Тип статьи: научная
УДК 631.363.7
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-4-43-52

ТЕХНОЛОГИЯ СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ КОРМА

Игорь Евгеньевич Припоров [1]

[1]*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Краснодарский край, Россия*
[1]i.priporov@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-8201-2819

Реферат. *Технологическая модернизация животноводства требует производства полнорационных комбинированных кормов. Основной задачей развития животноводства является устойчивое производство кормовых смесей с использованием высокоэффективных ресурсосберегающих машин и технологий. Было выявлено, что недостатком способа смешивания сыпучих материалов является отсутствие анализа качества компонентов кормов. Для устранения данных недостатков было разработано устройство для смешивания компонентов корма. В разработанной технологии смешивания кормов за счет конструктивных особенностей при наличии мультимедийного устройства достигается повышенная точность оценки качества и характера смешивания корма. При наличии в технологии помимо мультимедийного устройства персонального компьютера с программным обеспечением Mathcad обеспечивается однородность полученного корма в реальном времени. Для получения однородной смеси корма необходимо добиться следующих рациональных параметров, которые составляют* υ *= 1,82м/с, P = 1,39 МПа, t = 9,47мин при степени однородности 89,4%..*

Ключевые слова: *белковый корм, смеситель, жмых подсолнечный, мультимедийное устройство, персональный компьютер, крапан-распредитель.*

TECHNOLOGY OF MIXING FEED COMPONENTS

Igor Priporov [1]

[1]*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin Crops, Krasnodar, Krasnodar region, Russian Federation*
[1]i.priporov@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-8201-2819

Abstract. *In our country, animal husbandry needs technological modernization due to the fact that with a large amount of resources, it does not meet the needs of the country's population for animal products, since their import exceeds 40% of annual consumption. With such imports, per capita consumption of these products is not included according to medical standards. In order to realize the task of restoring and developing its production, it is necessary to feed with full-fledged feed mixtures. To increase the productivity of farm animals, high-quality full-fledged feeds are needed, which are satisfied by combined ones. The productivity of them and poultry by 50-60% depends on the quality of its consumption. A promising direction for improving the efficiency of animal husbandry should be a balanced diet with bulk feed mixtures, as well as high-quality compound feeds in farms. If the diets are unbalanced by biologically active substances, it causes metabolic disorders in animals, which is accompanied by morbidity. The main task of animal husbandry development is dominated by their sustainable production with highly efficient resource-saving machines and technologies. The disadvantage of the method of mixing bulk materials is the lack of analysis of the quality of feed components. To eliminate these shortcomings, a device for mixing feed components was developed, which is described by the device and the principle of its operation. In the developed feed mixing technology, due to the design features in the presence of a multimedia device, an increased accuracy in assessing the quality and nature of feed mixing is achieved. If the technology has a personal computer with Mathcad*

software in addition to a multimedia device, the uniformity of the received feed in real time is ensured. To obtain a homogeneous feed mixture, it is necessary to achieve the following rational parameters, which are υ = 1.82 m / s, P = 1.39 MPa, t = 9.47 min with a degree of uniformity of 89.4%.

Keywords: *protein feed, mixer, sunflower cake, multimedia device, personal computer, krapan distributor.*

Для цитирования: Приворов И.Е. Технология смешивания компонентов корма // Наука в центральной России Science in the central Russia. 2022. Т. 58, № 4. С. 43-52. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-4-43-52.

For citation: Priporov I. Technology of mixing feed components // Наука в центральной России Science in the central Russia. 2022; 58(4): 43-52. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-4-43-52.

Введение. Производство продукции животноводства, рациональное кормление животных и производственных групп имеют физиологическое, хозяйственное и экономическое значения. Состав и качество рационов влияют на здоровье животных, их рост и развитие, параметры производительности, на физическую работоспособность и др. Для достижения зоотехнического и экономического эффекта на основе кормления животных, необходимо произвести сбалансирование между составом и питательностью рационов для конкретной производительности [1-3].

В нашей стране животноводство не удовлетворяет потребности населения по продуктам животного происхождения, их импорт составляет более 40% от годового потребления. Требуется технологическая модернизация животноводства за счет внедрения современных ресурсосберегающих технологий. Эффективность технологий в животноводстве определяется генетическим потенциалом используемых животных; качеством получаемой продукции (мясо. молоко и др.); качеством машин, оборудования, энергии; удельными затратами и качеством кормов. Продуктивность животноводства на 50-60% зависит от качества кормов [4, 5]. Для сельскохозяйственных предприятий качество кормов актуально. Они приводят наибольшим финансовым потокам в структуре себестоимости ее продукции и птицеводства. Сегодня усиливается контроль готовой животноводческой продукции и кормов, а также сырья, которое входит в их состав [6, 7, 8].

С кормами связаны многие проблемы в животноводстве: недостаток хранилищ для грубых и сочных кормов; недостаток или перерасход кормов; чистка кормущек, раздельное использование отдельных компонентов рациона (сено, комбикорма, силос и др.); недостаток современных эффективных средств механизации; несоблюдение требований к подготовке кормов и др. В качестве качественных полнорационных кормов привлекательны комбинированные [9,10]. Необходимо сбалансированное по биологически активным веществам питание животных сыпучими кормовыми смесями, а также комбикормами высокого качества в хозяйствах. Отсутствие такого питания приводит к нарушениям обмена веществ животных, вызывает различные болезни [11-13].

Премиксы и белково-витаминно-минеральные добавки в хозяйствах часто неэффективны из-за неправильного смешивания и дозирования [14]. Ученые зарубежья проводят исследования по кормлению животных, в результате которых отмечается их положительный эффект при подготовке кормов [15-19] и особенно полнорационными кормами [15,20].

Очевидна необходимость хорошей централизованной кормовой базы для любого животноводческого предприятия, способной обеспечить снабжать фермы качественными кормами.

Но наряду с этим важна подготовка кормов децентрализовано непосредственно перед кормлением животных. С целью экономии многие предприятия малых форм хозяйствующих субъектов приготавливают корма сами с помощью небольших комплексов, способных выполнять различные технологические операции. Применение кормов, приготовленных в условиях хозяйства

на животноводческих предприятиях, снижает вероятность приобретения продукта плохого качества и сокращает затраты на транспортирование корма, хранение и приготовление [21,22].

Материалы и методы. Для эффективного производства кормовых смесей в животноводстве необходимо смешивание компонентов корма. При этом производительность и однородность их смешивания зависит от конструктивных параметров смесителей и режимов их работы. Проведенные исследования подтвердили, что большинство разработанных смесителей являются циклическими, которые наиболее предпочтительнее по сравнению с другими. Однако с течением времени изменяются зоотехнические требования по смешиванию сухих и жидких компонентов в кормосмесях и по этой причине необходимо произвести усовершенствование конструктивных и технологических их параметров [23-26].

Смешивание их осуществляется в кормосмесителях, которые обеспечивают высокую однородность смеси по питательности корма. Сыпучие корма в серийных смесителях не обеспечивают зоотехнические требования по качеству смеси [27].

Известен способ их смешивания и выдачи кормов, согласно [28], который включает загрузку его компонентов в емкость на транспортер с формированием слоя монолита по объему. Далее отделение порций его компонентов с торца монолита за счет подачи его в емкость счесывающему рабочему органу и сбрасывание их на поперечный транспортер с перераспределением между собой компонентов корма.

Недостатком способа является отсутствие анализа качества компонентов кормов.

Известен способ смешивания сыпучих материалов, согласно [29], который включает следующие технологические операции: подача смешиваемых компонентов в камеру смешивания, основной компонент подают в нее псевдосжиженным потоком, а частицы вводимых компонентов поступают под прямым углом к направлению движения его и с разной скоростью движения.Недостатком способа является отсутствие анализа качества компонентов корма, которые поступают в камеру смешивания.

Для устранения данных недостатков в Кубанском ГАУ имени И.Т. Трубилина было разработано устройство для смешивания компонентов корма (рисунок 1), на который получен патент [30]. Устройство для реализации способа смешивания компонентов корма, содержит накопительную емкость 1, горизонтально размещенным под ней с зазором приемным транспортером 2, питатель с распределителем 3. Также устройство имеет анализатор 4 качества корма, компрессор 5, электронный блок 6 управления, персональный компьютер 7, мультимедийное устройство 8, приемную емкость 9 для смешанного корма с клапаном-распределителем 10, емкость 11 для дополнительного смешивания корма, емкость 12 готового корма. Анализатор 4 качества корма расположен над питателем с распределителем 3, выполненный в виде единого узла, расположенном над накопительной емкостью 1 и соединен с емкостью 11 для дополнительного смешивания корма. Накопительная емкость 1 соединена с компрессором 5. Компрессор 5 соединен с электронным блоком 6 управления. Дно накопительной емкости 1 выполнено в виде жалюзийной решетки с приводом (на рисунке 1 не показано) и соединено с электронным блоком 6 управления. Мультимедийное устройство 8 расположено над приемным транспортером 2 и соединено с персональным компьютером 7. Персональный компьютер 7 соединен с клапаном-распределителем 10 приемной емкости 9 для смешанного корма, расположенный над входом емкости 11 для дополнительного смешивания корма. Выход емкости 11 для дополнительного смешивания корма соединен со входом емкости 12 готового корма. Питатель с распределителем 3 имеет отводящие каналы, соединенные с накопительной емкостью 1, крайние из которых выполнены по форме параболы, а центральный имеет прямоточную цилиндрическую форму. Привод имеет шаговый двигатель для регулирования открытия и закрытия жалюзи решетки накопительной емкости 1.

Способ смешивания компонентов корма осуществляется следующим образом. Предварительно компоненты корма поступают в анализатор 4 его качества, если корм недостаточно очищен, то его направляют на дополнительную очистку, осуществляемой известным способом, который приведен в Патенте № 2 636 480. Затем компоненты корма поступают в питатель с распределителем 3 через отводящие каналы 13 в накопительную емкость 1. Продольное расположение компонентов кормов внутри накопительной емкости, поступающие самотеком

через ее открытое дно с укладкой слоев на приемный транспортер 2. Во время смешивания в накопительной емкости 1 подают под давлением не более 2МПа и в течение 5-10 минут воздушную струю в нижнюю часть сбоку накопительной емкости для создания псевдожиженного состояния компонентов корма и после смешивания контролируют качество перемешивания компонентов корма.

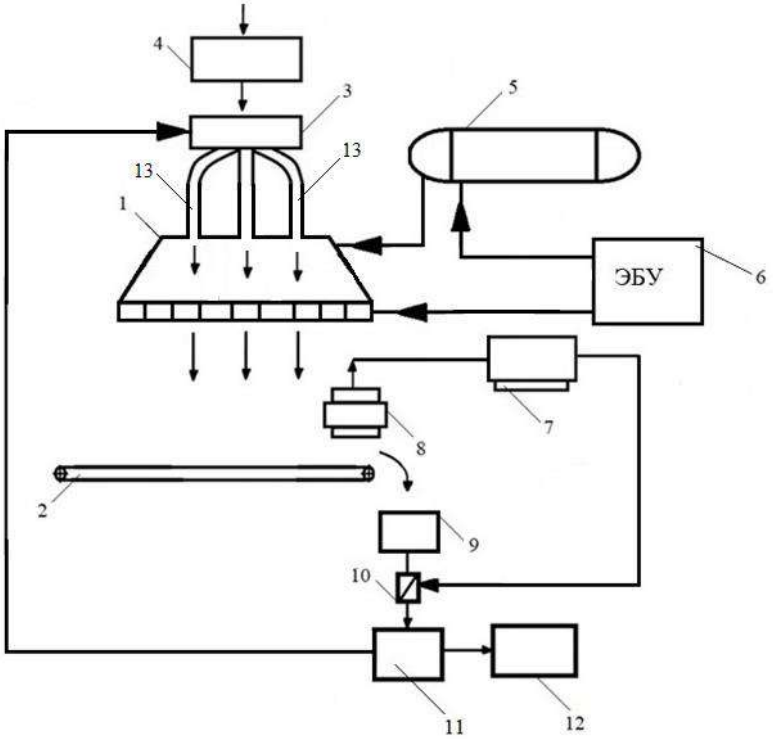

Рисунок 1 – Устройство для реализации способа смешивания компонентов корма – общий вид (патент №2769725 РФ)

Если давление в компрессоре будет больше 2 МПа, то будут происходить скачки давления внутри него на разницу между начальным и конечным давлением. Если меньше 2 МПа, то не будет поддерживать компоненты корма в псевдожиженном состоянии и приведет неоднородности.

Если время будет меньше указанного диапазона (5-10 минут) то компоненты корма не успеют перемешаться и не полученный корм неоднородный.

Если больше 10 минут, то компоненты корма при смешивании будут травмироваться что приведет к несоответствию корма зоотехническим требованиям.

Далее через открытое жалюзи дно накопительной емкости 1, корм поступает на приемный транспортер 2. После поступления корма на приемный транспортер 2 жалюзи дно в накопительной емкости 1 закрывается и включается приемный транспортер 2.

Приемный транспортер 2 подает смешанный корм в емкость 9 для его смешивания. Персональный компьютер 7 подает сигнал клапану-распределителю 10 и через емкость 11 для дополнительного смешивания корм поступает в емкость 12 готового корма.

Для контроля качества однородности смешивания корма с помощью мультимедийного устройства 8 получают изображение смешанного корма. Далее это изображение подают на компьютерную обработку с программным обеспечением Mathcad для определения качества однородности смешивания соответствующее зоотехническим требованиям на смешивание.

Если после смешивания корм не соответствует зоотехническим требованиям на смешивание, то он поступает через емкость 11 для дополнительного смешивания корма в питатель с

распределителем 3 и процесс повторяется до соответствия корма зоотехническим требованиям на смешивание.

Для проверки однородности смешивания в разработанной установке исходя из проведенного анализа литературной информации был проведен многофакторный план Бокса-Бенкина по методике, приведенной в работе [31].

Факторы и уровни варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Факторы и уровни варьирования

Факторы	Значение фактора			Интервал варьирования
	+ 1	0	– 1	
Скорость воздушного потока (x_1), м/с	3	2	1	1
Давление, создаваемое компрессором (x_2), МПа	2	1,5	1	0,5
Время смешивания (x_3), мин.	10	8	6	2

В качестве критерия оптимизации была выбрана степень однородности смешивания компонентов корма. Согласно зоотехническим требованиям на смешивание компонентов корма, например концентрированных степень однородности смешивания находится в пределах 85 – 95% [32].

Результаты исследований. После проведения многофакторного эксперимента было получено уравнение регрессии в:

- кодированном виде

$$y = 89{,}05 + 0{,}602x_1 - 1{,}2x_2 + 0{,}691x_3 - 4{,}125x_{12} - 0{,}874x_{13} - 0{,}375x_{23} + 2{,}437x_1^2 - 1{,}5625x_2^2 - 0{,}64x_3^2, \quad (1)$$

где y – степень однородности смешивания компонентов корма, %.

Знаки перед b_i в уравнении (1) указывают на то, что изменение x_i вызывает увеличение («+») или уменьшение («–») степени однородности смешивания. Величина коэффициентов парных взаимодействий b_{ij} говорит о том, что действие одного из рассматриваемых факторов зависит от уровня фактора, так как b_{ij} имеет отрицательный знак, то степень однородности смешивания уменьшается в тех случаях, когда оба фактора x_i и x_j находятся на нижних уровнях. Анализируя коэффициенты b_i уравнения регрессии, можно сделать вывод, что наибольшее влияние [31] на степень однородности смешивания оказывает давление, создаваемое компрессором (коэффициент регрессии 1,2), затем – время смешивания (коэффициент регрессии 0,691) и в меньшей мере – скорость воздушного потока (коэффициент регрессии 0,602).

Подсчет коэффициентов канонического уравнения показал, что B_1 = 2,437; B_2 = –1,599; B_3 = –0,603.

Уравнение в канонической форме будет

$$Y - 89{,}38 = 2{,}437X_1^2 - 1{,}599X_2^2 - 0{,}603X_3^2. \quad (2)$$

После подстановки в уравнение (2) разных значений критерия оптимизации получили уравнения второй степени в стандартной форме, с помощью которых построены поверхности отклика [31] (рисунки 2-4).

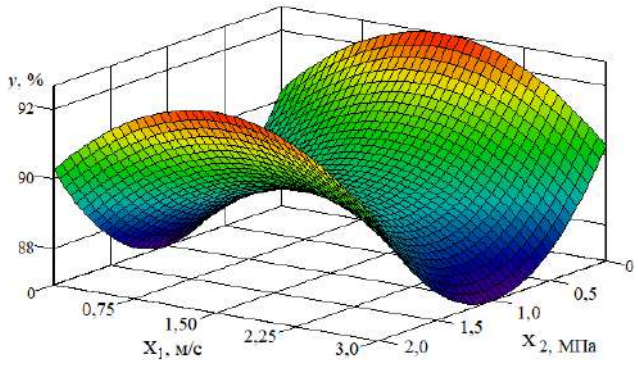

Рисунок 2 – Зависимость степени однородности смешивания компонентов корма от скорости воздушного потока и давления, создаваемого компрессором

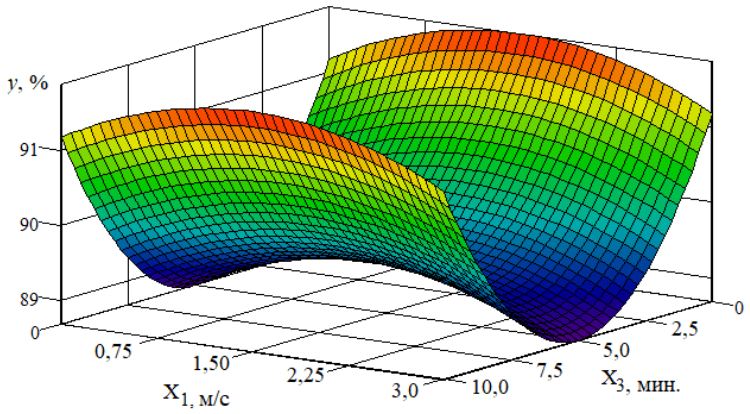

Рисунок 3 – Зависимость степени однородности смешивания компонентов корма от скорости воздушного потока и времени смешивания

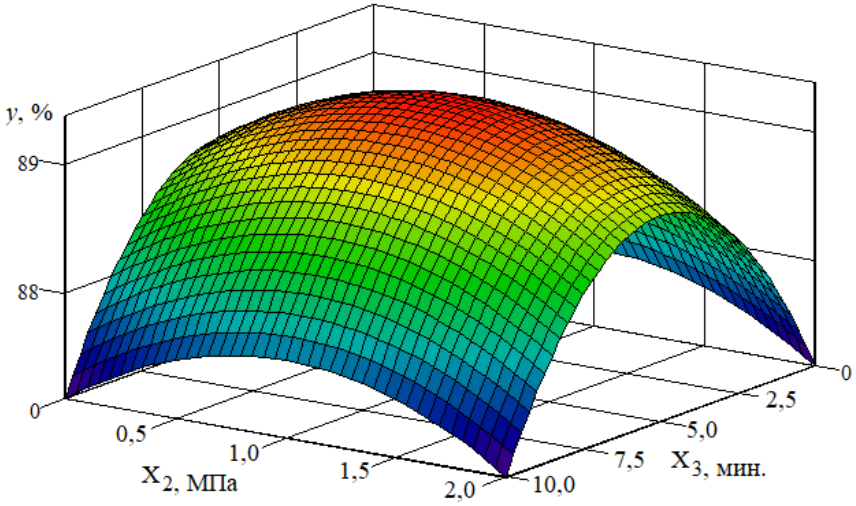

Рисунок 4 – Зависимость степени однородности смешивания компонентов корма от давления, создаваемого компрессором и времени смешивания

Рассмотрение двумерного сечения показывает, что совместное взаимодействие факторов (x_1 и x_2), (x_1 и x_3), (x_2 и x_3) в области эксперимента имеет экстремум по показателю [29] степени

однородности смешивания компонентов корма в точке $\lambda = 89{,}4\%$ при значении факторов соответственно υ = 1,82м/с, *P* = 1,39 МПа, t = 9,47мин.

Выводы. В разработанной технологии смешивания кормов за счет конструктивных особенностей при наличии мультимедийного устройства достигается повышенная точность оценки качества и характера смешивания корма

При наличии в технологии помимо мультимедийного устройства персонального компьютера с программным обеспечением Mathcad обеспечивается однородность полученного корма в реальном времени.

Для получения однородной смеси корма необходимо добиться следующих рациональных параметров, которые составляют υ = 1,82м/с, *P* = 1,39 МПа, t = 9,47мин при степени однородности 89,4%.

Список источников

1. Опара В.А., Корж О.В., Попсуй В.В. Упрощенный способ определения качества смешивания компонентов комбикормов в производственных условиях // Селекция на современных популяциях отечественного молочного скота как основа импортозамещения животноводческой продукции: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 351-357.

2. Подобед Л.И. Настоящий комбикорм и где его готовят в Украине. В: Предложение. 2009, № 7, с. 112-115.

3. Проваторов Г.В., Проваторова В.О. Кормление сельскохозяйственных животных. Суммы, 2004. 510 с.

4. Neue Technologien Viehf1. Ütterung // Profi 2011. №3. С. 102–104.

5. Mischwagen aus Siloking Duo Avant// Profi 2009. №3. с. 58–60.

6. Єгоров Б.В., Макаринська А.В., Ворона Н.В. Особенности технологии производства высоко однородных кормовых добавок. В: Зернове продукты и комбикорма. 2014, № 2 (54), с. 37-40.

7. Крохина В.А., Калашников А.П., Фисинин В.И. и др. Комбикорма, кормовое добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение): Справочник. Москва: Агропромиздат, 1990. 304 с.

8. Николаев В.Н., Зязев Е.В., Судаков К.В. Разработка аэродинамического смесителя сыпучих кормов // АПК России. 2021. Т. 28. № 2. С. 236-241.

9. Хольшев Н.В., Ведищев С.М., Милюков Н.О. и др. Разработка технологического процесса и устройства для смешивания сухих рассыпных кормосмесей // Вестник ВНИИМЖ. 2015. №4 (20). С. 167-172.

10. Коновалов В.В., Чупшев А.В., Фомина М.В. Результаты исследований смесителя сухих кормов // Вестник ВНИИМЖ. 2016. №4(24). С. 103-106.

11. Сергеев Н.С., Николаев В.Н., Гайнуллин Э.Н. Обоснование параметров вибрационного смесителя сыпучих кормов с активными перемешивающими элементами // Достижения науки и техники АПК. 2014. Т.28. №12. С. 57-59.

12. Сыроватка В.И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах. М.: ГНУ ВНИИМЖ, 2010. 248с.

13. Васильев С.Н., Сечевой А.И. Обоснование энергосберегающей системы производства премиксов в условиях коллективных и фермерских хозяйств // Вестник АГАУ. 2007. №9. С. 52–54.

14. Сергеев Н.С., Николаев В.Н., Зязев Е.В. и др. Технология и технические средства для приготовления сыпучих кормовых смесей на базе аэродинамического смесителя // Известия Оренбургского ГАУ. 2014. № 6(50). С. 64-67.

15. Булатов С.Ю., Воронов Е.В., Шамин А.Е., Сергеев А.Г. Оценка равномерности распределения премиксов в полнорационных кормах при их подготовке в смесителях // Пермский аграрный вестник. 2019. № 3 (27). С. 4-12.

16. Nikkhah Akbar. Barley grain for ruminants: A global treasure or tragedy // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2012 Vol. 3 (1). P. 22. DOI 10.1186/2049-1891-3-22.

17. Nikkhah A. Optimizing barley grain use by dairy cows: A betterment of current perceptions // Progress in Food Science and Technology. 2011. Vol. 1. P. 165-178.

18. Processing oats grain for cull cows finished in feedlot processamento do grão de aveia para alimentação de vacas de descarte terminadas em confinamento / J. Restle [et al.] // Ciência Animal Brasileira. 2009. Vol. 10 (2). P. 497-503.

19. Feed uses for barley / JL Black [et al.] // Proceedings of the 12th Australian Barley Technical Symposium. 2005. Hobart, Tasmania.

20. Передня В.И. Механизация приготовления полноценных кормосмесей на поточных линиях для эффективного использования кормов на скотоводческих фермах: дис. ... д-ра техн. наук. Минск, 1984. 373 с.

21. Чупшев А.В. Обоснование перспективной операционной схемы приготовления комбикормов-концентратов в условиях животноводческих предприятий // Нива Поволжья. 2021. № 3 (60). С. 135-141.

22. Винницки С., Романюк В., Савиных П.А., Скоркин В.К. Совершенствование технологии кормления высокопродуктивных коров. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, 2019, № 3 (35), с. 147-151.

23. Фомичев М.А., Морозов В.В., Игнатенков В.Г., Аржанкова Ю.В. Повышение эффективности смешивания кормовых смесей // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: сборник докладов XV Международной научно-практической конференции. Великие Луки, 2020. С. 149-154.

24. Афанасьев В.А. Проектирование, конструирование и разработка современного оборудования для комбикормовых предприятий [Текст] / В.А. Афанасьев, О.В. Денисов, А.А. Киселев // Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационное развитие техники пищевых технологий». – Воронеж, 2015. – С. 220–224.

25. Морозов В.В., Савельева Л.Н. Сапропель – природный ресурс органического сырья для производства сапропеле-минеральных удобрений / Известия ВСГХА. – 2015. – №1. – С. 41-45

26. Шевцов А.А. Автоматическая оптимизация технологии приготовления комбикормов [Текст] / А.А. Шевцов, Л.И. Лыткина, Е.С. Шенцова, О.П. Коломникова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 4. – С.

27. Яцунов А.Н., Сабиев У.К., Черняков А.В. Экспериментальные исследования процесса смешивания сыпучих кормов // Вестник ОмГАУ. 2016. № 4 (24). С. 193-198.

28. А.с. 1639549 СССР: А01 К 5/00. Способ смешивания и выдачи кормов / Доценко С.М.; заявитель и патентообладатель Благовещенский сельхозинститут. – № 4674968/15; заявл. 11.04.89; опубл. 07.04.91. Бюл. №13.

29. Патент № 2299092 РФ: МПК B01F7/16. Способ смешивания сыпучих материалов и устройство для его осуществления / Бойко И.Г., Науменко А.А., Семенцов В.И., Ужик В.Ф.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО "Белгородская государственная сельскохозяйственная академия". – № 2005135536/15; заявл. 15.11.2005; опубл. 20.05.2007. Бюл. №14.

30. Патент № 2769725 Российская Федерация: МПК A23N 17/00, A23K 10/00. Способ смешивания кормов / И.Е. Припоров; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина». – № 2021116551; заявл. 07.06.2021; опубл. 05.04.2022. Бюл. №10.

31. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов, Ленинград: Колос, 1980. 168 с.

32. Опара В.А., Корж О.В., Попсуй В.В. Упрощенный способ определения качества смешивания компонентов комбикормов в производственных условиях // Селекция на соврем. популяциях отечеств. молоч. скота как основа импортозамещения животновод. продукции / Белгор. федер. аграр. науч. центр. – Белгород, 2018. - С. 351-357.

References

1. Opara V.A., Korzh O.V., Popsuj V.V. Uproshchennyj sposob opredeleniya kachestva smeshivaniya komponentov kombikormov v proizvodstvennyh usloviyah // Selekciya na sovremennyh populyaciyah otechestvennogo molochnogo skota kak osnova importozameshcheniya zhivotnovodcheskoj produkcii: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. 2018. S. 351-357.

2. Podobed L.I. Nastoyashchij kombikorm i gde ego gotovyat v Ukraine. V: Predlozhenie. 2009, № 7, s. 112-115.

3. Provatorov G.V., Provatorova V.O. Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh. Summy, 2004. 510 s.

4. Hol'shev N.V., Vedishchev S.M., Milyukov N.O. i dr. Razrabotka tekhnologicheskogo processa i ustrojstva dlya smeshivaniya suhih rassypnyh kormosmesej // Vestnik VNIIMZH. 2015. №4 (20). S. 167-172.

5. Konovalov V.V., CHupshev A.V., Fomina M.V. Rezul'taty issledovanij smesitelya suhih kormov // Vestnik VNIIMZH. 2016. №4(24). S. 103-106.

6. Neue Technologien Viehf1. Ütterung // Profi 2011. №3. S. 102–104.

7. Mischwagen aus Siloking Duo Avant// Profi 2009. №3. s. 58–60.

8. Sergeev N.S., Nikolaev V.N., Gajnullin E.N. Obosnovanie parametrov vibracionnogo smesitelya sypuchih kormov s aktivnymi peremeshivayushchimi elementami // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. T.28. №12. S. 57-59.

9. Syrovatka V.I. Mashinnye tekhnologii prigotovleniya kombikormov v hozyajstvah. M.: GNU VNIIMZH, 2010. 248s.

10. Vasil'ev S.N., Sechevoj A.I. Obosnovanie energosberegayushchej sistemy proizvodstva premiksov v usloviyah kollektivnyh i fermerskih hozyajstv // Vestnik AGAU. 2007. №9. S. 52–54.

11. Sergeev N.S., Nikolaev V.N., Zyazev E.V. i dr. Tekhnologiya i tekhnicheskie sredstva dlya prigotovleniya sypuchih kormovyh smesej na baze aerodinamicheskogo smesitelya // Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2014. № 6(50). S. 64-67.

12. Єgorov B.V., Makarins'ka A.V., Vorona N.V. Osobennosti tekhnologii proizvodstva vysoko odnorodnyh kormovyh dobavok. V: Zernove produkty i kombikorma. 2014, № 2 (54), s. 37-40.

13. Krohina V.A., Kalashnikov A.P., Fisinin V.I. i dr. Kombikorma, kormovoe dobavki i ZCM dlya zhivotnyh (sostav i primenenie): Spravochnik. Moskva: Agropromizdat, 1990. 304 s.

14. Nikolaev V.N., Zyazev E.V., Sudakov K.V. Razrabotka aerodinamicheskogo smesitelya sypuchih kormov // APK Rossii. 2021. T. 28. № 2. S. 236-241.

15. Bulatov S.YU., Voronov E.V., SHamin A.E., Sergeev A.G. Ocenka ravnomernosti raspredeleniya premiksov v polnoracionnyh kormah pri ih podgotovke v smesitelyah // Permskij agrarnyj vestnik. 2019. № 3 (27). S. 4-12.

16. Nikkhah Akbar. Barley grain for ruminants: A global treasure or tragedy // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2012 Vol. 3 (1). R. 22. DOI 10.1186/2049-1891-3-22.

17. Nikkhah A. Optimizing barley grain use by dairy cows: A betterment of current perceptions // Progress in Food Science and Technology. 2011. Vol. 1. R. 165-178.

18. Processing oats grain for cull cows finished in feedlot processamento do grão de aveia para alimentação de vacas de descarte terminadas em confinamento / J. Restle [et al.] // Ciência Animal Brasileira. 2009. Vol. 10 (2). R. 497-503.

19. Feed uses for barley / JL Black [et al.] // Proceedings of the 12th Australian Barley Technical Symposium. 2005. Hobart, Tasmania.

20. Perednya V.I. Mekhanizaciya prigotovleniya polnocennyh kormosmesej na potochnyh liniyah dlya effektivnogo ispol'zovaniya kormov na skotovodcheskih fermah: dis. ... d-pa tekhn. nauk. Minsk, 1984. 373 s.

21. CHupshev A.V. Obosnovanie perspektivnoj operacionnoj skhemy prigotovleniya kombikormov-koncentratov v usloviyah zhivotnovodcheskih predpriyatij // Niva Povolzh'ya. 2021. № 3 (60). S. 135-141.

22. Vinnicki S., Romanyuk V., Savinyh P.A., Skorkin V.K. Sovershenstvovanie tekhnologii kormleniya vysokoproduktivnyh korov. Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva, 2019, № 3 (35), s. 147-151.

23. Fomichev M.A., Morozov V.V., Ignatenkov V.G., Arzhankova YU.V. Povyshenie effektivnosti smeshivaniya kormovyh smesej // Nauchno-tekhnicheskij progress v sel'skohozyajstvennom proizvodstve: sbornik dokladov XV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Velikie Luki, 2020. S. 149-154.

24. Afanas'ev V.A. Proektirovanie, konstruirovanie i razrabotka sovremennogo oborudovaniya dlya kombikormovyh predpriyatij [Tekst] / V.A. Afanas'ev, O.V. Denisov, A.A. Kiselev // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii «Innovacionnoe razvitie tekhniki pishchevyh tekhnologij». – Voronezh, 2015. – S. 220–224.

25. Morozov V.V., Savel'eva L.N. Sapropel' – prirodnyj resurs organicheskogo syr'ya dlya proizvodstva sapropele-mineral'nyh udobrenij / Izvestiya VSGHA. – 2015. – №1. – S. 41-45

26. SHevcov A.A. Avtomaticheskaya optimizaciya tekhnologii prigotovleniya kombikormov [Tekst] / A.A. SHevcov, L.I. Lytkina, E.S. SHencova, O.P. Kolomnikova // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 2006. – № 4. – S.

27. YAcunov A.N., Sabiev U.K., Chernyakov A.V. Eksperimental'nye issledovaniya processa smeshivaniya sypuchih kormov // Vestnik OmGAU. 2016. № 4 (24). S. 193-198.

28. A.s. 1639549 SSSR: A01 K 5/00. Sposob smeshivaniya i vydachi kormov / Docenko S.M.; zayavitel' i patentoobladatel' Blagoveshchenskij sel'hozinstitut. – № 4674968/15; zayavl. 11.04.89; opubl. 07.04.91. Byul. №13.

29. Patent № 2299092 RF: MPK B01F7/16. Sposob smeshivaniya sypuchih materialov i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya / Bojko I.G., Naumenko A.A., Semencov V.I., Uzhik V.F.; zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO "Belgorodskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya". – № 2005135536/15; zayavl. 15.11.2005; opubl. 20.05.2007. Byul. №14.

30. Patent 2769725 Rossijskaya Federaciya: MPK A23N 17/00, A23K 10/00. Sposob smeshivaniya kormov / I.E. Priporov; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. I.T. Trubilina». – № 2021116551; zayavl. 07.06.2021; opubl. 05.04.2022. Byul. №10..

31. Mel'nikov S.V., Aleshkin V.R., Roshchin P.M. Planirovanie eksperimenta v issledovaniyah sel'skohozyajstvennyh processov, Leningrad: Kolos, 1980. 168 s.

32. Opara V.A., Korzh O.V., Popsuj V.V. Uproshchennyj sposob opredeleniya kachestva smeshivaniya komponentov kombikormov v proizvodstvennyh usloviyah // Selekciya na sovrem. populyaciyah otechestv. moloch. skota kak osnova importozameshcheniya zhivotnovod. produkcii / Belgor. feder. agrar. nauch. centr. – Belgorod, 2018. - S. 351-357.

Информация об авторах

И.Е. Припоров – кандидат технических наук, доцент ВАК.

Information about the authors

I. Priporov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Higher Attestation Commission.

Поступила в редакцию (Received): 27.07.2022 Принята к публикации (Accepted): 29.07.2022