячейки необходимо, чтобы оно находилось над выгрузным окном в течение определенного времени [15, 16, 17].

При условии, что величина угла выгрузного окна прямопропорциональна угловой скорости вращения барабана, найдем величину угла β_0 выгрузного окна при котором будет происходить полная выгрузка корма из ячейки:

$$\beta_0 \geq \frac{V_k i}{r} t_0, \quad (4)$$

где: i – передаточное число привода,

t_0 – время полной выгрузки корма с ячейки, с.

При условии пропорциональности между массой выданного корма и углом выгрузного окна, получим действительный размер порции корма q'_i , после того, как $\beta \geq \beta_0$ угол выгрузного окна не учитывается:

$$q'_i = \frac{q_i \beta}{\beta_0}, \quad (5)$$

где: β – установленный угол выгрузного окна, град.

На основании уравнения (5) были построены графики (рис. 2) зависимости размера дозы корма (при запланированном массе 1,5кг) от угла выгрузного окна при разных скоростях перемещения раздатчика.

По результатам анализа и сравнительной оценки известных средств нами было обосновано техническое решение и разработана [18] экспериментальная установка (дозатор) для исследования процесса дифференцированного дозирования комбинированных кормов животным.

При планировании эксперимента использовали матрицу D-оптимального трехуровневого плана Бокса-Бенкина, который в сравнении с ортогональными и рототабельными планами является экономическим относительно количества опытов [19, 20, 21]. С целью проверки гипотезы на адекватность моделей второго порядка был проведен статистический анализ уравнений регрессии. Проверка адекватности моделей и значимости коэффициентов регрессии проведена с помощью прикладной статистической программы Statistica 6.1.

По результатам анализа и сравнительной оценки известных средств нами было обосновано техническое решение и разработана [18] экспериментальная установка (дозатор) для исследования процесса дифференцированного дозирования комбинированных кормов животным.

При планировании эксперимента использовали матрицу D-оптимального трехуровневого плана Бокса-Бенкина, который в сравнении с ортогональными и рототабельными планами является экономическим относительно количества опытов [19, 20, 21].

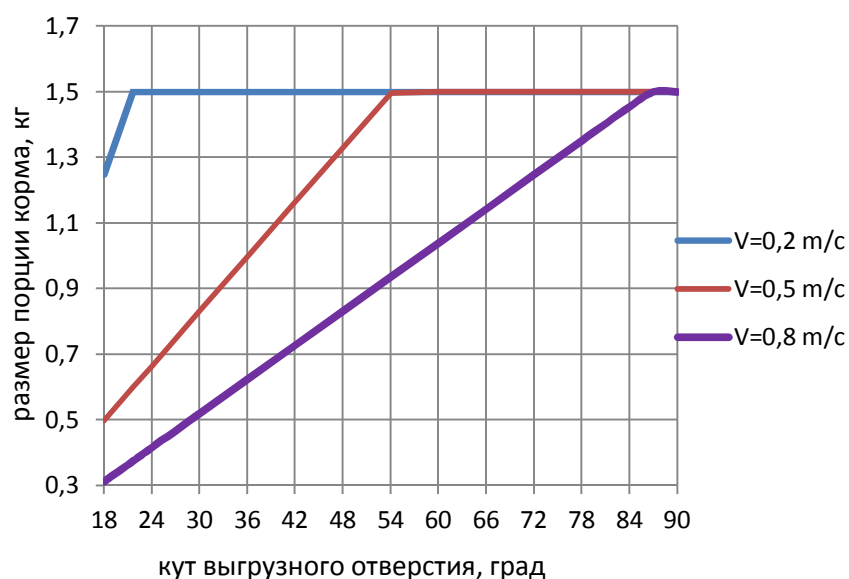


Рис. 2. График зависимости дозы корма (при запланированной массе 1,5 кг) от угла выгрузного окна при разных скоростях перемещения раздатчика

Fig. 2. Chart of dependence of dose of feed (at the prearranged mass of 1,5 kg) from the corner of opening for unloading at different speeds of moving of cattle-feeder

С целью проверки гипотезы на адекватность моделей второго порядка был проведен статистический анализ уравнений регрессии. Проверка адекватности моделей и значимости коэффициентов регрессии проведена с помощью прикладной статистической программы Statistica 6.1.

Статистический анализ позволил определить значимые коэффициенты регрессии, и получить упрощенные уравнения, которые адекватно описывают процесс с заданной 95% вероятностью.

Математические модели после определения значимых коэффициентов регрессии и раскодировал приобрели вид:

массы корма, который выдается одной корове, кг:

$$q = -0,2951 + 0,1276z - 0,1375V + 0,0132\beta, \quad (6)$$

отклонения от заданной дозы корма, проц.:

$$\xi = 24,7473 - 1,7011z - 8,4979V - 0,1479\beta + 0,0387z^2 + 12,744V^2 + 0,0011\beta^2. \quad (7)$$

Анализ уравнений регрессии показал, что при уменьшении дозы выдаваемого корма увеличивается разница между массой корма в одной ячейке и нормой.

Это в свою очередь приводит к увеличению погрешности выдачи. При увеличении

скорости раздатчика корм из ячеек не успевает высыпаться за время прохождения над выгрузным окном (прямая зависимость между скоростью раздатчика и частотой вращения барабана).

Определив частные производные уравнения (7) и приравняв их к нулю определим значение факторов которые обеспечивают оптимальные параметры процесса индивидуально-дозированной выдачи корма.

Для точки экстремума значения скорости будет равняться $V=0,33$ м/с, угла выгрузного окна $\beta=61,2^\circ$, количества штифтов $z=21,98$ шт (потому что, количество штифтов может быть только целой величиной принимаем $z=22$ шт).

При этих (оптимальных) значениях названных факторов наименьшее отклонение выдачи корма от заданной нормы будет составлять 0,079%.

На основании полученных данных построили графики зависимости двух управляемых факторов на отклонение от заданной нормы при оптимальном значении третьего фактора.

Анализ графиков показывает, что общая погрешность не превышает 5%.

То есть восхождение экспериментальных и теоретических данных отвечает выставленным требованиям.

ВЫВОД

Анализ известных конструкторских решений дозаторов для дискретной выдачи корма с учетом особенностей использования в животноводстве показал на целесообразность использование барабанного дозатора для раздачи комбикормов животным при привязном содержании. В результате проведенного теоретического анализа обоснована рациональная конструкторско-функциональ-

ную схему барабанного дозатора с вертикальной осью вращения для индивидуально-дозированной выдачи комбикормов который обеспечивает норму выдачи корма в пределах 1,5...3,5кг на одно скотоместо, а отклонение от заданной нормы выдачи до 5%.

Получены математические модели дозатора, проведено аналитическое исследование, проверена достоверность полученных теоретических зависимостей, которые отображают зависимость качественных показателей процесса дозирования комбикормов от основных конструктивных параметров дозатора.

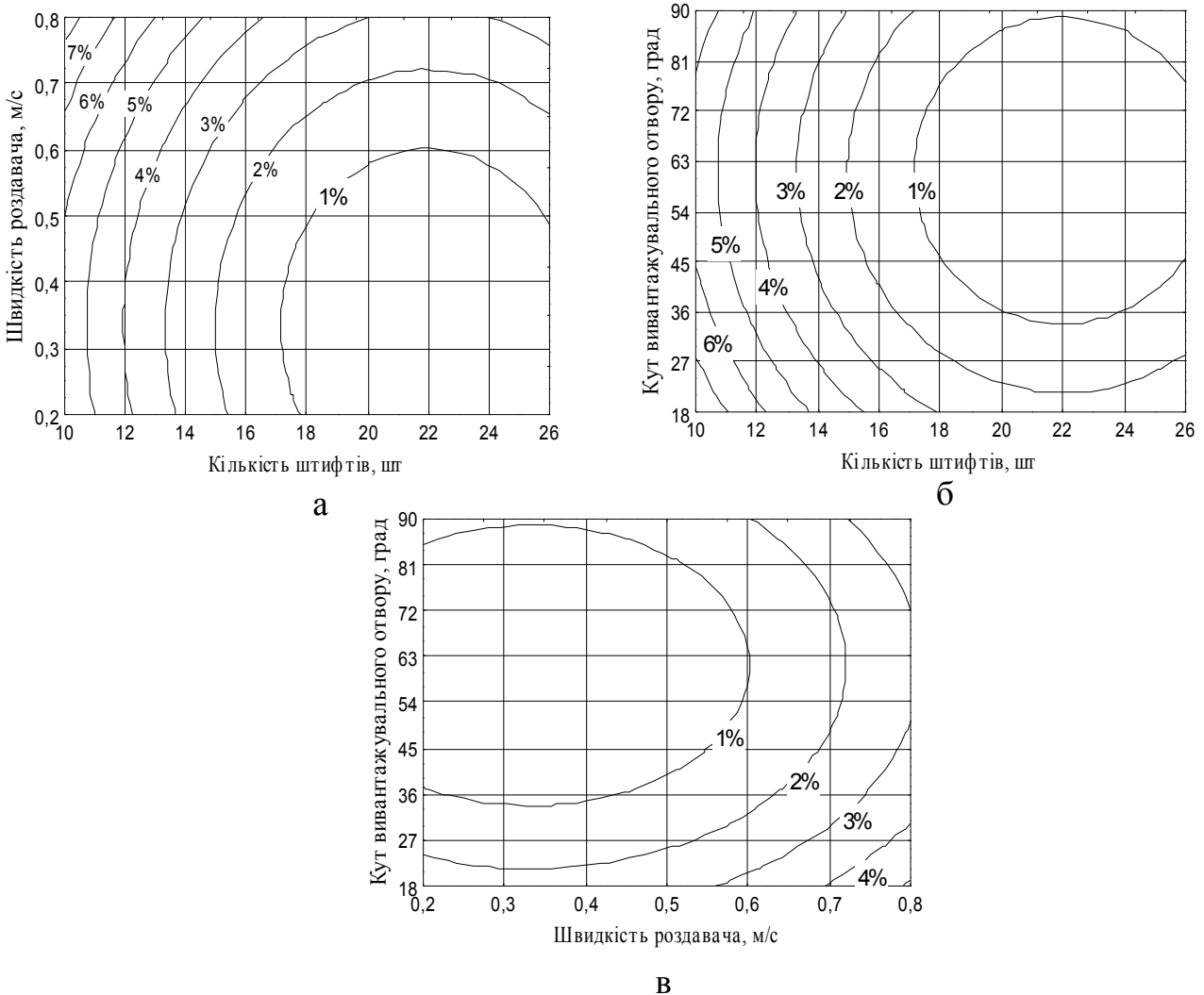


Рис. 3. Влияние двух управляемых факторов на отклонение от заданной нормы при оптимальном значении третьего фактора:

а – $\beta = 62^\circ$; б – $V = 0,33$ м/с; в – $z = 22$

Fig. 3. Influence of two guided factors on deviation from the set norm at the optimal value of the third factor:

а – $\beta = 62^\circ$; б – $V = 0,33$ м/с; в – $z = 22$

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАРАБАНОГО ДОЗАТОРА
КОМБИКОРМОВ

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Mehanizacija 1978: Mehanizacija i avtomatizacija zhivotnovodcheskih ferm. / S.V. Mel'nikov. – L.: "Kolos".
3. Paleckov E.N. 1979: Tehnologicheskie trebovanija k proektirovaniju kormocephov na molochnyh kompleksah // Voprosy kompleksnoj mehanizacii zhivotnovodstva. – Cheljabinsk.
4. Mkrumjan V.S., Stremin V.A., Hlebnikov I.K. 1982: Sistema mehanizacii osnovnyh processov v zhivotnovodstve.// Mehanizacija proizvodstvennyh processov v zhivotnovodstve. – Novosibirsk.
5. Stojanovskij V.S. 1985: Biojenergetika selskohozjajstvennyh zhivotnyh. – M.: Agropromizdat. – 224.
6. Kalashnikov A.P., Klejmenov N.I., Bakanov V.N. i dr. 1985: – M.: Agropromizdat.
7. Jefferktivnoe 1986: Jefferktivnoe ispol'zovanie kormov: Sbornik/ sost. T.N. Bagdasarjanc. – M.: Moskovskij rabochij.
8. Opisanie: Opisanie izobrenenija k avtorskomu svidetel'stvu SU 1822685 A1.
9. Opisanie: Opisanie izobrenenija k avtorskomu svidetel'stvu SU1752294 A2
10. Mehanizacija 1989: Mehanizacija razdachi kormov / A.P. Konakov, Ju.N. Judaev, R.B. Kozin. – M.: Agropromizdat, 1989. – 174.
11. Bratishhev N.F., Grigorjan O.B. 1987: Ustanovi dlja individual'nogo normirovannogo kormlenija korov koncentrirovannymi kormami // Tehnika v sel'skom hozjajstve. – M.: VO Agropromizdat. № 1, – 62–63.
12. Revenko I., Revenko Ju. 2013: Kachestvo prigotovlenija i jefferktivnosti ispolzovanija koncentrirovanyh i kombinirovanyh kormov // MOTROL / – Lublin. – Vol. 15, No 3. – 356–361
13. Potapova S. 2013: Klassifikacija i ocenka izmelchitelej zerna // MOTROL / – Lublin. – Vol. 15, No 3. – 348–355.
14. Koba V.G. 1974: // Mashiny dlja razdachi kormov: Teorija i raschet. – Saratov. – 138.
15. Krasnikov V.V. 1981: Podyemno – transportnye mashiny, M.: – 262.
16. Gjachev L.V. 1968: Dvizhenie sypuchih materialov v trubah i bunkerah. – M.: Mashinostroenie. – 184.
17. Zenkov R.L. 1964: Mehanika nasypanyh gruzov. – M.: Mashinostroenie. – 240.
18. Patent 2003: Patent 52818 (Ukr.)Rozdavach kombikormiv z individual'nim dozuvannjam/ I.I. Revenko, V.V. Radchuk. Bjul.– №4.
19. Melnikov S.V. 1980: Planirovanie jeksperimenta v issledovanijah selskohozjaj-stvennyh processov / S.V. Melnikov, V.R. Aljoshkin, P.M. Roshhin. – L.: Kolos. – 168.
20. Kane M.L. 1987: “Osnovy nauchnyh issledovanij tehnologii mashinostroenija”, Minsk, vysshaja shkola. – 231.
21. Opryshko V.N., Stepanov V.V., Hudoshina Ju.V., Veldjaeva I.S. 2010: Statisticheskoe ocenivanie i obrabotka rezultatov jeksperimenta. Uchebnoe posobie. Saratov: Izdatel'skij centr «Nauka». – 50.

SUBSTANTIATION OF CONSTRUCTIVE-FUNCTIONAL SCHEMES AND RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES BARABANY FEED DISPENSER

Summary. Justification and developed structurally functional diagram of the dispenser for individual issue combined feed the cows, and presented the results of experimental studies of individual accuracy issue of mixed feeds, the regression equation.

Key words: dispenser, vertical axis, honeycomb drum, performance, individual issue.