

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.363.7

ОЦЕНКА РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕМИКСОВ В ПОЛНОРАЦИОННЫХ КОРМАХ ПРИ ИХ ПОДГОТОВКЕ В СМЕСИТЕЛЯХ

С. Ю. Булатов, канд. техн. наук, доцент,

E-mail: bulatov_sergey_urevich@mail.ru;

Е. В. Воронов, канд. экон. наук,

E-mail: e_voronov@list.ru;

А. Е. Шамин, д-р экон. наук, профессор,

E-mail: ngiei-126@mail.ru

ГБОУ ВО Нижегородский государственный инженерно-экономический университет,
ул. Октябрьская, 22 а, г. Княгинино, Нижегородская область, Россия, 606340

А. Г. Сергеев, канд. техн. наук,

ООО «Доза-Агро»,

ул. Жиркомбината шоссе, 20, Нижний Новгород, Россия, 603124

E-mail: office@dozaagro.ru

Аннотация. Полноценное кормление на сегодняшний день невозможно без добавления в рацион животных различных биологических витаминно-минеральных добавок, способствующих лучшему усвоению питательных веществ, использованию обменной энергии, повышению качества молока, продуктивности животных и их воспроизводительной способности. Количество премиксов в рационе животных обычно незначительно и не превышает 1...3 % от общей массы кормовой смеси. Добиться однородности кормовой смеси, соответствующей нормам кормления, при введении незначительного количества микродобавок достаточно сложно. Целью исследований является оценка равномерности распределения премиксов в полнорационных кормах для КРС. Были проведены исследования по распределению премиксов в полнорационных кормах КРС. Эксперименты проводили в трех хозяйствах Нижегородской области: ООО «Имени Чкалова» Арзамасского района, ООО «Агрофирма Заря» Богородского района и СПК «Дубенский» Вадского района. Приготовление кормовой смеси в ООО «Имени Чкалова» проводили смесителем Vmix10 plus BvL, в ООО «Агрофирма Заря» – самоходным вертикальным смесителем-кормораздатчиком фирмы SILOKING, в СПК «Дубенский» – смесителем Vmix plus 10 N-1S BvL. В качестве контрольного компонента использовали зерно пшеницы. Количество вводимого ключевого компонента равнялось общему количеству премиксов, входящих в рацион и вводимых со всеми компонентами в один смеситель. В результате экспериментов выявлено, что равномерность распределения премиксов в полнорационных кормах изменяется от 46 до 88 % в зависимости от рациона, доли ключевого компонента, кон-

струкции смесителя. Наибольшее влияние на однородность кормовой смеси оказывает конструкция смесителя, степень изношенности его рабочих органов. За счет исключения в бункерах смесителей застойных зон однородность смеси можно повысить на 5...10 %. По результатам исследований даны рекомендации производителям.

Ключевые слова: кормовая смесь, однородность, полнорационные корма, премиксы, смеситель.

Введение. Зарубежные ученые в своих исследованиях отмечают положительный эффект от кормления животных правильно подготовленными кормами [1-4]. Научными исследованиями обосновано и доказано эффективное кормление КРС полнорационными кормами [5]. В настоящее время приготовление и раздача в большинстве случаев осуществляется мобильными измельчителями-смесителями-раздатчиками. Однако полноценное кормление на сегодняшний день невозможно без добавления в рацион животных различных биологических витаминно-минеральных добавок, способствующих лучшему усвоению питательных веществ, использованию обменной энергии, повышению качества молока, продуктивности животных и их воспроизводительной способности [6-8]. Количество премиксов в рационе животных, как правило, не превышает 1...3 % от общей массы кормовой смеси [6, 8]. Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов предусматривают однородность кормовой смеси для КРС не ниже 80 %, и не ниже 90 % при введении микродобавок [9]. Добиться таких высоких показателей однородности при введении незначительного количества микродобавок достаточно сложно. Поэтому целью исследований является оценка равномерности распределения премиксов в полнорационных кормах для КРС.

Анализ литературных источников показал, что процесс смесеобразования тяжело описать математически. Большинство научных работ направлено на определение конструктивных и технологических параметров смесителей и их рабочих органов [10-13]. Также значительное влияние на качество смеси оказывает концентрация ключевого компо-

нента. Его минимальное содержание в смеси, в зависимости от конструкции рабочего органа, рекомендуют задавать не ниже 9,5...13 % [14]. При снижении концентрации контрольного компонента до величины 1 % (с целью сохранения качества смеси) время смешивания необходимо увеличивать до 20 минут [15].

Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов, оценку качества смеси рекомендуют проводить через показатель однородности смеси [9], которая связана с коэффициентом вариации [16].

Методика. Эксперименты проводили в трех хозяйствах Нижегородской области: ООО «Имени Чкалова» Арзамасского района, ООО «Агрофирма Заря» Богородского района и СПК «Дубенский» Вадского района.

Приготовление кормовой смеси в ООО «Имени Чкалова» проводили смесителем Vmix10 plus BvL, в ООО «Агрофирма Заря» – самоходным вертикальным смесителем-кормораздатчиком фирмы SILOKING, в СПК «Дубенский» – смесителем Vmix plus 10 N-1S BvL.

Технология приготовления и выдачи кормов в условиях хозяйства ООО «Имени Чкалова» включала загрузку компонентов смеси загрузчиком и их смешивание в течение 15 минут в смесителе Vmix 10 plus. Далее проводили выгрузку готовой кормовой смеси в раздатчик кормов КТ-10 и ее раздачу на кормовой стол.

Приготовление кормовой смеси осуществляли для лактирующих коров молочного направления первой стадии лактации с суточным удоем 30 кг и жирностью молока 3,8 % в соответствии с рационом, структура которого представлена в таблице 1. Система содержания коров – привязная.

Таблица 1

Рацион кормления КРС в ООО «Имени Чкалова»

Наименование корма	Единица измерения	Дача
Зерносмесь	кг	5,50
Кукуруза плющенная	кг	3,00
Жмых подсолнечный	кг	2,00
Жмых рапсовый	кг	1,00
Солома пшеничная озимая	кг	0,50
Силос	кг	26,28
Меласса из свеклы	кг	0,70
Дробина пивная свежая	кг	6,00
Дрожжи кормовые сухие	кг	0,60
Поваренная соль	кг	0,10
Глицерин	кг	0,60

Загрузку и смешивание компонентов, раздача готовой кормовой смеси в ООО «Агрофирма Заря» осуществляли самоходным вертикальным смесителем-кормораздатчиком фирмы SILOKING в течение 20 минут.

Приготовление кормовой смеси проводили для двух групп животных: высокопродуктивных первотелок с суточным удоем 35,8 л и низкопродуктивных коров с суточным удоем 27,9 л. Рацион кормления приведен в таблице 2. Система содержания животных – беспривязная.

Таблица 2

Рацион кормления КРС в ООО «Агрофирма Заря»

Наименование компонента кормовой смеси	Единица измерения	Суточный расход на 1 голову	
		высокопродуктивные	низкопродуктивные
Вода	л	5,63	1,13
Сенаж	кг	11,84	15,84
Зерносенаж	кг	9,47	15,84
Силос кукурузный	кг	12,98	10,43
Сено	кг	0,92	4,50
Кукуруза плющенная	кг	2,79	3,21
Кукуруза (зерно)	кг	2,21	-
Горох (зерно)	кг	1,19	1,51
Ячмень (зерно)	кг	0,93	-
Соевый шрот 49%	кг	1,48	-
Рапсовый жмых 38%	кг	3,15	2,77
Пальмовый жир	кг	0,19	-
Мел	кг	0,10	0,08
Соль поваренная	кг	0,08	0,08
Сода пищевая	кг	0,20	0,10
Премикс Камисан	кг	0,20	0,10
КД Кристал Хефе	кг	0,05	0,05

Технология приготовления кормовой смеси в СПК «Дубенский» аналогична технологии, применяемой в ООО «Имени Чкалова». Загрузку компонентов смеси в смеситель Vmix plus 10 N-1S BvL проводили за-

грузчиком Weidemann T6025. В течение 15 минут компоненты перемешивали, перегружали в раздатчик кормов КТ-10 и раздавали животным.

Приготовление кормовой смеси осуществляли для лактирующих коров молочного направления с периодом лактации 150 дней и суточным удоем 30 кг. Структура

кормовой смеси, смешиваемой одним смесителем, представлена в таблице 3. Система содержания коров – беспривязная.

Таблица 3

Структура кормовой смеси, приготовляемой одним смесителем Vmix plus 10 N-1S BvL для лактирующих коров молочного направления с периодом лактации 150 дней и суточным удоем 30 кг в СПК «Дубенский»

Наименование корма	Единица измерения	Масса
Силос кукурузный	кг	900
Сенаж (люцерна)	кг	550
Сенаж (клевер)	кг	500
Зерносмесь	кг	200
Кукуруза дробленая	кг	130
Кукуруза плющенная	кг	130
Соя экструдированная	кг	70
Горох экструдированный	кг	60
Жмых рапсовый	кг	65
Шрот рапсовый	кг	130
Шрот подсолнечника	кг	100
Шрот свекловичный	кг	65
Соль	кг	10
БМВД	кг	10

При проведении эксперимента учитывались требования РД 10.19.2.-90, СТО АИСТ 19.2-2008 [16, 17].

В качестве контрольного компонента использовали зерно пшеницы. Количество вводимого ключевого компонента равнялось общему количеству премиксов, входящих в рацион и вводимых со всеми компонентами в один смеситель. С учетом этого доля ключевого компонента в общей массе кормовой смеси при кормлении животных в ООО «Имени Чкалова» составляла 0,25 %. При кормлении высокопродуктивных коров в ООО «Агрофирма Заря» концентрация ключевого компонента равнялась 0,19 % и 0,36 % при кормлении низкопродуктивных коров. Доля контрольного ком-

понента в кормовой смеси, приготовленной в СПК «Дубенский», составляла 0,34 %.

Загрузку ключевого компонента в смесители осуществляли одновременно с премиксами и другими добавками. После перемешивания всех компонентов в смесителях и раздачи кормовой смеси производили отбор проб. Для этого кормовой стол был условно разделен на 30 зон, в каждой из которой на длине 1 метр брали пробы корма и складывали в пакеты. Каждый опыт проводили в трехкратной повторности.

После отбора проб проводили выделение контрольного компонента и рассчитывали коэффициент вариации, которым оценивали неоднородность смеси [14]:

$$v = \sqrt{\frac{\sum(c_i - \bar{c})^2}{n-1}} \cdot \frac{100}{\bar{c}}, \quad (1)$$

где c_i – текущее значение концентрации контрольного компонента в пробе;

\bar{c} – среднеарифметическое значение концентрации контрольного компонента по всем пробам;

n – число проб.

Результаты. После анализа проб и подсчета коэффициента вариации по формуле (1) определена однородность кормовой смеси как разница между 100 % и коэффициентом вариации [18]. При получении кормовой смеси в смесителе Vmix10 plus в условиях ООО «Имени Чкалова» однородность смеси составляла 46...55 %. При смешивании компонентов самоходным вертикальным смесителем-кормораздатчиком фирмы SILOKING в ООО «Агрофирма Заря» однородность смеси изменялась в пределах 72...81 %. Однородность

смеси, полученной в смесителе Vmix plus 10 N-1S BvL в СПК «Дубенский», равнялась 85...88 %.

Примеры распределения контрольного компонента по пробам в одной из повторностей по каждой организации представлены на рисунках 7...9 (красной линией обозначено среднее значение концентрации контрольного компонента в кормовой смеси).

Разброс концентрации контрольного компонента по пробам корма, взятого после его смешивания в смесителе Vmix10 plus и раздачи кормораздатчиком КТ-10 в ООО «Имени Чкалова», достаточно высок, и изменяется от 0,016 до 0,15 % (рис. 1). Границы доверительного интервала имеют значения 0,034 и 0,17 %. Невысокая однородность смеси может быть связана с износом рабочих органов смесителя.

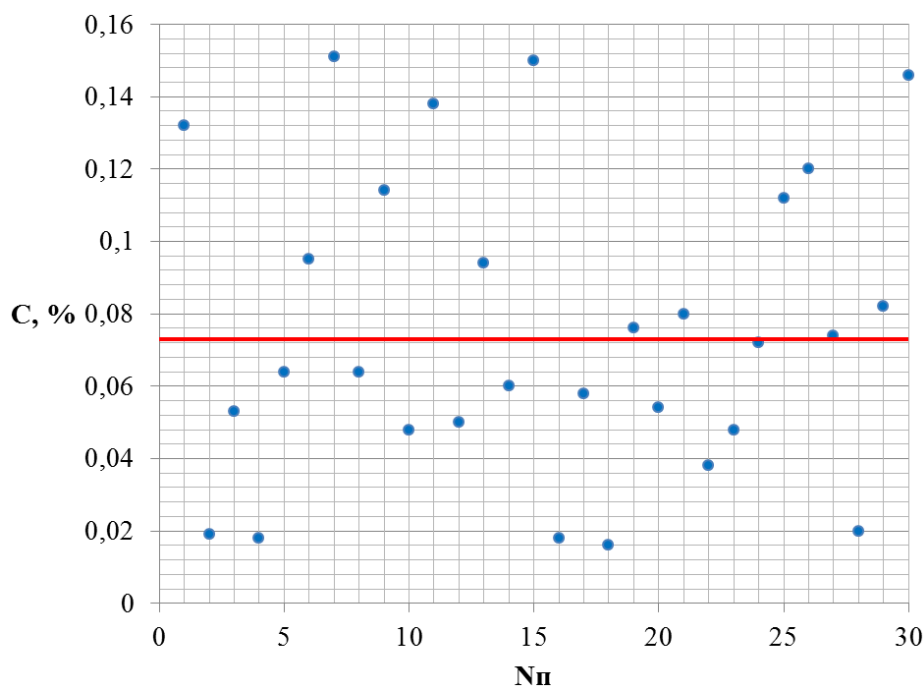


Рис. 1. Концентрация контрольного компонента в пробах корма, взятого после его смешивания в смесителе Vmix10 plus и раздачи кормораздатчиком КТ-10 в ООО «Имени Чкалова»

При анализе проб кормовой смеси, полученной смешиванием компонентов самоходным вертикальным смесителем-кормораздатчиком фирмы SILOKING в ООО «Агрофирма Заря» замечено, что в каждой повторности превышение концентрации контрольного компонента в одной из 30 проб в 1,5...2 раза выше среднего значения (рис. 2). Высокое содержание контрольного компонента в одной из проб может

свидетельствовать о наличии в бункере смесителя застойной зоны, то есть в этой зоне не происходит смешивание компонентов. За счет исключения этой зоны возможно повышение однородности смеси до 82...85 %. Среднее значение концентрации контрольного компонента по пробам составило 0,14 %, значения нижней и верхней границ доверительного интервала соответственно 0,113 и 0,17 %.

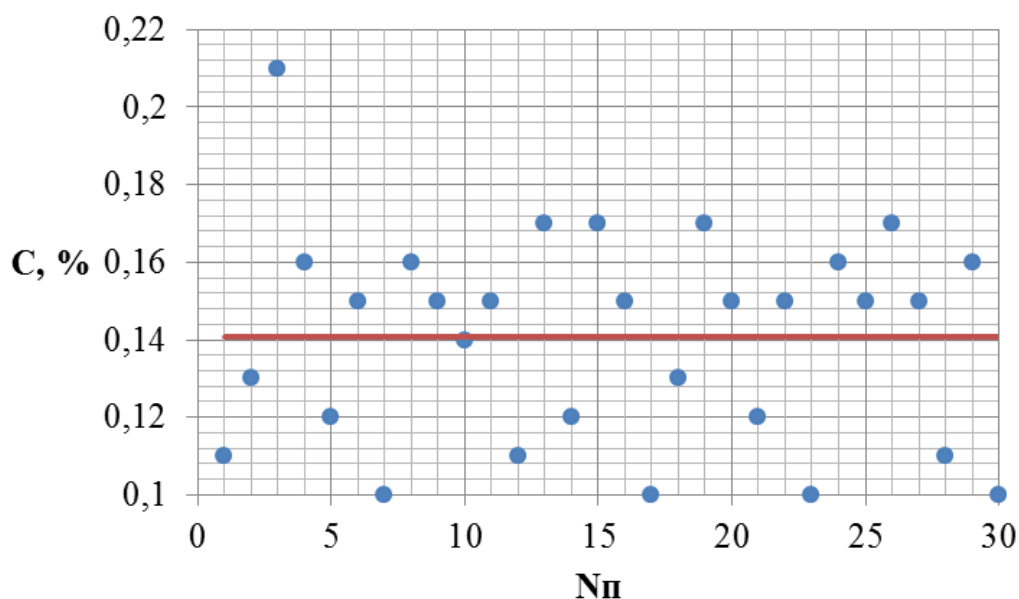


Рис. 2. Концентрация контрольного компонента в пробах корма, взятого после его раздачи высокопродуктивным коровам самоходным вертикальным смесителем-кормораздатчиком фирмы SILOKING в ООО «Агрофирма Заря»

Разброс концентрации контрольного компонента по пробам кормосмеси, приготовленной смесителем Vmix plus 10 N-1S BvL в СПК «Дубенский», невелик (рис. 3), и однородность для КРС во всех случаях соответствовала нормам технологического проектирования кормоцехов, превышая 80 %. Однако с учетом

требований при добавлении в корма микро-элементов значение однородности ниже требуемой на 2...5 %. Среднее значение концентрации контрольного компонента по пробам в данном случае составило 0,318 %, нижняя граница доверительного интервала имеет значение 0,279 %, верхняя – 0,357 %.

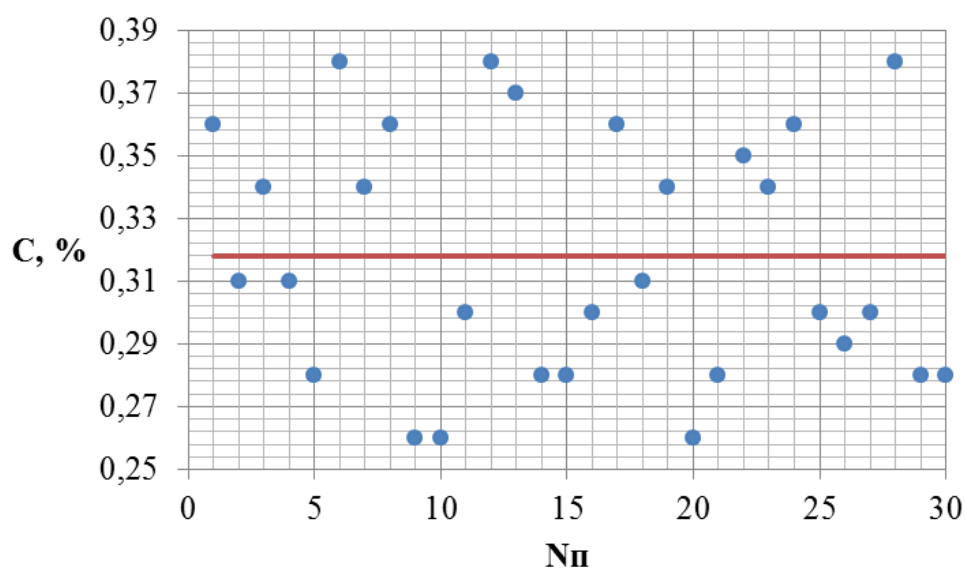


Рис. 3. Концентрация контрольного компонента в пробах корма, взятого после его раздачи лактирующим коровам молочного направления с периодом лактации 150 дней и суточным удоем 30 кг и приготовленного смесителем Vmix plus 10 N-1S BvL в СПК «Дубенский»

Выводы.

1. Равномерность распределения премиксов в полнорационных кормах изменяется от 46 до 88 %, в зависимости от рациона, доли ключевого компонента, конструкции смесителя. Наибольшее влияние на однородность кормовой смеси оказывает конструкция смесителя, степень изношенности его рабочих органов. За счет исключения в бункерах смесителей застойных зон однородность смеси можно повысить на 5...10 %. Для повышения

производительности процесса смешивания и повышения однородности смеси необходимо обеспечивать постепенное, распределенное введение премиксов [19-21].

2. Производителям смесителей кормов с целью повышения качества смешивания необходимо исключать в бункерах смесителей застойные зоны, а сельхозтоваропроизводителям, наряду с совершенствованием процесса дозирования премиксов, своевременно производить замену рабочих органов смесителя.

Литература

1. Nikkiah 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.
2. Nikkiah 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.
3. 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.
4. Feed uses for barley / JL Black [et al.] // Proceedings of the 12th Australian Barley Technical Symposium. 2005. Hobart, Tasmania.
5. 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.
6. Морозова Л.А. Минерально-витаминные премиксы в кормлении высокопродуктивных коров // Вестник КрасГАУ. 2007. № 2. С. 192-196.
7. Премиксы в кормлении крупного рогатого скота / С.И. Николаев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 125-130.
8. Столярова Т.Н. Премиксы в кормлении дойных коров // Эффективное животноводство. 2018. № 1 (140). С. 12-13.
9. НТП-АПК 1.10.16.001-02. Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов. Введ. 2002-05-01. М.: ФГНУ НПЦ Гипронисельхоз, 2002. 127 с.
10. Аналитическое определение параметров лопастных смесителей для турбулентного перемешивания сухих смесей / В.В. Коновалов [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 1. С. 135.
11. Бакин М.Н., Капранова А.Б., Верлока И.И. Современные методы математического описания процесса смешивания сыпучих материалов // Фундаментальные исследования. 2014. № 5 Ч. 5. С. 923-927.
12. Извеков Е.А. Оценка качества работы кормоприготовительных агрегатов и пути совершенствования их конструкции // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2014. № 4. С. 98-103.
13. Утолин В.В., Гришков Е.Е., Лавров А.М. Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров спирального смесителя // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2015. № 1 (25). С. 70-76.
14. Коновалов В.В., Терюшков В.П., Чупшев А.В. Оптимизация технологических параметров смесителя с комбинированным рабочим органом // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 83-87.
15. Результаты испытаний смесителя комбикормов / В.В. Коновалов [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2007. № 9. С. 145-147.
16. СТО АИСТ 19.2-2008 - Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей. Минск: Минсельхозпрод, 2008. 47 с.
17. Руководящий документ. Испытания сельскохозяйственной техники: Машины и оборудования для приготовления кормов: Методы испытаний (РД. 10.19.2.-90). М., 1990. 20 с.
18. Макаров Ю. И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов. М.: Машиностроение, 1973. 216 с.
19. Фомин А.С., Коновалов В.В. Влияние контрольного компонента и производительности на неравномерность смеси спирально-винтового смесителя-конвейера // Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России:

Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, проводимой по программе Всероссийского фестиваля науки и посвященной 150-летию со дня рождения П.А. Столыпина. Пенза: Пензенская ГСХА, 2012. С. 101-103.

20. Влияние длительности смешивания и доли меньшего компонента на показатели работы мешалки лопастного смесителя с дополнительными лопатками / М.В. Фомина [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 3. С. 40-45.

21. Chupshev A., Konovalov V., Fomina M. Optimization in work modeling of a mixer // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1084. Is. 1. P. 1-1. 1 p.

EVALUATION OF THE DISTRIBUTION UNIFORMITY OF PREMIXES IN COMPLETE FEEDS DURING ITS PREPARATION IN MIXERS

S. Yu. Bulatov, Cand. Tech. Sci., Associate Professor

E-mail: bulatov_serгей_urevich@mail.ru

E. V. Voronov, Cand. Econ. Sci.,

E-mail: e_voronov@list.ru

A. E. Shamin, Dr. Econ. Sci., Professor

SBEI HE Nizhniy Novgorod State Engineering-Economic University,

22 a, October St., Knyaginino, Russia, 606340

E-mail: ngiei-126@mail.ru

A. G. Sergeev, Cand. Tech. Sci.,

ООО "Doza-Agro",

20, Zhirkombinata Shosse St., Nizhni Novgorod, Russia, 603124

E-mail: office@dozaagro.ru

ABSTRACT

Full-fledged feeding today is impossible without adding of various biological vitamin and mineral additives to the animals diet, that contribute to better absorption of nutrients and the better use of metabolic energy, improve the quality of milk, productivity of animals and their reproductive ability. The number of premixes in the animals diet is usually small and does not exceed 1...3 % of the total feed mixture weight. To achieve the feed mixture homogeneity corresponding to the feeding rate, when adding small quantities of micro additives, is quite difficult. The aim of the research is to assess the uniformity of the premixes distribution in complete feed for cattle. Studies were carried out on the premixes distribution in complete feed for cattle. The experiments were conducted in three farms of the Nizhny Novgorod region: LLC «Chkalov», Arzamas district, LLC «Agrofirma Zarya», Bogorodsky district, and APK «Dubenskiy», Vadskiy district. Cooking the feed mixture in LLC «Chkalov» were carried out by BvL Vmix10 plus mixer, LLC «Agrofirma Zarya» – self-propelled vertical mixer wagon of the SILOKING company, in APK «Dubenskiy» – Vmix plus 10 N-1S BvL mixer. Wheat grain was used as a control component. The amount of the key component was equal to the total number of premixes included in the diet and added with all components in one mixer. The experiments revealed that the uniformity of the premixes distribution in complete feed varies from 46 to 88 % depending on the diet, the share of the key component, the design of the mixer. The mixer design, the degree of its working bodies wear affects the feed mixture uniformity most significantly. Due to the exclusion of stagnant zones in the mixers bunkers, the mixture homogeneity can be increased by 5...10 %. According to the results of research recommendations to manufacturers are given.

Key words: feed mixture, homogeneity, complete feed, premixes, mixer.

References

1. Nikkhah Akbar. Barley grain for ruminants: A global treasure or tragedy, *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2012, Vol. 3 (1), pp. 22. DOI 10.1186/2049-1891-3-22.
2. Nikkhah A. Optimizing barley grain use by dairy cows: A betterment of current perceptions, *Progress in Food Science and Technology*, 2011, Vol. 1, pp. 165-178.
3. 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.
4. Feed uses for barley, JL Black [et al.], *Proceedings of the 12th Australian Barley Technical Symposium*, 2005, Hobart, Tasmania.
5. Perednya V.I. Mekhanizatsiya prigotovleniya polnotsennykh kormosmesi na potochnykh liniyakh dlya effektivnogo ispol'zovaniya kormov na skotovodcheskikh fermakh (The preparation mechanization of complete feed mixtures on production lines for efficient use of fodder for cattle farms), dis. ... d-pa tekhn. Nauk, Minsk, 1984, 373 p.
6. Morozova L.A. Mineral'no-vitaminnye premiksiy v kormlenii vyso-koproduktivnykh korov (Mineral and vitamin premixes in highly productive cows feeding), *Vestnik KrasGAU*, 2007, No. 2, pp. 192-196.
7. Premiksiy v kormlenii krupnogo rogatogo skota (Premixes in cattle feeding), S.I. Nikolaev [i dr.], *Izvestiya Nizhnevolszhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2013, No. 4 (32), pp. 125-130.
8. Stolyarova T.N. Premiksiy v kormlenii doinykh korov (Premixes in milch cow feeding), *Effektivnoe zhivotnovodstvo*, 2018, No. 1 (140), pp. 12-13.
9. NTP-APK 1.10.16.001-02. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya kormotsekhov dlya zhivotnovodcheskikh ferm i kompleksov (NTP-APK 1.10.16.001-02 Technological designing norms of feed mills for livestock farms and complexes), *Vved. 2002-05-01, M., FGNU NPTs Gipronisel'khoz*, 2002, 127 p.
10. Analiticheskoe opredelenie parametrov lopastnykh smesitelei dlya turbulentsnogo peremeshivaniya sukhikh smesei (Analytical determination of the lobed mixers parameters for turbulent mixing of dry mixtures), V.V. Konovalov [i dr.], *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2012, No. 1, pp. 135.
11. Bakin M.N., Kapranova A.B., Verloka I.I. Sovremennye metody mate-maticheskogo opisaniya protsessa smeshivaniya sypuchikh materialov (Modern methods of mathematical description of the bulk materials mixing process), *Fundamentallynye issledovaniya*, 2014, No. 5, Ch. 5, pp. 923-927.
12. Izvekova E.A. Otsenka kachestva raboty kormoprigotovitel'nykh agregatov i puti sovershenstvovaniya ikh konstruktivnykh (The quality assessment of feed preparation units and ways to improve its design), *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 4, pp. 98-103.
13. Utolin V.V., Grishkov E.E., Lavrov A.M. Teoreticheskoe obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov spiral'nogo smesitelya (Theoretical substantiation of structural and technological spiral mixer parameters), *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2015, No. 1 (25), pp. 70-76.
14. Konovalov V.V., Teryushkov V.P., Chupshev A.V. Optimizatsiya tekhnologicheskikh parametrov smesitelya s kombinirovannym rabochim organom (Optimization of the mixer with combined working body technological parameters), *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2014, No. 3, pp. 83-87.
15. Rezul'taty ispytaniy smesitelya kombikormov (Tests results of the animal feed mixer), V.V. Konovalov [i dr.], *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2007, No. 9, pp. 145-147.
16. STO AIST 19.2-2008 – Sel'skokhozyaistvennaya tekhnika. Mashiny i oborudovanie dlya prigotovleniya kormov. Poryadok opredeleniya funktsional'nykh pokazatelei (STO AIST 19.2-2008 – Agricultural machinery. Machinery and equipment for the preparation of feed. The procedure for the functional indicators determining), Minsk, Minsel'khozprod, 2008, 47 p.
17. Rukovodnyy dokument. Ispytaniya sel'skokhozyaistvennoi tekhniki: Mashiny i oborudovaniya dlya prigotovleniya kormov: Metody ispytaniy (RD. 10.19.2.-90) (Guidance document. Tests of agricultural machinery: machinery and equipment for the preparation of feed: test Methods (RD. 10.19.2 it.-90)), M., 1990, 20 p.
18. Makarov Yu. I. Apparaty dlya smeshivaniya sypuchikh materialov (Devices for bulk materials mixing), M., Mashinostroenie, 1973, 216 p.
19. Fomin A.S., Konovalov V.V. Vliyanie kontrol'nogo komponenta i proizvoditel'nosti na neravnomernost' smesi spiral'no-vintovogo smesitelya-konveiera (Effect of the control component and performance on the uneven mixture of spiral-screw mixer-line), *Innovatsionnye idei molodykh issledovatelei dlya APK Rossii: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, provodimoi no programme Vserossiiskoyu festivalya nauki i posvyashchennoi 150-letiyu so dnya rozhdeniya P.A. Stolypina, Penza, Penzenskaya GSKhA*, 2012, pp. 101-103.
20. Vliyanie dlitel'nosti smeshivaniya i doli men'shego komponenta na pokazateli raboty meshalki lopastnogo smesitelya s dopolnitel'nymi lopatkami (Effect of mixing duration and the smaller component proportion on performance of the stirrer paddle mixer with extra blades), M.V. Fomina [i dr.], *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2017, No. 3, pp. 40-45.
21. Chupshev A., Konovalov V., Fomina M. Optimization in work modeling of a mixer, *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, Vol. 1084, Is. 1, pp. 1-1, 1 p.