

4. Razrabotka biotekhnologicheskogo modulya dlya intensivatsii tekhnologii proizvodstva organicheskoy ovoshchnoy produktsii / Sovremennomu APK – effektivnye tekhnologii: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii / S. I. Vasil'ev, S. V. Mashkov, T. S. Gridneva, V. A. Syrkin. – Kinel': RIO SamGAU, 2019. – S. 86-89.

5. Stimulirovanie semyan chechevicy impul'snym magnitnym polem / V.A. Syrkin [i dr.] // Vestnik agrarnoy nauki Dona. – 2018. – № 42. – S. 53-58.

6. Mashkov, S.V. Theoretical substantiation of the device parameters for horizontal continuous measurement of soil hardness in technologies of coordinate arable farming / S.V. Mashkov [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9, N. 4. – P. 1067-1076.

Information about authors

1. **Mashkov Sergey Vladimirovich**, Candidate of Economics Sciences, Associate Professor of the Department of Electrification and Automation of AIC, Samara State Agrarian University, 446442, Samara Region, Kinel, village of Ust-Kinelsky, Uchebnaya str., 1; e-mail: mash_ser@mail.ru, tel.: +79397540486 (ext.) 300;

2. **Vasiliev Sergey Ivanovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrification and Automation of AIC, Samara State Agrarian University, 446442, Samara Region, Kinel, village of Ust-Kinelsky, Uchebnaya str., 1; e-mail: ssaa-samara@mail.ru, tel.: +79397540486 (ext.) 300;

3. **Gridneva Tatyana Sergeevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrification and Automation of Agro-Industrial Complex, Samara State Agrarian University, 446442, Samara Region, Kinel, village of Ust-Kinelsky, Uchebnaya str., 1; e-mail: ssaa-samara@yandex.ru, tel.: +7 9397540486 (ext.) 300.

УДК 631.22.014:636.084.7

DOI: 10.17022/p62y-at55

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ КОРМОРАЗДАТЧИКА ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

А.П. Петров

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Наиболее трудоемким в молочном животноводстве является кормление животных, в процессе которого применяется множество механизмов различной конструкции, отличающихся своей производительностью.

В статье представлена новая конструкция кормораздатчика, позволяющая увеличить зону обслуживания животных при раздаче. Это устройство содержит кормопровод с подвижным дном, загрузочной горловиной и патрубком, соединенным с всасывающей трубой вентилятора. Корпус кормопровода выполнен в виде короба, а подвижное дно – в виде гибкой ленты, прикрепленной к барабанам, установленным по обоим концам короба. Один конец ленты намотан на один из барабанов таким образом, что обеспечивает перемещение разгрузочного устройства, выполненного в виде циклона с дозатором. Барабаны снабжены механизмом реверсивного привода. Внутренняя полость кормопровода и циклона связаны между собой через окна подвижного дна, при этом эти окна внутри короба отгорожены друг от друга щитком, у которого один конец жестко закреплен к внутренней поверхности подвижного дна, а другой – плотно прилегает к внутренней поверхности кормопровода.

К коробу по обоим концам прикреплены опорные катки, которые установлены на направляющие. Для исключения прогиба подвижного дна от веса разгрузочного устройства и для устранения колебаний от перепада давлений они установлены своими краями в пазы, которые прикреплены к боковой стенке короба и армированы жесткими прутками, размещенными внутри ленты с определенным шагом в поперечном направлении. Торцовые части короба перекрыты подпружиненными заглушками, обеспечивающими герметизацию внутренней полости короба при наматывании или разматывании ленты подвижного дна на барабаны.

Применение предлагаемого устройства обеспечит непрерывность процесса раздачи кормов по всей длине животноводческого помещения при расположении кормушек поперек здания, что увеличит зону его обслуживания, а полученные выражения аналитической зависимости позволили рассчитать основные конструктивно-технологические параметры кормораздатчика при его проектировании.

Ключевые слова: кормопровод; подвижное дно; загрузочная горловина; короб; гибкая лента; барабан; циклон; дозатор; реверсивный привод; опорные катки.

Введение. Наиболее трудоемким процессом в молочном животноводстве является кормление животных. При этом для раздачи кормов используют в основном два типа раздатчиков – мобильные и стационарные. Высокая маневренность и интенсивность использования мобильного кормораздатчика – его основные преимущества.

Основной недостаток мобильных раздатчиков кормов – это необходимость иметь широкие кормовые проезды, что приводит к увеличению размеров зданий, загрязнению кормовых проходов почвой, нарушению теплового режима внутри помещений.

Использование стационарных кормораздатчиков полностью устраняет отмеченные недостатки. Использование стационарных кормораздатчиков на фермах с поголовьем в 100 – 150 коров и хранилищ башенного типа позволяет осуществлять кормление животных по заданной программе и при отсутствии обслуживающего персонала, обеспечивают существенное снижение удельных эксплуатационных издержек и произведенных затрат. Такие системы становятся особенно актуальными и экономически целесообразными в связи с ростом цен на энергоносители и оплату труда [1], [2], [5].

Цель и задачи исследования. Целью наших исследований является поиск способов увеличения зоны обслуживания животных при раздаче кормов.

Для достижения обозначенной цели были поставлены следующие задачи:

- разработать новую конструкцию раздатчика кормов;
- получить выражения аналитических зависимостей для расчета основных конструктивно-технологических параметров предлагаемого раздатчика кормов.

Материалы и методы исследования. Была предложена новая конструктивно-технологическая схема раздатчика кормов, содержащая кормопровод 1 с подвижным дном 2, загрузочной горловиной 3 и патрубком 4, соединенным со всасывающей трубой вентилятора 5 (рис. 1.) [4].

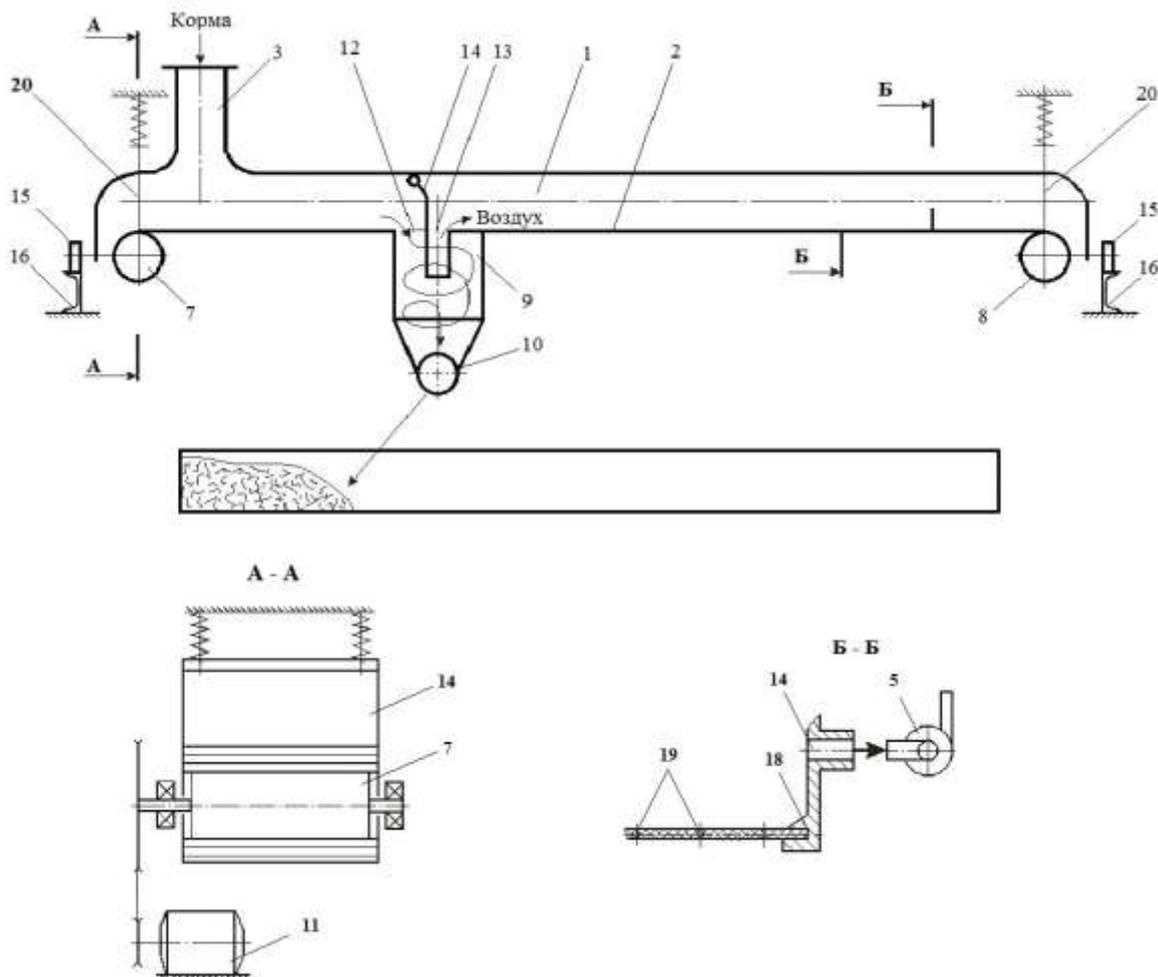


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема раздатчика кормов:

- 1 – кормопровод; 2 – подвижное дно; 3 – загрузочная горловина; 4 – патрубок; 5 – вентилятор; 6 – короб; 7, 8 – барабан; 9 – циклон; 10 – дозатор; 11 – реверсивный привод; 12, 13 – окно; 14 – щиток; 15 – опорный каток; 16 – направляющая; 18 – паз; 19 – пружина; 20 – заглушка.

Корпус кормопровода 1 выполнен в виде короба 6, а подвижное дно 2 – в виде гибкой ленты, прикрепленной к барабанам 7 и 8, установленным по обоим концам короба 6. Один конец ленты намотан на барабан 7 таким образом, что обеспечивает перемещение разгрузочного устройства, выполненного в виде циклона 9 с дозатором 10 с одного конца на другой конец вдоль кормопровода 1. Барабаны 7 и 8 снабжены механизмом реверсивного привода 11. Разгрузочное устройство прикреплено к подвижному дну 2. Внутренняя полость кормопровода и циклона связаны между собой через окна 12 и 13 подвижного дна, при этом эти окна внутри короба 6 отгорожены друг от друга щитком 14, одним концом жестко закреплены к внутренней поверхности подвижного дна, а другим – плотно прилегают к внутренней поверхности кормопровода 1. К коробу 6 по обоим концам прикреплены опорные катки 15, которые установлены на направляющие 16, вмонтированные в верхнюю часть продольных стенок животноводческого помещения (на рисунке не показаны), при этом два катка, расположенные по концам короба, снабжены механизмом привода 17.

Для исключения прогиба подвижного дна 2 от веса разгрузочного устройства и для устранения колебаний от перепада давлений они своими краями установлены в пазы 18, прикрепленные к боковой стенке короба и армированные жесткими прутками 19, размещенными внутри ленты с определенным шагом в поперечном направлении. Торцовые части короба 6 перекрыты подпружиненными заглушками 20, обеспечивающими герметизацию внутренней полости короба при наматывании или разматывании ленты подвижного дна на барабаны 7 и 8.

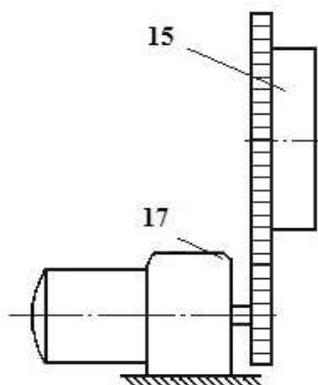


Рис. 2. Опорный каток с приводом: 15 – опорный каток; 17 – механизм привода.

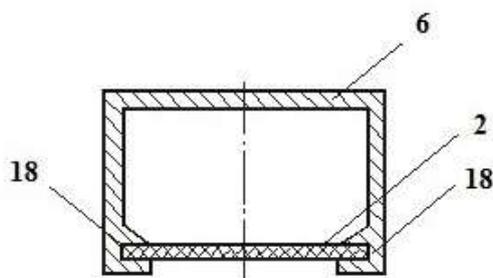


Рис. 3. Поперечное сечение короба: 2 – подвижное дно; 6 – короб; 18 – паз.

Раздатчик кормов работает следующим образом.

Раздаваемый корм через загрузочную горловину 3 и внутреннюю полость кормопровода 1 вместе с воздухом, отсасываемым вентилятором 5 через окно 13, поступает в циклон 9, где, отделяясь от воздуха за счет собственного веса и падения скорости воздушного потока, попадает в дозатор 10, который сбрасывает его с кормушки (на рисунке не обозначены). Отделившийся от комовой массы воздушный поток через окно 12 отсасывается из кормопровода. При движении подвижного дна 2 вместе с разгрузочным устройством вдоль кормушек осуществляется раздача кормов на всю длину кормушки. Далее при помощи включения механизма привода 17 кормопровод переводят на следующий ряд кормушек, и цикл повторяется уже при движении подвижного дна 2 в обратном направлении. Скорость перемещения подвижного дна с разгрузочным устройством выбирается исходя из нормы выдачи кормов, а при достижении разгрузочным устройством крайних положений автоматически отключается реверсивный привод 11 и включается привод 17, который выключается при выравнивании кормопровода со следующим рядом кормушек. После достижения кормопроводом по направляющим 16 торца животноводческого помещения процесс раздачи корма заканчивается и вентилятор 5 отключается.

При расчете параметров конструкции пневматических кормораздатчиков необходимо располагать следующими данными: заданной производительностью Q (т/ч); плотностью частиц корма ρ_k (кг/м³); конфигурацией и габаритными размерами кормопровода (длина, высота подъема корма, наличие поворотов и т. п.), учитывать вид раздаваемого корма.

При этом необходимо определять расход воздуха V_b , минимальную скорость воздуха в начале кормопровода V_n , поперечное сечение кормопровода F .

Расход воздуха (кг/с) определяется

$$V_b = Q/(3,6 \mu), \quad (1)$$

где μ – коэффициент концентрации смеси (отношение расхода корма к расходу воздуха) (табл. 1).

В системах вентиляции коэффициент концентрации смеси обычно $\mu \leq 1$. При повышенном значении вакуума $\mu \leq 5$ расходный коэффициент концентрации смеси определяется

$$\mu = Q/(3,6 V_b). \quad (2)$$

Таблица 1. – Параметры конструкции пневматических кормораздатчиков для различных видов кормов [3]

Вид корма	Плотность, т/м ³	μ при транспортировании корма во взвешенном состоянии	Скорость, м/с		
			частиц корма		воздуха, V
			витаия, V_b	критическая, $V_{кр}$	
Солома измельченная до 100 мм: пшеницы ржи овса	0,03...0,05	0,2...0,5	12,0...19,0		16...20
	0,03...0,05	0,2...0,5	6,4...8,4		16...20
	0,03...0,05	0,2...0,5	7,0...8,7		16...20
Измельченная зеленая масса	0,28...0,35	1,2...1,4			25...30
Полова: гречневая ячменная овсяная	0,18...0,20	0,4...0,7		0,92...2,73	16...20
	0,18...0,20	0,4...0,7		0,67...3,10	16...20
	0,18...0,20	0,4...0,7		0,67...3,10	16...20
Комбикорм	0,50...0,62	1,1...1,3			

Следует отличать расходный коэффициент концентрации смеси от мгновенного коэффициента концентрации μ_m , который равен отношению массы M_k находящегося в трубопроводе корма к массе M_b воздуха в данный момент времени, то есть

$$\mu_m = M_k/M_b. \quad (3)$$

Подставляя в формулу (2) выражение (3), получим

$$Q = 3,6 M_k V_k/L, \quad (4)$$

где V_k – скорость частиц перемещаемого корма, м/с; L – длина кормопровода, м.

Тогда расход воздуха определяется (кг/с)

$$V_b = M_b V/L, \quad (5)$$

где V – скорость движения воздуха, м/с.

С учётом этого коэффициент концентрации смеси определяется

$$\mu = Q/3,6 V_b = M_k V_k / M_b V = \mu_m / V_k. \quad (6)$$

При выборе значения коэффициента концентрации смеси необходимо учитывать следующие общие положения: расходный коэффициент концентрации смеси уменьшается с увеличением крупности частиц корма, их плотности и расстояния его транспортировки.

Зависимость коэффициента концентрации смеси μ от длины кормопровода можно выразить эмпирической формулой

$$\mu = c''/e^{d''L}, \quad (7)$$

где c'' , d'' – приведённые коэффициенты (табл. 2).

Мгновенный коэффициент концентрации смеси (отношение 1 кг корма к 1 кг воздуха)

$$\mu_m = q_k/q_b = \mu/\beta_k, \quad (8)$$

где q_k – распределенная масса корма, кг/м; q_b – распределенная масса воздуха, кг/м; $\beta_k = 0,35...0,85$ – коэффициент скорости перемещения корма (отношение скорости перемещения корма к скорости воздуха), который тем меньше, чем крупнее частицы корма; для дроблённых, мелко измельченных кормов $\beta_k = 0,6...0,85$.

Таблица 2 – Значения приведённых коэффициентов с" и d" [6]

Корма	Плотность, ρ_k , т/м ³	Приведенная длина кормопровода $L_{пр}$, м	с"	d", м ⁻¹
Измельчённая солома, сено, травяная сечка, травяная мука	0,05 ... 0,20	50 ... 1800	55,5	0,00157
Дерть: ячменная, зерновая смеси. Комбикорм рассыпной	0,46 ... 0,62	10 ... 6000	72	0,00444
Кормосмесь: измельчённое сено + измельчённый сенаж	0,15...0,17	10 ... 150	37,5	0,0122

Завышенное значение массового коэффициента концентрации смеси может привести к тому, что предлагаемый раздатчик кормов не достигнет показателей предполагаемой расчетной производительности. При выборе заниженного значения коэффициента концентрации смеси расчетная производительность будет обеспечена, но энергозатраты увеличатся, что ухудшит технико-экономические показатели предлагаемой конструкции.

При расчете показателей пневматических кормораздатчиков используют параметры двухфазного потока, поэтому распределенная (на 1 м длины кормопровода) масса перемещаемого корма (кг/м) определяется

$$q_k = Q/3,6 \quad V_k = Q/3,6V\beta_k = \mu Q/V\beta_k = \mu q_v/\beta_k \quad (9)$$

Распределенная масса воздушного потока (кг/м) выражается

$$q_v = B_v/V. \quad (10)$$

Распределенная масса смеси (кг/м)

$$q_c = q_v + q = B_v/V(1 + \mu/\beta_k). \quad (11)$$

Плотность смеси (кг/м³)

$$\rho_c = \rho_v(1 + \mu/\beta_k) = \rho_v(1 + \mu_m), \quad (12)$$

где ρ_v – плотность воздуха при нормальных условиях ($P_{ат} = 100$ кПа и $T = 293$ К, равная $1,24$ кг/м³).

Теоретическое значение плотности смеси ρ_c определяют по формуле

$$\rho_c = [\rho_v(1 + \mu_m)\rho_k]/(\rho_k + \rho_v\mu_m). \quad (13)$$

Относительное превышение плотности частиц корма по сравнению с плотностью воздушного потока

$$a_v = (\rho_k - \rho_v)/\rho_v \approx \rho_k/\rho_v. \quad (14)$$

Скорость движения воздушного потока в кормопроводе находят по формуле

$$V_k = Q/3,6F(1/\rho_v\mu + 1/\beta_k\rho_k). \quad (15)$$

Так как второе слагаемое в скобках имеет очень малую величину по сравнению с первым, им можем пренебречь. Тогда получаем

$$V_k = Q/3,6F\rho_v\mu. \quad (16)$$

Учитывая выражение (1), находим

$$V_k = B_v/F\rho_v. \quad (17)$$

Минимальная скорость движения воздушного потока в начале кормопровода

$$V_n = B_v/F\rho_n, \quad (18)$$

где ρ_n – плотность воздушного потока в начале кормопровода, кг/м³.

Эта скорость должна быть больше критической скорости V_k

$$V_n = k_n V_k, \quad (19)$$

где k_n – коэффициент запаса скорости и надежности транспортирования (обычно изменяется в пределах 1,25...2,5; рекомендуемое значение $k_n = 1,3...1,5$).

Если выбрать скорость воздушного потока в начале кормопровода, то, пользуясь выражением (18), можем определить поперечное сечение кормопровода

$$F = B_v/V_n\rho_n. \quad (20)$$

Далее, задавая ширину кормопровода b , определяем его высоту h

$$h = F/b. \quad (21)$$

Результаты исследования и их обсуждение. Предлагаемая конструкция раздатчика кормов для крупного рогатого скота по сравнению с другими известными техническими решениями позволяет

- 1) снизить металлоемкость устройства;
- 2) снизить энергоемкость процесса раздачи кормов животным;
- 3) повысить равномерность выдачи кормов животным.

Основное достоинство пневматического раздатчика кормов – его универсальность и возможность круглогодичного использования при различных видах содержания крупного рогатого скота. Он полностью соответствует условиям работы и на малых фермах, и на фермах в крупных крестьянских хозяйствах, имеет несложную конструкцию и может быть изготовлен в любом хозяйстве.

Выводы.

1. Таким образом, применение предлагаемого устройства обеспечит непрерывность процесса раздачи кормов по всей длине животноводческого помещения при расположении кормушек поперек здания, что увеличит зону его обслуживания.
2. Полученные аналитические зависимости (4), (5), (14), (17), (19), (20) и (21) позволяют рассчитать основные конструктивно-технологические параметры раздатчика кормов при его проектировании.

Литература

1. Андреев, П. А. Рациональное использование техники в животноводстве / П. А. Андреев, Л. М. Цой, А. В. Филиппов. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 6 с.
2. Матвеева, И. С. Кормораздатчик для нормированного кормления свиней / И. С. Матвеева, А. П. Петров // Студенческая наука – первый шаг в академическую науку: материалы Всероссийской научно-практической конференции с участием школьников 10-11-х классов. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2019. – Ч. 2. – С. 123 -125.
3. Машины непрерывного транспорта / Ш. М. Мерданов, Н. И. Смолин, А. А. Иванов [и др.]. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – 208 с.
4. Пат. Российская Федерация. № 2655943. МПК А01К 5/00. Раздатчик кормов / Петров А. П.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2017123126; заявл. 29.06.2017; опубл. 30.05.2018, Бюл. № 16. – 3 с.
5. Пат. Российская Федерация. № 2690453 МПК А01К 5/00. Кормораздатчик / Петров А. П., Ларкин С. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия». – № 20140950; заявл. 23.11.2017; опубл. 03.06.2018, Бюл. № 16. – 2 с.
6. Петров, А. П. Курсовое проектирование по механизации и электрификации животноводства / А. П. Петров. – Чебоксары: ЧГСХА, 2002. – 103 с.

Сведения об авторе

Петров Аверкий Петрович, кандидат технических наук, доцент, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: averkij@yandex.ru, тел. 8-960-309-30-07.

CALCULATION OF FEEDER CONSTRUCTION PARAMETERS FOR CATTLE**A.P. Petrov**

*Chuvash State Agricultural Academy
428003, Cheboksary, Russian Federation*

Abstract. *The most laborious in dairy farming is the feeding of animals, in the process of which many mechanisms of various designs, differing in their productivity, are used.*

The article presents a new design of the feeder, which allows to increase the service area of animals during feed distribution. This device comprises a feed pipe with a movable bottom, a loading neck and a pipe connected to a fan suction pipe. The housing of the feed pipe is made in the form of a box, and the movable bottom is in the form of a flexible tape attached to drums installed at both ends of the box. One end of the tape is wound on one of the drums in such a way that it moves the unloading device, made in the form of a cyclone with a dispenser. The drums are equipped with a reverse drive mechanism. The internal cavity of the feed pipe and the cyclone are interconnected through the windows of the moving bottom, while these windows inside the box are fenced off by a shield, one end of which is rigidly fixed to the inner surface of the moving bottom, and the other is tightly attached to the inner surface of the feed pipe.

Track rollers are attached to the box at both ends, which are mounted on rails. To exclude the bending of the movable bottom from the weight of the unloading device and to eliminate fluctuations from the differential pressure, they are installed with their edges in grooves that are attached to the side wall of the box and reinforced with rigid rods placed inside the tape with a certain step in the transverse direction. The end parts of the box are covered with spring-loaded plugs, which provide sealing of the internal cavity of the box when winding or unwinding the tape of the moving bottom on the drums.

The application of the proposed device will ensure the continuity of the feed distribution process along the entire length of the livestock building when the feeders are located across the building, which will increase its service area, and the obtained expressions of analytical dependence made it possible to calculate the main structural and technological parameters of the feeder during its design.

Key words: *feed pipe; moving bottom; filler neck; box; flexible tape; drum; cyclone; dispenser; reversible drive; track rollers.*

References

1. Andreev, P. A. Racional'noe ispol'zovanie tekhniki v zhivotnovodstve / P. A. Andreev, L. M. Coj, A. V. Filippov. – M.: Rosagropromizdat, 1991. – 6 s.
2. Matveeva, I. S. Kormorazdatchik dlya normirovannogo kormleniya svinej / I. S. Matveeva, A. P. Petrov // Studencheskaya nauka – pervyj shag v akademicheskuyu nauku: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s uchastiemshkol'nikov 10-11-h klassov. – CHEboksary: FGBOU VO CHuvashskaya GSKHA, 2019. – CH. 2. – S. 123 -125.
3. Mashiny nepreryvnogo transporta / SH. M. Merdanov, N. I. Smolin, A. A. Ivanov [i dr.]. – Tyumen': TyumNGGU, 2010. – 208 s.
4. Pat. Rossijskaya Federaciya. № 2655943. MPK A01K 5/00. Razdatchik kormov / Petrov A. P.; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO «CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya». – № 2017123126; zayavl. 29.06.2017; opubl. 30.05.2018, Byul. № 16. – 3 s.
5. Pat. Rossijskaya Federaciya. № 2690453 MPK A01K 5/00. Kormorazdatchik / Petrov A. P, Larkin S. V.; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO «CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya». – № 20140950; zayavl. 23.11.2017; opubl. 03.06.2018, Byul. № 16. – 2 s.
6. Petrov, A. P. Kursovoe proektirovanie po mekhanizacii i elektrifikacii zhivotnovodstva / A. P. Petrov. – CHEboksary: CHGSKHA, 2002. – 103 s.

Information about the author

Petrov Averkiy Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx Str., 29, e-mail: averkij@yandex.ru, tel. 8-960-309-30-07.

УДК 631.3-1/-9

DOI: 10.17022/efdy-4a93

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАВЕСНОЙ СЦЕПКИ БОРОН

П.А. Смирнов, А.А. Степанова, М.П. Смирнов

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия,
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Природно-климатические условия России таковы, что операцию весеннего боронования нельзя исключить из перечня обязательных операций. Большинство бороновальных агрегатов составлено по прицепной схеме, но в последние годы на рынке сельскохозяйственных машин появились навесные конструкции, причем контрастно отличающиеся друг от друга. Прежде всего, это разнообразие вызвано отсутствием аналитических расчетов по обоснованию навесной конструкции сцепки. Во-вторых, работа направлена на увеличение производительности бороновальных агрегатов путем переоборудования в навесной режим агрегатирования. На прицепных бороновальных агрегатах длина тяги определена, и она равна приблизительно 800...900 мм. Но на навесных сцепках длину тяги ограничивают максимальная высота подъема навески трактора и обязательный транспортный просвет орудия. Исходя из этих параметров, приведена формула для расчета основного конструктивного параметра навесной сцепки зубовых борон - длины тяги. Для сцепки к трактору Т-25А определена рациональная длина тяги 0,3 м. При этом для стабилизации хода рабочих борон агрегата авторами предложено монтировать регулируемые по высоте опорные колеса, которые позволяют корректировать линию силы тяги ($\delta=14...17^\circ$) в зависимости от заглубления её зубьев, то есть от твердости обрабатываемого агрофона. Проектирована навесная сцепка с регулируемыми опорными колесами в комплекте борон. Теоретические расчеты подтверждены экспериментальными исследованиями в личных подсобных и крестьянских фермерских хозяйствах Чебоксарского района Чувашской Республики и УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашской ГСХА.

Ключевые слова: бороновальный агрегат, навесное агрегатирование, длина тяги, линия тяги, регулируемое колесо, диапазон регулирования

Введение. Природно-климатические условия России при проведении весенне-полевых работ отличаются медленным разогревом почвы до температуры, приемлемой для большинства районированных культур, и сильными ветрами, вызывающими интенсивную утечку влаги через капилляры на почвенной корке. Как правило, для решения задачи проводят закрытие влаги боронованием. Таким образом, операцию весеннего боронования нельзя исключить из перечня обязательных операций [3, 6, 7]. Большинство таких агрегатов составлено по прицепной схеме, но в последние годы на рынке сельскохозяйственных машин появились навесные конструкции, причем контрастно отличающиеся друг от друга [8-12]. Прежде всего, это разнообразие вызвано отсутствием аналитических расчетов по обоснованию навесной конструкции сцепки [4, 5]. Во-вторых,