

# ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМА В УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВА

**СЕРГЕЕВ Александр Георгиевич**, ООО «Доза-Агро»

**БУЛАТОВ Сергей Юрьевич**, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет

**НЕЧАЕВ Владимир Николаевич**, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет

**САВИНЫХ Петр Алексеевич**, Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого

**ШАМИН Анатолий Евгеньевич**, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет

*В статье рассматриваются результаты по определению основных характеристик работы модулей дозирования макро- и микрокомпонентов комбикорма в условиях кормоприготовительного подразделения животноводческого хозяйства. Выявлена взаимосвязь снижения погрешности дозирования с увеличением массы взвешиваемых компонентов и при суммарном их значении. Установлено, что наибольшее отклонение 12,63 % имеет микрокомпонент Витекс Д при контрольной массе 4 кг. Однако, при дозировании четырех микрокомпонентов суммарной массой 54,4 кг (Статус 2, мел, РумиМикс, Витекс Д) погрешность дозирования составляет 0,71 %. По макрокомпонентам величина погрешности не превышает 2 %. Выявлена теоретическая зависимость, описывающая погрешность дозирования в зависимости от массы дозируемого компонента.*

**Введение.** В настоящее время в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств кормление крупного рогатого скота (КРС) все чаще осуществляется полнорационными кормовыми смесями с использованием кормораздатчиков [1, 12]. В кормовом балансе данной группы животных до 30 % к дополнению к грубым и сочным кормам вводят концентраты, обогащенные различными минеральными элементами [11]. Производство комбикорма непосредственно в хозяйстве, имеющем собственное зерновое сырье, оправдано [8]. В таком случае производителю необходимо уделять внимание процентному соотношению всех компонентов комбикорма, рецептуру которого, как показывают исследования, технологически возможно выдержать с помощью операций дозирования и смешивания [1–7, 9, 10, 14, 15]. Точность дозирования компонентов комбикорма имеет особое значение, которое связано в первую очередь со здоровьем и продуктивностью животных. Решением данной проблемы заняты как отечественные, так и зарубежные производители кормоприготовительной техники [13]. Проведя анализ состояния проблемы, можно сделать вывод о необходимости дальнейших исследований в данном направлении: в поиске схем дозирования высокой степени точности.

Цель исследования – определить основные показатели работы системы дозирования в составе комбикормового завода.

**Методика исследований.** Оценка рабочего процесса машин проводилась в составе завода для приготовления рассыпных комбикормов серии «Мастер» производства ООО «Доза-Агро» в «Агрохолдинг Вурнарский» Чувашской Республики. Главная задача данного подразделения – производство и отгрузка готовых рассыпных комбикормов для кормления крупного рогатого скота всех половозрастных категорий. Технологическая линия состоит из пяти открытых бункеров для загрузки кукурузы, ячменя, жмыха, шрота, дрожжей, модуля весового дозирования макрокомпонентов (рис. 1), системы шнековых транспортеров и норий, двух параллельно установленных дробилок открытого типа с заявленной производительностью 2,5 т/ч каждая, модуля микродозирования ММД-1,5 4, а также смесителя сухих сыпучих компонентов СЛГ-2А.

Одной из задач исследований являлось определение характеристик работы модулей дозирования. На наш взгляд, существенного отличия при весовом дозировании макро- и микрокомпонентов в условиях данного завода не выявлено. Однако, к дозированию последних со стороны зоотехников предъявляются строгие и вполне





а

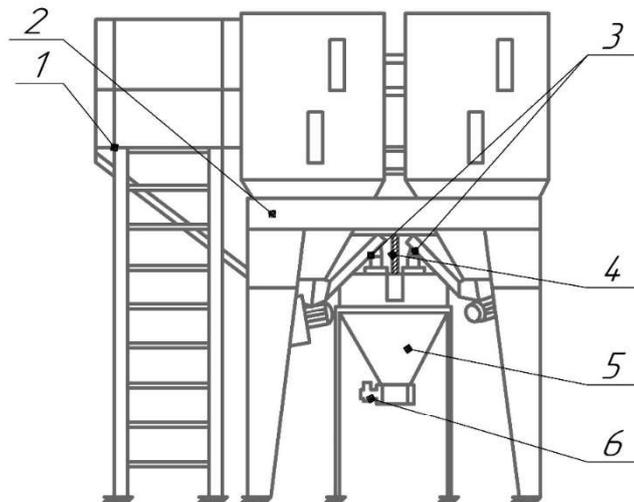


б

Рис. 1. Общий вид: а – открытые бункеры макрокомпонентов (кукурузы, ячменя, жмыха, шрота); б – модуль дозирования макрокомпонентов



а



б

Рис. 2. Модуль микродозирования ММД-1,5×4: а – общий вид; б – схема: 1 – площадка; 2 – рама с бункерами; 3 – дозаторы шнековые; 4 – тензодатчики; 5 – бункер приемный; 6 – задвижка реечная



объективные требования. Рассмотрим устройство и рабочий процесс модуля ММД-1,5×4 более подробно.

Модуль микродозирования ММД-1,5×4 предназначен для накопления и дозированной подачи сухих сыпучих компонентов комбикорма. Модуль включает в себя раму 2 с установленными на ней четырьмя накопительными бункерами объемом 1,5м<sup>3</sup> каждый, шнековые дозаторы 3, приемный бункер 5, который установлен на независимой раме через тензодатчики 4. Загрузка компонентов осуществляется с площадки 1 (рис.2). Работа модуля в составе комбикормового завода серии «Мастер» протекает следующим образом. С площадки 1 в бункеры накопления 2 загружают микродобавки. На компьютере вводят рацион, в соответствии с которым программа рассчитывает процентное соотношение всех компонентов комбикорма. Далее в соответствии с выставленными значениями в приемный бункер 5 шнековыми дозаторами 3 подается необходимый компонент. Масса компонента фиксируется тензодатчиками 4. При достижении заданного значения массы компонента с тензодатчиков подается сигнал на выключение привода шнековых дозаторов 3. После этого включается шнековый дозатор следующего бункера. Процесс повторяется, пока в бункер 5 не будут поданы все компоненты. После этого открывается реечная задвижка 6 и отмеренное количество

компонентов выгружается в выгрузной шнек, который соединен с бункером 5 с помощью гофрированного шланга.

При оценке работы модуля использовались методики, описанные в ГОСТ 8.523-2014 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Дозаторы весовые автоматические дискретного действия. Методика поверки (с Поправками), ГОСТ 8.610 2012 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Дозаторы весовые автоматические дискретного действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Методы испытаний.

В соответствии с перечисленными нормативными документами определялись следующие показатели, выраженные в абсолютных и относительных величинах: среднее значение массы всех проверяемых доз, отклонение действительного значения массы проверяемой дозы от среднего значения массы всех проверяемых доз, а также коэффициент вариации.

Оценка работы модулей проводилась при дозировании компонентов в соответствии с введенным в хозяйстве рационом. С помощью программного обеспечения сМТ Viewer контролировалось состояние процесса и рассчитывались необходимые весовые значения каждого компонента будущего комбикорма. Числовые значения навесок компонентов приведены на рис. 3 и в табл. 1.

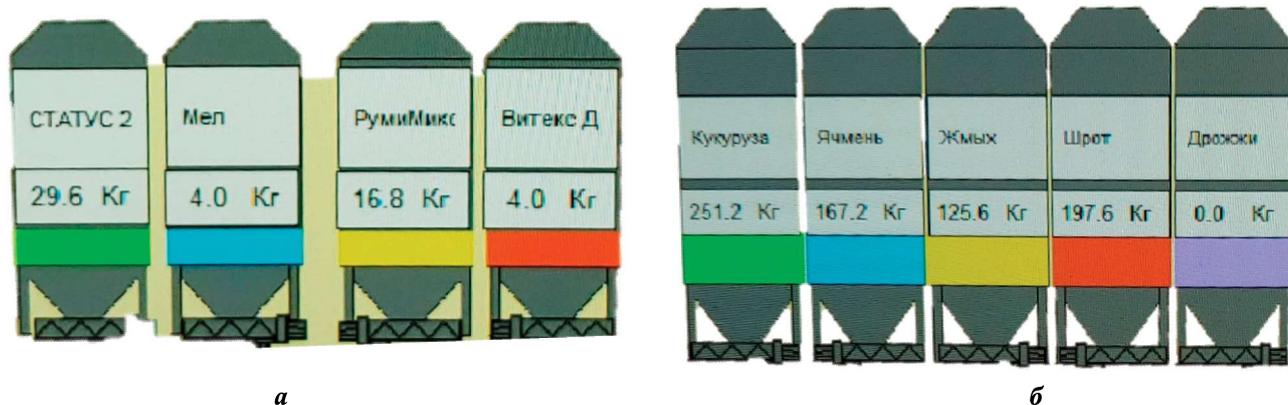


Рис. 3. Фото с монитора ПК (отредактировано):  
а – весовые значения микрокомпонентов;  
б – весовые значения макрокомпонентов

Таблица 1

Массы навесок компонентов в соответствии с рационом

Принадлежность компонента к группе	Наименование культуры	Масса навески в соответствии с рационом, кг
Микрокомпоненты	Статус 2	29,6
	Мел	4
	РумиМикс	16,8
	Витекс Д	4
Макрокомпоненты	Кукуруза	251,2
	Ячмень	167,2
	Жмых	125,6
	Шрот	197,6



Установочные параметры при дозировании микрокомпонентов

Условное обозначение дозатора в составе завода	Наименование компонента в бункере с дозатором	Упреждение завершения навески, кг	Упреждение перехода на пониженную скорость, кг
14.1.1	Статус 2	0	5
14.1.2	Мел	0,5	5
14.1.3	РумиМикс	0,5	5
14.1.4	Витекс Д	0,2	5

Таблица 3

Результаты замеров работы модуля микродозирования ММД-1,5×4 в процессе приготовления комбикорма (дозирование кормовых добавок)

№ показания	Наименование добавки			
	Статус 2	Мел	РумиМикс	Витекс Д
	Заданная масса $m_0$ , кг			
	29,6	4	16,8	4
Показания модуля ММД-1,5×4 $m_m$ , кг				
1	29,1	3,44	16,61	4,5
2	29,84	3,77	16,34	4,47
3	29,29	3,59	16,48	4,5
4	29,81	3,75	16,5	4,39
5	29,97	3,75	16,44	4,36
6	30,36	3,91	16,52	4,49
7	30,12	3,53	16,57	4,53
8	30,13	3,13	17,13	4,43
9	30,53	3,63	16,37	4,54
10	29,07	3,89	16,52	4,84
11	29,3	3,64	16,81	4,7
12	30,04	3,97	16,54	4,67
13	29,4	3,7	16,59	4,61
14	30,01	3,95	16,7	4,59
15	29,98	3,76	16,45	4,37
16	30,56	4,11	16,72	4,69
17	30,14	3,55	16,59	4,55
18	30,33	3,33	17,33	4,63
19	30,63	3,73	16,47	4,64
20	29,2	4,02	16,65	4,97
21	28,9	3,24	16,41	4,3
22	29,64	3,57	16,14	4,27
23	29,18	3,48	16,37	4,39
24	29,61	3,55	16,3	4,19
25	29,96	3,74	16,43	4,35
26	30,16	3,71	16,32	4,29
27	30,1	3,51	16,55	4,51
28	29,93	2,93	16,93	4,23
29	30,43	3,53	16,27	4,44
30	28,94	3,76	16,39	4,71

При проведении исследований в программу вводились установочные параметры, характеризующие режим работы дозаторов, числовые значения которых представлены в табл. 2.

Исследования проводились в два этапа.

На первом этапе определялась погрешность взвешивания кормовых добавок модулем микродозирования относительно заданного значения. Для этого данные сравнивались с выведенным на компьютер массовым значением компонента  $m_m$  согласно рациона и массой навески компонентов, поступающих в приемный бункер 5 (см. рис. 2). Далее проводили расчет среднего значения массы навесок, абсолютного и относительного отклонения по формулам (1), (2):

$$\delta_a = (m_o - m_m); \delta_o = \frac{100(m_o - m_m)}{m_m}, \quad (1)$$

$$\overline{m_m} = \frac{\sum_{i=1}^N m_m}{N}; \overline{m_o} = \frac{\sum_{i=1}^N m_o}{N};$$

$$\overline{\delta_a} = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_a}{N}; \overline{\delta_o} = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_o}{N}, \quad (2)$$

где  $m_m$  – показания весов, г;  $i$  – номер дозы;  $N$  – количество доз;  $\overline{m_m}$ ,  $\overline{m_o}$ ,  $\overline{\delta_a}$ ,  $\overline{\delta_o}$  – средние значения масс и отклонений;

Второй этап исследований направлен на оценку работы модуля при дозировании макрокомпонентов в процессе приготовления комбикорма. Следует отметить, что все измерения и регистрация данных проводилась без специальной подготовки, а в обычном режиме работы элементов системы по получению готового продукта.

**Результаты исследований.** В процессе приготовления комбикорма фиксировались показания тензодатчиков при дозировании добавок. Результаты замеров представлены в табл. 3. Реальные навески по каждой добавке относительно выставленных значений по массе отклонялись как в сторону со знаком «+», так и в обратную сторону (табл. 4).



Таблица 4

**Среднее значение погрешности дозирования кормовых добавок модулем микродозирования ММД-1,5×4 в процессе приготовления комбикорма (отдельно по компонентам)**

№ показания	Наименование добавки			
	Статус 2	Мел	РумиМикс	Витекс Д
	Заданная масса $m_0$ , кг			
	29,6	4	16,8	4
Среднее значение погрешности дозирования				
Абсолютная, кг	-0,222	0,361	0,252	-0,505
Относительная, %	-0,75	9,03	1,5	-12,63

Наименьшее отклонение от заданной нормы наблюдается у компонентов с большей заданной массой (см. табл. 4). Статус 2 при 29,6 кг имеет отклонение -0,75 % (-0,222 кг), РумиМикс при 16,8 кг - 1,5 % (0,252 кг), Мел при 4 кг - 9,03% (0,361 кг) и Витекс Д при 4 кг - 12,63 % (-0,505 кг).

При суммарном дозировании отклонения от заданного значения уменьшаются (табл. 5). При дозировании одного компонента статус 2 с массой 29,6 кг погрешность составляла 490 г, или 1,66 %. При дозировании двух компонентов (статус 2+ мел) с общей массой 33,461 кг отклонение от заданного значения уменьшилось до 421 г (или 1,25 %). С увеличением числа дозируемых компонентов до 3 (Статус 2 + мел + РумиМикс) и 4 (Статус 2 + мел + РумиМикс + Витекс Д) погрешность снизилась до 495 г (0,98 %) и 388 г (0,71 %) соответственно (см. табл. 5).

С уверенностью можно сказать о снижении погрешности дозирования с увеличением массы взвешиваемых компонентов. Система тензометрирования чувствительна в области навесок малой массы, поэтому дает большую погрешность как раз в этом диапазоне. С увеличением массы

дозлируемого компонента и тем более в суммарном их значении погрешность снижается. Это видно и по результатам дозирования макрокомпонентов.

Результаты замеров при дозировании макрокомпонентов (кукурузы, ячменя, жмыха, шрота) приведены в табл. 6, 7. Видно, что отклонение навесок от заданных значений при отдельном дозировании не превышает 2 % (см. табл. 7). При суммарном дозировании компонентов погрешность изменяется от 0,09 до 0,15 % при массе навески 252,00–741,33 кг.

Таким образом, работа модуля при дозировании макрокомпонентов полностью удовлетворяет всем требованиям ГОСТ.

Частично снизить погрешность можно за счет исключения действия воздушного потока, который создается дробилками зерна и оказывает воздействие на накопительный бункер.

Изменение дисперсии в обоих случаях связано с воздействием на накопительный бункер шланга, соединяющего данный бункер с выгрузным шнеком: при включении шнека происходит натяжение шланга, датчики показывают предварительную загруженность бункера. При выключении шнека шланг выпрямляется, и показания датчиков «уходят в минус». Второй фактор, влияющий на работу датчиков, - это остатки добавок, остающихся в перегибе накопительного бункера. Необходимо либо изменить форму бункера, выполнив его полностью конусным, либо поставить дополнительный встряхиватель.

По результатам исследований построена кривая изменения погрешности дозирования от массы взвешиваемых компонентов (по суммарному дозированию) (рис. 4). По существу, теоретическая кривая коррелируется с опытными

Таблица 5

**Погрешность дозирования кормовых добавок модулем микродозирования ММД-1,5×4 кормовых добавок в процессе приготовления комбикорма (суммарно по компонентам)**

Заданная масса навески (кг) и наименование погрешности	Среднее значение показателя	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации
29,6 (Статус 2)	29,822		
Абсолютная, кг	0,49	0,226	46,06
Относительная, %	1,66	0,76	46,06
33,6 (Статус 2 + мел)	33,461		
Абсолютная, кг	0,421	0,362	85,86
Относительная, %	1,25	1,08	85,86
50,4 (Статус 2 + мел + РумиМикс)	50,009		
Абсолютная, кг	0,495	0,424	85,64
Относительная, %	0,98	0,84	85,64
54,4 (Статус 2 + мел + РумиМикс + Витекс Д)	54,514		
Абсолютная, кг	0,388	0,315	81,26
Относительная, %	0,71	0,58	81,26



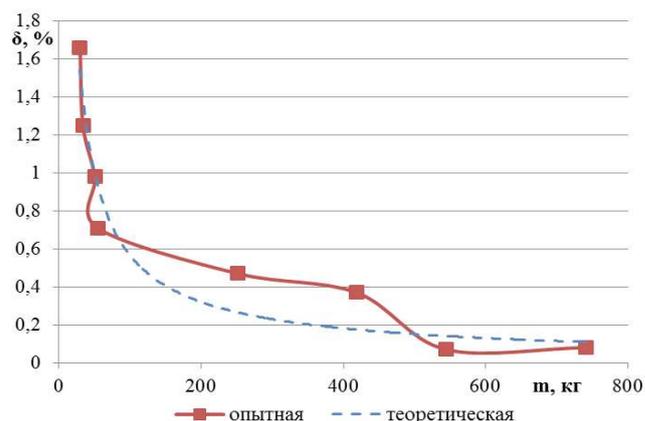


Таблица 6

**Результаты замеров работы модуля  
макродозирования в процессе приготовления  
комбикорма (дозирование макрокомпонентов)**

№ показания	Наименование добавки			
	Кукуруза	Ячмень	Жмых	Шрот
	Заданная масса, кг			
	251,2	167,2	125,6	197,6
Показания модуля, кг				
1	252	167,22	124,36	197,86
2	252,28	167,09	124,2	197,33
3	251,74	167,39	124,39	197,41
4	252,31	167,39	124	197,32
5	252,61	167,78	123,83	197,58
6	252,49	167,67	124,46	197,85
7	252,88	167,14	123,24	198,15
8	252,14	168,45	124,47	198,21
9	252,83	167,59	124,1	198,02
10	252,65	167,66	124,25	198,1
11	252,61	167,83	124,97	198,47
12	252,5	167,31	124,42	197,55
13	251,84	167,49	124,49	197,51
14	252,37	167,45	124,06	197,38
15	252,69	167,86	123,91	197,66
16	252,62	167,8	124,59	197,98
17	253,33	167,59	123,69	198,6
18	252,46	168,77	124,79	198,53
19	253,01	167,77	124,28	198,2
20	252,76	167,77	124,36	198,21
21	251,39	166,61	123,75	197,25
22	252,06	166,87	123,98	197,11
23	251,64	167,29	124,29	197,31
24	252,25	167,33	123,94	197,26
25	252,53	167,7	123,75	197,5
26	252,36	167,54	124,33	197,72
27	252,43	166,69	122,79	197,7
28	251,82	168,13	124,15	197,89
29	252,65	167,41	123,92	197,84
30	252,54	167,55	124,14	197,99

данными, что позволяет использовать ее при прогностических оценках системы дозирования вновь монтируемых комбикормовых заводов в типовых условиях.



**Рис. 4. Изменение погрешности дозирования в зависимости от массы дозируемых компонентов**

Изменение погрешности дозирования в зависимости от массы дозируемых компонентов описывается формулой (3):

$$\delta = 24,946m^{-0,822}. \quad (3)$$

Используя данную формулу, можно спрогнозировать погрешность дозирования компонентов.

**Заключение.** По результатам проведенной работы сформированы следующие выводы: во-первых, необходимо наибольшее внимание уделять дозированию микрокомпонентов комбикорма, т. к. при дозировании компонентов, чья масса не велика, вызывает существенное искажение объективных показателей; во-вторых, дана оценка некоторым факторам, влияющим на показатели работы системы дозирования, и намечены пути решения проблемы за счет конструктивных изменений элементов линии; в-третьих, получена теоретическая зависимость, позволяющая прогнозировать погрешности дозирования в составе комбикормового завода.

Таблица 7

**Погрешность дозирования кормовых добавок модулем макродозирования ММД-1,5×4 кормовых добавок в процессе приготовления комбикорма (суммарно по компонентам)**

Заданная масса навески, кг, и наименование погрешности	Среднее значение показателя	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации
251,2 (Кукуруза)	252,393		
Абсолютная, кг	1,193	0,37	30,80
Относительная, %	0,47	0,15	30,80
418,4 (Кукуруза + Ячмень)	419,931		
Абсолютная, кг	1,531	0,54	35,13
Относительная, %	0,37	0,13	35,13
544 (Кукуруза + Ячмень + Жмых)	544,061		
Абсолютная, кг	0,061	0,49	800,37
Относительная, %	0,01	0,09	800,37
741,6 (Кукуруза + Ячмень + Жмых + Шрот)	741,844		
Абсолютная, кг	0,244	0,71	291,02
Относительная, %	0,03	0,10	291,02

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов С.Ю., Воронов Е.В., Шамин А.Е. Оценка равномерности распределения премиксов в полнорационных кормах при их подготовке в смесителях // Пермский аграрный вестник. – 2019. – № 3 (27). – С. 4–12.
2. Булатов С.Ю. Разработка и совершенствование технологических линий и технических средств приготовления кормов в условиях малых форм хозяйствования: дис...д-ра техн. наук. – Княгинино, 2019.
3. Булатов С.Ю., Оболенский Н.В., Свистунов А.И. Результаты исследований смешивания влажных кормов в смесителе-ферментаторе // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 8 (63). – С. 71–79.
4. Ведищев С. М. Совершенствование технологий и технических средств приготовления и раздачи кормосмесей в сельскохозяйственных свиноводческих организациях: дис...д-ра техн. наук. – Тамбов, 2018. – 381 с.
5. Дозирование компонентов комбикормов [Электронный ресурс]. – URL: <https://soft-agro.com/kormoproizvodstvo/dozirovanie-komponentov-kombikormov.html> (дата обращения: 01.04.2020).
6. Кошелев А.Н., Глебов Л. А. Производство комбикормов и кормовых смесей. – М.: Агропромиздат, 1986. – 176 с.
7. Лялин Е. А. Обоснование основных конструктивно-технологических параметров спирально-винтового дозатора комбикормов: дис...канд. техн. наук. – Пермь, 2019. – 175 с.
8. Мишуров Н.П. Рекомендуемые технологии производства комбикормов в хозяйствах // Вестник ВНИИМЖ. – 2015. – №4. – С. 6-14.
9. Садов В.В. Обоснование структуры и состава технологических линий для производства комбикормов в сельскохозяйственных предприятиях: дис...д-ра техн. наук. – Барнаул, 2017. – 294 с.
10. Сергеев А.Г., Булатов С.Ю., Нечаев В.Н. Оценка рабочего процесса комбикормового оборудования ООО «ДОЗА-АГРО» по показателям качества кормов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 5–64.
11. Сыроватка В.И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах. – М.: ГНУ ВНИИМЖ, 2010. – 248 с.

12. Сысуев В.А., Аleshкин А В., Савиных П.А. Кормоприготовительные машины. Теория, разработка, эксперимент. в 2 томах. Т. 1. – Киров: Зональный НИИСХ. – 2009. – Т. 2. – 496 с.

13. Точное и эффективное дозирование микрокомпонентов // Комбикорма. – 2017. – № 12. – С. 18–19.

14. Федоренко И.Я. Технологические процессы и оборудование для приготовления кормов. – М.: Форум, 2015. – 176 с.

15. Фуфачев В.С. Повышение эффективности функционирования комбикормового агрегата путем совершенствования технологического процесса и рабочих органов дозатора: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Киров, 2009. – 23 с.

**Сергеев Александр Георгиевич**, канд. техн. наук, ООО «Доза-Агро». Россия.

603028, г. Нижний Новгород, ул. Жиркомбината шоссе, 20.

Тел.: (831) 242-05-00.

**Булатов Сергей Юрьевич**, д-р техн. наук, доцент, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. Россия.

**Нечаев Владимир Николаевич**, канд. техн. наук, доцент, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. Россия.

606340, Нижегородская обл., г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22а.

Тел. (8316) 64-15-47.

**Савиных Петр Алексеевич**, д-р техн. наук, проф., Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого. Россия.

610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а.

Тел.: (8332) 33-10-03.

**Шамин Анатолий Евгеньевич**, д-р экон. наук, проф., Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. Россия.

606340, Нижегородская обл., г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22а.

Тел. (8316) 64-15-47; e-mail: [ngiei-126@mail.ru](mailto:ngiei-126@mail.ru)

**Ключевые слова:** дозирование; дозаторы весовые; комбикорм; макро- и микрокомпоненты; рацион; программное обеспечение сМТ Viewer; погрешность дозирования.

## ASSESSMENT OF COMBIFEED COMPONENTS DOSING SYSTEM UNDER FARM CONDITION

**Sergeev Alexander Georgievich**, Candidate of Technical Sciences, DOSA-AGRO LLC, Russia.

**Bulatov Sergey Yuryevich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Nizhniy Novgorod State Engineering-economic University, Russia.

**Nechaev Vladimir Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Nizhniy Novgorod State Engineering-economic University, Russia.

**Savinyh Peter Alekseevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Federal Agrarian Scientific Centre of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Russia.

**Shamin Anatoly Evgenyevich**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Nizhniy Novgorod State Engineering-economic University, Russia.

**Keywords:** dosing; dosing weighing device; compound feed; macro- and microcomponents; ration; software сМТ Viewer; error dosing.

*The article considers the results of determining the main characteristics of the operation of the dosage modules of macro- and micro-components of mixed feed in the conditions of the fodder preparation division of the livestock farm. Relationship of reduction of dosing error with increase of weight of suspended components and at their total value is revealed. Microcomponent Vitex D, with a reference weight of 4 kg, was found to have the largest deviation of 12,63 %. However, when dosing four microcomponents with a total weight of 54,4 kg (Status 2, chalk, RumiMix, Vitex D), the dosing error does not exceed 0,71%. For macrocomponents the error value does not exceed 2 %. Theoretical dependence describing dosing error depending on the weight of the dosed component is revealed.*

