Тип статьи: научная
УДК 634.4.084
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-3-48-56

ОТБОР ПРОБ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ

Сергей Михайлович Ведищев [1], Николай Васильевич Хольшев [2], Алексей Владимирович Прохоров [3], Андрей Юрьевич Глазков [4], Максим Евгеньевич Выгузов [5]
[1,2,3,4,5] *Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия*
[1]serg666_65@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3759-9809
[2]xhb@live.ru, https://orcid.org/0000-0002-3759-9809
[3]pav1981@bk.ru, https://orcid.org/0000-0002-3759-9809
[4] glazkov.ay@mail.ru
[5] maks_vyguzo@mail.ru

Автор ответственный за переписку: Сергей Михайлович Ведищев, serg666_65@mail.ru
Corresponding author: Sergey Vedishchev, serg666_65@mail.ru

Реферат. *Совершенствование технологического процесса приготовления сухих рассыпных кормосмесей связано с увеличением в структуре рационов кормления сельскохозяйственных животных комбикормов, полученных в условиях фермерских хозяйств. Отмечено, что повышение усвояемости и поедаемости кормов, снижение удельных затрат энергии на производство кормовых смесей зависит от качества их смешения. Методологической основой работы служили результаты исследований последних лет ведущих отечественных ученых в области совершенствования технологических процессов приготовления кормосмесей, конструктивных и режимных параметров смесителей. Дан анализ методов отбора проб: периодического для смесителей периодического действия; кумулятивного, позволяющего получить обобщенную пробу, более репрезентативную для процесса смешивания, также применимого для исследования смесителей периодического действия; с применением специальных приспособлений – пробоотборников для получения наиболее точных проб. При контроле однородности смеси выделена важность выбора контрольного компонента, ориентированного на функциональные особенности смесителей, вне зависимости от применяемого метода отбора проб. Проведенный анализ существующих исследований показал широкий ассортимент контрольных компонентов, способов отбора проб и разделения компонентов при исследовании процесса смешивания машинами различной конструкции и принципов действия. Анализ работ показал, что с целью уменьшения затрат времени на выделение контрольного компонента и обеспечения достоверности проводимых исследований нужно учитывать природу смешиваемых культур. При выборе в качестве контрольных компонентов семян донника, клевера, пшена достаточно массы пробы 5 грамм.; семян свеклы, гречихи, пшеницы и ячменя - 100 грамм; семян гороха, кукурузы - 300 грамм. В качестве наиболее применимого для выделения контрольного компонента отмечен ситовый классификатор с оптимальным подбором смеси с возможностью разделения при ситовом или решетном анализе. Рекомендовано ориентироваться на метод периодического отбора проб при исследовании смесителей периодического смешивания. Для исследования работы смесителей непрерывного действия и оценки общего качества смешивания в смесителях периодического действия рекомендован кумулятивный метод отбора проб с использованием пробоотборников.*

Ключевые слова: *отбор проб, смешивание, контрольный компонент.*

SAMPLING WHEN ASSESSING THE QUALITY OF MIXING

Sergey Vedishchev [1], Nikolay Holshev [2], Alexey Prokhorov [3], Andrey Glazkov [4], Maxim Vyguzov [5]
[1,2,3,4,5] *Tambov State Technical University, Tambov, Russia*
[1]serg666_65@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3759-9809

[2]xhb@live.ru, https://orcid.org/0000-0002-3759-9809
[3]pav1981@bk.ru, https://orcid.org/0000-0002-3759-9809
[4] glazkov.ay@mail.ru
[5] maks_vyguzo@mail.ru

Abstract. *The improvement of the technological process of preparing dry loose feed mixtures is associated with an increase in the structure of feed rations for farm animals in the conditions of farms. It is noted that an increase in the digestibility and palatability of feed, a decrease in the specific energy consumption for the production of feed mixtures depends on the quality of their mixing. The methodological basis of the work was the results of studies of recent years by leading domestic scientists in the field of improving the technological processes for preparing feed mixtures, design and operating parameters of mixers. The analysis of sampling methods is given: periodic for batch mixers; cumulative, allowing to obtain a generalized sample, more representative of the mixing process, also applicable to the study of batch mixers; using special devices - samplers to obtain the most accurate samples. The importance of selecting a control component oriented to the functional features of the mixers, regardless of the sampling method used, is highlighted when monitoring the homogeneity of the mixture. The analysis of existing studies showed a wide range of control components, methods of sampling and separation of components in the study of the mixing process by machines of various designs and principles of operation. The analysis of the works showed that in order to reduce the time spent on isolating the control component and ensure the reliability of the studies, it is necessary to take into account the nature of the mixed cultures. When choosing seeds of sweet clover, clover, millet as control components, a sample mass of 5 grams is sufficient; seeds of beets, buckwheat, wheat and barley, a sample mass of 100 grams is sufficient; seeds of peas, corn, a sample mass of 300 grams is sufficient. A sieve classifier with optimal selection of the mixture with the possibility of separating in sieve or sieve analysis is noted as the most applicable for the isolation of the control component. It is recommended to focus on the method of periodic sampling when examining batch mixers. The cumulative sampling method using samplers is recommended for investigating the performance of continuous mixers and evaluating the overall quality of mixing in batch mixers.*

Keywords: *sampling, mixing, control component.*

Для цитирования: Ведищев С.М., Хольшев Н.В., Прохоров А.В., Глазков А.Ю., Выгузов М.Е. Отбор проб при оценке качества смешивания // Наука в Центральной России. 2023. Т. 63, № 3. С. 48-56. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-3-48-56.

For citation: Vedishchev S., Holshev N., Prokhorov A., Glazkov A., Vyguzov M. Sampling when assessing the quality of mixing. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 63(3): 48-56. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-3-48-56.

Введение. Для эффективного развития животноводства очень важно рациональное кормление. Сбалансированные корма представляют собой смеси многих питательных веществ. В настоящее время много работ посвящено совершенствованию технологического процесса смешивания сухих рассыпных кормосмесей. Это напрямую связано с изменением в структуре рационов кормления животных и птицы при промышленном производстве продукции в условиях крупных, крестьянских фермерских (КФК) и личных подсобных (ЛПХ) хозяйств. За последние 30 лет доля концентрированных кормов структуре потребления возросла с 48% до 87% от потребления кормов всех видов (концентрированные, сочные и грубые корма) [1]. Совершенствование процессов смешивания компонентов кормосмеси позволяет повысить усвояемость кормов, поедаемость кормов, снизить удельные затраты на производство комбикормов. Одним из неотъемлимых элементов при этом является оценка качества смеси.

Материалы и методы исследования. Методологической основой работы служили результаты исследований последних лет ведущих отечественных ученых в области совершенствования технологических процессов приготовления кормосмесей, конструктивных и режимных параметров смесителей [2-27]. При исследовании качества полученной смеси

применяют следующие способы отбора проб: метод периодического отбора проб [2-4], метод кумулятивного отбора проб [16, 20], использование специальных пробоотборников [14, 15].

Метод периодического отбора проб заключается в отборе проб через определенные промежутки времени. Недостатком этого метода является то, что он не учитывает изменения в процессе смешивания и может привести к нерепрезентативным результатам. Наиболее применим при исследовании работы смесителей периодического действия, а также исследования распределения материалов внутри корпуса смесителя (по высоте, по площади и т.д.).

Метод кумулятивного отбора проб (пробы отбираются на протяжении определенного периода времени и смешиваются в единую пробу). Этот метод позволяет получить пробу, более репрезентативную для процесса смешивания применим для исследования смесителей периодического действия (контроль распределения компонентов при выгрузке) и смесителей непрерывного смешивания. Отбор проб осуществляется с применением специальных приспособлений (сменных емкостей, ленточных транспортеров и иных устройств, приспособлений).

Использование специальных пробоотборников состоит в установке непосредственно в смеситель или на выгрузке смеси в благоприятном для отбора месте специальных устройств для отбора определенного количества смеси. Этот метод позволяет получить наиболее точные пробы.

Вне зависимости от применяемого метода отбора проб при контроле однородности смеси является выбор массы пробы и контрольного компонента. При оценке качества приготовления кормосмесей в первую очередь выбор контрольного компонента ориентирован на функциональные особенности смесителей (приготовление кормосмесей, введение премиксов или лечебных препаратов).

В таблице 1 приведены данные по оборудованию, используемому для оценки качества кормосмесей для разных сельскохозяйственных культур разными исследователями.

Таблица 1 –Анализ исследований оценки качества смеси

Материал	Исследователи	Тип смесителя
гречиха, горох, кукуруза	Сторожук Т. А.[4]	двухступенчатый смеситель концентрированных кормов
зерна кукурузы	Булатов С. Ю., Нечаев В. Н., Шамин А. Е. и др. [5]	СЛГ-2А
горох	1. Савиных П. А., Турубанов Н. В. [6]. 2. Турубанов Н. В., Медведев О. Ю., Исупов А. Ю. [8]. 3. Николаев В. Н., Зязев Е. В. [13].	1, 2 - ленточный смеситель, 3 - аэродинамический смеситель
измельченная поваренная соль	Хлыстунов В. Ф., Брагинец С. В., Алферов А. С., Чернуцкий М. В. [7]	наклонный шнековый смеситель
окрашенное пшено	Опара В. О., Корж О. В., Попсуй В. В. [9]	смеситель кормов ООО «Астарта»
ферромагнитные микротрейсеры	Жданова Н. В. [10]	любые смесители
Контрольный компонент — зерна ячменя или семена свеклы	ГОСТ 34748—2021 Техника сельскохозяйственная. Раздатчики кормов. Методы испытаний	Раздатчики кормов, смесители кормов
Контрольный компонент семена донника подкрашенные	Ведищев С. М., Хольшев Н. В. [2, 12]	горизонтальный двухвальный смеситель периодического действия с комбинированными рабочими органами

Контрольный компонент зерно ячменя, окрашенное нитроэмалью в красный цвет	Эшдавлатов Э. У., Эшдавлатов А. Э., Суюнов А. А. [14, 15]	двухзаходный винт с прерывистыми виткам
Контрольный компонент -зерно пшеницы	Булатов С.Ю., Воронов Е.В., Шамин А.Е., Сергеев А.Г. [16]	Vmix plus 10 N-1S BvL смеситель-кормораздатчик фирмы SILOKING
семена клевера	Чупшев А. В., Коновалов В. В., Гусев С. В. [17]	Смеситель с комбинированным рабочим органом
зерна ячменя	1. Коновалов В. В., Терюшков В. П., Чупшев А. В., Коновалов В. В. [18]. 2. Коновалов В. В., Терюшков В. П., Чупшев А. В., Коновалов В. В. [19]. 3. Извеков Е. А. [20].	1. лопастно-ленточным рабочий орган смесителя 2. Комбинированный рабочий орган. 3. ИСРК-12; STRAUTMANN; SILOKING; kompakt; TRIOLIET; SOLOMIX; 2-1200; PRONAR; VMR-10S
неокрашенное (ключевой компонент) пшено семена люцерны (ключевой компонент)	Демин О.В. [21]	одновальный лопастной смеситель

Результаты и их обсуждение. Проведенный анализ существующих исследований [2-27] показал широкий ассортимент контрольных компонентов (таблица 1), способов отбора проб и разделения компонентов при исследовании процесса смешивания машинами различной конструкции и принципов действия.

Анализируя представленные работы приходим к выводу, что несмотря на рекомендации нормативной документации (ГОСТ, РД), необходимо учитывать концентрацию контрольного компонента и массу пробы, которая отбирается для анализа, к примеру навеска в 5 грамм при концентрации 1% по массе. Очевидно, что при добавлении 1% контрольного компонента не всегда является достаточным для обнаружения контрольного компонента в пробе, например, при массе пробы 5 грамм и выборе в качестве контрольного компонента кукурузы при общей массе смешиваемых компонентов 400 кг масса контрольного компонента должна составлять 0,05 грамма, если перевести на количество зерен от 1 до 3 зерен, а учитывая разброс массы 1 зерна можно прийти к неверному выводу о качестве получаемой смеси.

Таблица 2 – Характеристика семян

Культура	масса 1000 семян	масса 1 семени	Источник
кукуруза	210-300	0,21-0,3	[23, 24]
пшеница	30-50	0,03-0,05	[23, 24]
ячмень	31-51	0,031-0,051	[23, 24]
донник	2,6–2,8	0,0026-0,0028	
клевер	0,6-1,8	0,00006-0,0018	
просо/пшено	3-11	0,003-0,011	[23, 24]
семена свеклы	10-12	0,01-0,012	
горох	100-170	0,1-0,17	[23, 24]
гречиха	20-35	0,02-0,035	

Заключение. Рекомендуемая масса навесок проб, в соответствии с нормативной документацией, составляет 5 г., 100 г., 300 г., а концентрация контрольного компонента 1% [11]. При выборе массы пробы 5 г. следует выбирать в качестве контрольного компонента семена донника, клевера, пшено, при массе пробы 100 грамм соответственно целесообразно выбрать в качестве контрольного компонента семена свеклы, гречихи, пшеницы и ячменя, а при массе пробы 300 грамм семена гороха, кукурузы с целью уменьшения затрат времени на выделение контрольного компонента и обеспечения достоверности проводимых исследований.

Для большинства научных коллективов наиболее применимым для выделения контрольного компонента является ситовый классификатор с оптимальным подбором смеси с возможностью разделения при ситовом или решетном анализе, несмотря на приобретающие популярность иных методов выделения контрольного компонента (анализ цифровых фотографий [9, 25, 26], применение ферромагнитных контрольных компонентов [10], ионометрический способ [7] и др. требуют зачастую дополнительного оборудования, программного обеспечения и дополнительных исследований проб.

В большинстве случаев следует ориентироваться на метод периодического отбора проб при исследовании смесителей периодического смешивания, так как в данном случае есть возможность не только оценить качество смешивания, но и выявить застойные зоны в конструктивном исполнении смесителей. Для исследования работы смесителей непрерывного действия и оценки общего качества смешивания смесителей периодического действия наиболее подходит кумулятивный метод отбора проб с использованием пробоотборников, выделяющих часть от общего потока смеси на выходе для последующего анализа.

Список источников

1. Структура потребления кормов 2010-2021 гг. в сельскохозяйственных организация всех категорий скотом и птицей, тыс. тонн кормовых единиц [https://www.fedstat.ru/indicator/31401].

2. Хольшев, Н. В. Совершенствование технологического процесса приготовления сухих рассыпных кормосмесей шнеколопастным смесителем: дис... канд. техн. наук: 05.20.01 / Хольшев Николай Васильевич; [Место защиты: Мичурин. гос. аграр. ун-т]. - Тамбов, 2015. - 209 с.

3. Ведищев, С. М. Совершенствование технологий и технических средств приготовления и раздачи кормосмесей в сельскохозяйственных свиноводческих организациях: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.01 / Ведищев Сергей Михайлович; [Место защиты: Мичурин. гос. аграр. ун-т]. - Тамбов, 2018. - 381 с.

4. Сторожук, Т. А. Оптимизация процесса смешивания кормов / Т. А. Сторожук // Научный журнал КубГАУ. 2019. №148. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-protsessa-smeshivaniya-kormov (дата обращения: 04.04.2023).

5. Результаты исследования рабочего процесса двухвалкового смесителя сухих компонентов / С. Ю. Булатов, В. Н. Нечаев, А. Е. Шамин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 8(278). – С. 22-26. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-8-22-26. – EDN QKNUDM.

6. Савиных П. А., Турубанов Н. В. Влияние изменения технологических параметров смесителя комбикормов на показатели его работы / П. А. Савиных, Н.В. Турубанов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):732-739. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.732-739.

7. Влияние конструктивных и кинематических параметров на энергоёмкость процесса в наклонном шнековом смесителе / В. Ф. Хлыстунов, С. В. Брагинец, А. С. Алферов, М. В. Чернуцкий // Вестник Донского государственного технического университета. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 408-413. – DOI 10.23947/1992-5980-2018-18-4-408-413. – EDN YSDTGP.

8. Турубанов, Н. В. Исследование смешивания материала в горизонтальном ленточном смесителе / Н. В. Турубанов, О. Ю. Медведев, А. Ю. Исупов // Общество, наука, инновации (НПК-2016) : Сборник статей 2-е издание, исправленное и дополненное, Киров, 18–29 апреля 2016 года / Вятский государственный университет. – Киров: Вятский государственный университет, 2016. – С. 864-870. – EDN WXZVLR.

9. Опара, В. Упрощенный способ определения качества смешивания компонентов комбикормов в производственных условиях / В. Опара, О. Корж, В. Попсуй //Zootehnie şi biotehnologii. – 2015. – Т. 44. – С. 122-125.

10. Жданова, Н.В. Применение ферромагнитных микротрейсеров как индикаторов определения качества однородности лечебных кормов, комбикормов и премиксов / Н.В. Жданова // Техника и технологии в животноводстве. 2018. №2 (30). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-ferromagnitnyh-mikrotreyserov-kak-indikatorov-opredeleniya-kachestva-odnorodnosti-lechebnyh-kormov-kombikormov-i (дата обращения: 05.04.2023).

11. ГОСТ 34748-2021. Техника сельскохозяйственная. Раздатчики кормов. Методы испытаний.

12. Ведищев, С. М. Исследование влияния конструктивно- режимных параметров шнеколопастного смесителя на его качественные показатели / С. М. Ведищев, Н. В. Хольшев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2011. – № 3(34). – С. 32-34. – EDN LITNWP.

13. Николаев, В. Н. Результаты исследований процесса смешивания сыпучих кормов в аэродинамическом смесителе / В. Н. Николаев, Е. В. Зязев // АПК России. – 2022. – Т. 29, № 3. – С. 331-335. – DOI 10.55934/2587-8824-2022-29-3-331-335. – EDN CGLNIB.

14. Эшдавлатов, Э. У. Обоснование параметров и режимов работы смесителя непрерывного действия с тепловой обработкой кормов: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Эшдавлатов Эшпулат Узакович. – Балашиха, 1990. – 16 с. – EDN ZJMUFN.

15. .Эшдавлатов Э. У. Повышение интенсивность процесса непрерывного смешивания кормов / Э.У. Эшдавлатов, А.А. Суюнов // Universum: технические науки. 2021. №4-3 (85). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-intensivnost-protsessa-nepreryvnogo-smeshivaniya-kormov (дата обращения: 15.04.2023).

16. Булатов, С.Ю. Оценка равномерности распределения премиксов в полнорационных кормах при их подготовке в смесителях / С.Ю. Булатов, Е.В. Воронов, А.Е. Шамин, А.Г. Сергеев // Пермский аграрный вестник. 2019. №3 (27). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ravnomernosti-raspredeleniya-premiksov-v-polnoratsionnyh-kormah-pri-ih-podgotovke-v-smesitelyah (дата обращения: 07.04.2023).

17. Чупшев, А. В. Экспериментальные исследования смесителя кормов / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов, С.В. Гусев // Нива Поволжья. 2008. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-issledovaniya-smesitelya-kormov.

18. Оптимизация конструктивно-кинематических параметров смесителя сухих кормов с лопастно-ленточным рабочим органом / В. В. Коновалов, В. П. Терюшков, А. В. Чупшев, В. В. Коновалов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 83-88. – EDN QJCHOV.

19. Оптимизация технологических параметров смесителя с комбинированным рабочим органом / В. В. Коновалов, В. П. Терюшков, А. В. Чупшев, В. В. Коновалов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 83-87. – EDN SFOUMZ.

20 Извеков, Е. А. Оценка качества работы кормоприготовительных агрегатов и пути совершенствования их конструкции / Е. А. Извеков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4(43). – С. 98-103. – EDN TRVBOH.

21. Демин, О. В. Совершенствование методов расчета и конструкций лопастных смесителей: дис.... канд. техн. наук : 05.02.13. - Тамбов, 2003. - 210 с.

22. Астапов, С. Ю. Повышение эффективности смешивания в мобильном раздатчике-смесителе за счет совершенствования шнекового аппарата: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Астапов Сергей Юрьевич; [Место защиты: Мичурин. гос. аграр. ун-т]. - Мичуринск, 2007. - 138 с.: ил.

23. Завражнов, А. И. Влияние конструктивных параметров мобильного смесителя-раздатчика кормов на однородность смешивания / А. И. Завражнов, С. Ю. Астапов // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 6. – С. 25-27. – EDN IUFSLR.

24. Целуйко О. А. Зависимость массы 1000 зёрен сельскохозяйственных культур от удобрений / О.А. Целуйко, В.И. Медведева // Известия ОГАУ. 2015. №3 (53). URL:

https://cyberleninka.ru/article/n/zavisimost-massy-1000-zyoren-selskohozyaystvennyh-kultur-ot-udobreniy (дата обращения: 15.04.2023).

24. Масса 1000 семян. http://www.rsn-rb.ru/novosti/4777-massa-1000-semyan.html.

25. Патент № 2495398 C1 Российская Федерация, МПК G01N 1/38, B01F 3/18, B01F 3/22. способ определения качества смеси компонентов, различающихся по цвету: № 2012115854/05: заявл. 19.04.2012 : опубл. 10.10.2013 / О. В. Демин, Д. О. Смолин, В. Ф. Першин, В. Г. Однолько ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тамбовский государственный технический университет" (ФГБОУ ВПО ТГТУ). – EDN VZINSZ.

26. Смолин, Д. О. Разработка экспресс-метода определения качества смеси компонентов, различающихся по цвету / Д. О. Смолин, О. В. Демин, В. Ф. Першин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 849-855. – EDN PRGHVD.

References

1. Structure of feed consumption 2010-2021 in agricultural organizations of all categories of livestock and poultry, thousand tons of feed units [https://www.fedstat.ru/indicator/31401].

2. Holshev, N. V. Improvement of the technological process of preparing dry loose feed mixtures with a screw-blade mixer: dis.... Candidate of Technical Sciences: 05.20.01 / Holshev Nikolay Vasilyevich; [Place of protection: Michurin. state agrarian. un-t]. - Tambov, 2015. - 209 p.

3. Vedishchev, S. M. Improvement of technologies and technical means of preparation and distribution of feed mixtures in agricultural pig-breeding organizations: dissertation ... Doctor of Technical Sciences: 05.20.01 / Vedishchev Sergey Mikhailovich; [Place of protection: Michurin. state agrarian. un-t]. - Tambov, 2018. - 381 p.

4. Storozhuk, T. A. Optimization of the feed mixing process / T. A. Storozhuk // Scientific journal of KubGAU. 2019. No.148. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-protsessa-smeshivaniya-kormov (accessed: 04.04.2023).

5. Results of the study of the working process of a two-roll mixer of dry components / S. Y. Bulatov, V. N. Nechaev, A. E. Shamin [et al.] // Machinery and equipment for the village. – 2020. – № 8(278). – Pp. 22-26. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-8-22-26. – EDN QKNUDM.

6. Savinykh P. A., Turubanov N. V. The influence of changes in the technological parameters of the feed mixer on its performance / P. A. Savinykh, N.V. Turubanov // Agrarian science of the Euro-North-East. 2022;23(5):732-739. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.732-739.

7. The influence of constructive and kinematic parameters on the energy intensity of the process in an inclined screw mixer / V. F. Khlystunov, S. V. Braginets, A. S. Alferov, M. V. Chernutsky // Bulletin of the Don State Technical University. – 2018. – Vol. 18, No. 4. – pp. 408-413. – DOI 10.23947/1992-5980-2018-18-4-408-413. – EDN YSDTGP.

8. Turubanov, N. V. The study of mixing material in a horizontal belt mixer / N. V. Turubanov, O. Y. Medvedev, A. Y. Isupov // Society, science, innovation (NPK-2016) : Collection of articles 2nd edition, revised and supplemented, Kirov, April 18-29, 2016 / Vyatka State University. – Kirov: Vyatka State University, 2016. – pp. 864-870. – EDN WXZVLR.

9. Opara, V. A simplified method for determining the quality of mixing feed components in production conditions / V. Opara, O. Korzh, V. Popsui //Zootehnie şi biotehnologii. – 2015. – Vol. 44. – pp. 122-125.

10. Zhdanova, N.V. The use of ferromagnetic microtracers as indicators for determining the quality of uniformity of medicinal feeds, compound feeds and premixes / N.V. Zhdanova // Equipment and technologies in animal husbandry. 2018. No.2 (30). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-ferromagnitnyh-mikrotreyserov-kak-indikatorov-opredeleniya-kachestva-odnorodnosti-lechebnyh-kormov-kombikormov-i (date of application: 05.04.2023).

11. GOST 34748-2021. Agricultural machinery. Feed distributors. Test methods.

12. Vedishchev, S. M. Investigation of the influence of design-mode parameters of a screw-blade mixer on its quality indicators / S. M. Vedishchev, N. V. Holshev // Questions of modern science and practice. V.I. Vernadsky University. – 2011. – № 3(34). – Pp. 32-34. – EDN LITNWP.

13. Nikolaev, V. N. Results of studies of the process of mixing bulk feed in an aerodynamic mixer / V. N. Nikolaev, E. V. Zyazev // Agroindustrial Complex of Russia. – 2022. – Vol. 29, No. 3. – pp. 331-335. – DOI 10.55934/2587-8824-2022-29-3-331-335. – EDN CGLNIB.

14. Eshdavlatov, E. U. Substantiation of parameters and modes of operation of a continuous mixer with heat treatment of feed: specialty 05.20.01 "Technologies and means of mechanization of agriculture" : abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Eshdavlatov Eshpulat Uzakovich. – Balashikha, 1990. – 16 p. – EDN ZJMUFN.

15. .Eshdavlatov E. U. Increasing the intensity of the process of continuous mixing of feed / E.U. Eshdavlatov, A.A. Suyunov // Universum: technical sciences. 2021. No.4-3 (85). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-intensivnost-protsessa-nepreryvnogo-smeshivaniya-kormov (accessed: 04/15/2023).

16. Bulatov, S.Yu. Assessment of the uniformity of the distribution of premixes in complete feeds during their preparation in mixers / S.Yu. Bulatov, E.V. Voronov, A.E. Shamin, A.G. Sergeev // Perm Agrarian Bulletin. 2019. No.3 (27). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ravnomernosti-raspredeleniya-premiksov-v-polnoratsionnyh-kormah-pri-ih-podgotovke-v-smesitelyah (accessed: 07.04.2023).

17. Chupshev, A.V. Experimental studies of a feed mixer / A.V. Chupshev, V.V. Konovalov, S.V. Gusev // Niva of the Volga region. 2008. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-issledovaniya-smesitelya-kormov.

18. Optimization of structural and kinematic parameters of a dry feed mixer with a blade-belt working body / V. V. Konovalov, V. P. Teryushkov, A.V. Chupshev, V. V. Konovalov // Izvestiya Samara State Agricultural Academy. – 2013. – No. 3. – pp. 83-88. – EDN QJCHOV.

19. Optimization of technological parameters of a mixer with a combined working body / V. V. Konovalov, V. P. Teryushkov, A.V. Chupshev, V. V. Konovalov // Izvestiya Samara State Agricultural Academy. – 2014. – No. 3. – pp. 83-87. – EDN SFOUMZ.

20 Izvekov, E. A. Evaluation of the quality of feed preparation units and ways to improve their design / E. A. Izvekov // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2014. – № 4(43). – Pp. 98-103. – EDN TRVBOH.

21. Demin, O. V. Improvement of calculation methods and designs of paddle mixers: dis.... Candidate of Technical Sciences: 05.02.13. - Tambov, 2003. - 210 p.

22. Astapov, S. Y. Improving the mixing efficiency in a mobile distributor mixer by improving the screw apparatus: dissertation... Candidate of Technical Sciences: 05.20.01 / Astapov Sergey Yuryevich; [Place of protection: Michurin. state agrarian. un-t]. - Michurinsk, 2007. - 138 p.: ill.

23. Zavrazhnov, A. I. The influence of design parameters of a mobile mixer-distributor of feed on the uniformity of mixing / A. I. Zavrazhnov, S. Yu. Astapov // Achievements of science and technology of the agro–industrial complex. – 2007. – No. 6. – pp. 25-27. - EDN IUFSLR.

24. Tseluiko O. A. Dependence of the mass of 1000 grains of agricultural crops on fertilizers / O.A. Tseluiko, V.I. Medvedeva // Izvestia OGAU. 2015. No.3 (53). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zavisimost-massy-1000-zyoren-selskohozyaystvennyh-kultur-ot-udobreniy (accessed: 04/15/2023).

24. Weight of 1000 seeds. http://www.rsn-rb.ru/novosti/4777-massa-1000-semyan.html.

25. Patent No. 2495398 C1 Russian Federation, IPC G01N 1/38, B01F 3/18, B01F 3/22. method for determining the quality of a mixture of components differing in color : No. 2012115854/05 : application 19.04.2012 : publ. 10.10.2013 / O. V. Demin, D. O. Smolin, V. F. Pershin, V. G. Odnolko ; applicant Federal State Budgetary educational institution of higher professional education "Tambov State Technical University" (FGBOU VPO TSTU). – EDN VZINSZ.

26. Smolin, D. O. Development of an express method for determining the quality of a mixture of components differing in color / D. O. Smolin, O. V. Demin, V. F. Pershin // Bulletin of the Tambov State Technical University. - 2012. – Vol. 18, No. 4. – pp. 849-855. – EDN PRGHVD.

Информация об авторах

С. М. Ведищев – доктор технических наук, профессор; Н. В. Хольшев – кандидат технических наук, доцент; А. В. Прохоров – кандидат технических наук, доцент; А. Ю. Глазков – аспирант; М. Е. Выгузов – аспирант.

Information about the authors

A. Vedishchev – Doctor of Technical Sciences, Professor; N. Holshev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Prokhorov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A. Glazkov – postgraduate student; M. Vyguzov – postgraduate student.

Вклад авторов все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: *all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication*.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 25.05.2023 Принята к публикации (Accepted): 24.06.2023