

4. Пат. №139850 Российская Федерация, МПК⁷ А23К1/00. Устройство для измельчения и отжима влаги / В.В. Новиков, И.Л. Орстик, А.Л. Мишанин, А.С. Грецов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА. – № 2013152052/13; заявл. 21.11.13; опубл. 27.04.14, Бюл. № 12.

5. Гурский, Д.А. Вычисления в MathCAD / Д.А. Гурский. – Мн.: Новое знание, 2003. – 814 с.

6. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р.Алешкин, П.М. Рошин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

7. Боровиков, В.П. STATISTICA: статистический анализ и обработка данных в среде Windows / В.П. Боровиков, И.П. Боровиков. – М.: ИИД Филинь, 1997. – 608 с.

8. Коновалов, В.В. Практикум по обработке результатов научных исследований с помощью ПЭВМ / В.В. Коновалов. – Пенза: ПГСХА, 2003. – 176 с.

9. Новик, Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.

УДК 631.363, УДК 621.646.7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОЗАТОРА-СМЕСИТЕЛЯ СЫПУЧИХ КОРМОВ

Фролов Николай Владимирович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства»

Чилингарян Нарек Овикович, аспирант кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства»

Мосина Нина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Математические методы и информационные технологии»

446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, д.10; тел.: 8(84663) 46-3-46. Email: narek-s@list.ru.

Работа выполнена в рамках гранта «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К»)

Ключевые слова: дозирование, смешивание, производительность, энергоемкость, точность, однородность.

Разработан дозатор-смеситель сыпучих кормов, способный готовить кормосмеси как из целых зерен, так и из дробленых компонентов непосредственно в хозяйстве из собственных зерновых культур. По результатам экспериментальных исследований были определены оптимальные конструктивно-режимные параметры дозатора-смесителя сыпучих кормов.

Введение

В современных условиях при росте численности крестьянских (фермерских) хозяйств появляется необходимость в мало-мощном оборудовании для механизации производственных процессов животноводства. Больше половины затрат энергии в животноводстве приходится на корма. Перед использованием корма его необходимо из-

мельчать или проводить термообработку [1], а для удовлетворения потребностей животных в питательных веществах нужны комбинированные корма, для приготовления которых используют дозаторы и смесители.

Цель исследования – экспериментальное обоснование конструктивно-режимных параметров дозатора-смесителя сыпучих кормов.

Объекты и методы исследований

В Самарской ГСХА изготовлен экспериментальный образец дозатор-смесителя сыпучих кормов (рис. 1). Дозатор-смеситель состоит из бункера 6 [2], разделенного на секции с помощью одной неподвижной 8 и нескольких (количество зависит от рецептуры корма) подвижных 5 перегородок. Ниже бункера закреплен диск 10. В зазоре между бункером 6 и диском 10 находятся скребки 4, приводимые во вращательное движение мотором-редуктором 7 через приводной вал 3. Для изменения зазора между диском 10 и бункером 6 предусмотрена манжета 9. В нижней части устройства находятся первая воронка с вырезами 11 и вторая воронка 1, между воронками с помощью растяжек закреплен разбрасыватель 2. В горловине второй воронки в шахматном порядке закреплены пластины 12 для более интенсивного

смешивания.

Готовят дозатор-смеситель к работе следующим образом. В соответствии с рецептурой кормосмеси подвижными перегородками 5 настраивают размеры секции. Манжетой 9 регулируют зазор между диском 10 и бункером 6. В соответствующие секции бункера засыпают корма. В условиях производства для обеспечения непрерывной работы дозатор-смесителя, необходимы накопительные емкости, связанные с секциями бункера с помощью спускных труб [3].

Работает дозатор-смеситель следующим образом. Включают привод скребков 4 и привод разбрасывателя 2. Скребки 4 сбрасывают с диска 10 компоненты кормов, которые, попадая на первую воронку 11, разделяются на два потока: один из которых сыпается через вырезы в первой воронке,

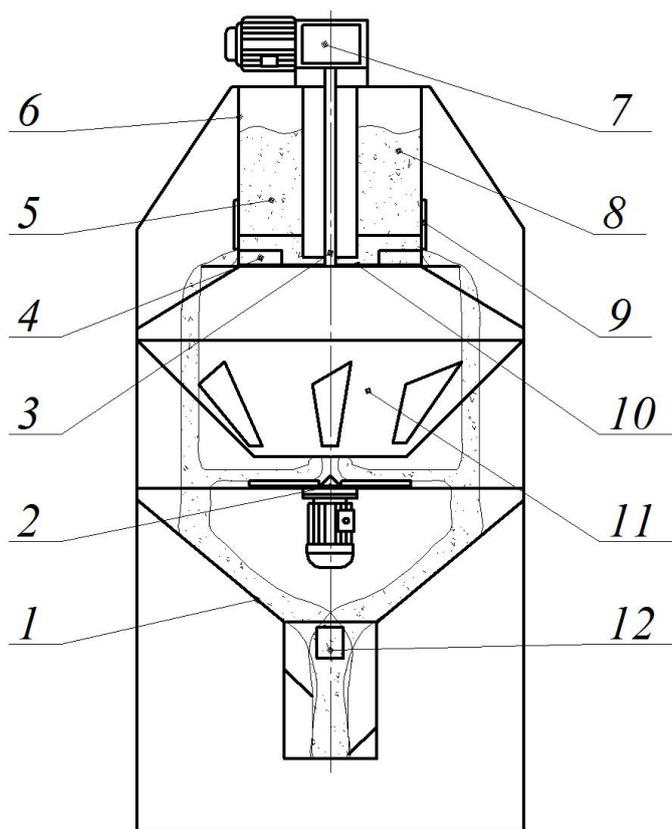


Рис. 1 – Дозатор-смеситель сыпучих кормов:

а – конструктивно-технологическая схема: 1 – вторая воронка; 2 – разбрасыватель; 3 – приводной вал; 4 – скребок; 5 – подвижная перегородка; 6 – бункер; 7 – мотор-редуктор; 8 – неподвижная перегородка; 9 – манжета; 10 – диск; 11 – первая воронка; 12 – пластины; б – общий вид

а второй через горловину первой воронки попадает на разбрасыватель 2. За счет центробежной силы эти два потока смешиваются. Смесь попадает на вторую воронку 1, и далее в ее горловину, где окончательно смешивается и выгружается.

Программа экспериментальных исследований предусматривала определение зависимости производительности, энергоемкости, точности дозирования и однородности смешивания от конструктивно-режимных параметров дозатора-смесителя сыпучих кормов.

При определении производительности и энергоемкости дозатора-смесителя в качестве плана проведения эксперимента был выбран некомпозиционный план второго порядка Бокса-Бенкина. В соответствии с планом, три фактора варьировали на трех уровнях: высота скребков $h = 20, 30$ и 40 мм; частота вращения скребков $n = 0,1, 0,35$ и $0,6$ с⁻¹; ширина зоны действия скребков $l = 40, 60$ и 80 мм.

При определении точности дозирования в качестве плана проведения эксперимента также был выбран план Бокса-Бенкина. По результатам поисковых исследований были определены факторы, оказывающие существенное влияние на точность дозирования. Факторы варьировали на трех уровнях: частота вращения скребков $n = 0,1, 0,35$ и $0,6$ с⁻¹; доля контрольного компонента $c = 0,1, 0,2$ и $0,3$; зазор между скребком и манжетой $h_3 = 1, 7$ и 13 мм.

При определении однородности смешивания использовали ортогональный центрально-композиционный план второго порядка. Были выбраны уровни варьирования факторов: производительность $Q = 0,25, 1,25$ и $2,25$ кг/с; доля контрольного компонента $c = 0,1, 0,2$ и $0,3$.

Экспериментальные исследования проводили в соответствии с общепринятыми и частными методиками [4, 5, 6]. В качестве контрольного компонента использовали зерна ячменя, в качестве наполнителя – просо. Отбор проб осуществляли с транспортера (рис. 2).

Результаты исследований

Обработав результаты эксперимента



Рис. 2 – Транспортер с готовой смесью

методами математической статистики, получили зависимости производительности Q , кг/с, и энергоемкости E , Дж/кг, дозатора-смесителя от его конструктивно-режимных параметров:

$$Q = 0,3591h - 2,7256n + 0,0059l + 0,1488hn + 0,0005hl + 0,0566nl - 0,0011h^2 - 1,8722n^2 - 0,0002l^2 - 0,6077, \quad (1)$$

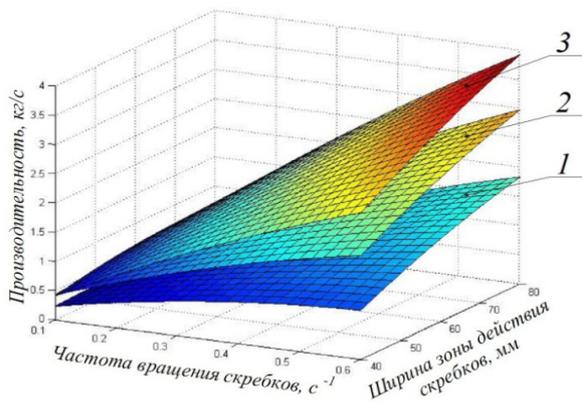
$$E = 450,34 - 5,05h - 213,43n - 3,52l + 0,06h^2 + 170,56n^2 + 0,02l^2, \quad (2)$$

где h – высота скребков, мм; n – частота вращения скребков, с⁻¹; l – ширина зоны действия скребков, мм.

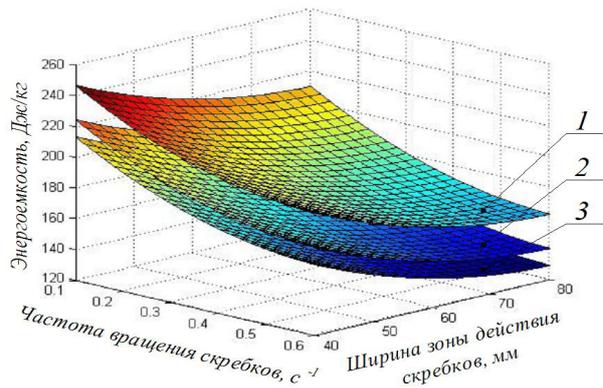
После статической обработки двухфакторных выборок по полученным уравнениям были построены соответствующие поверхности отклика (рис. 3).

Анализ графических зависимостей показал, что с увеличением частоты вращения, высоты и ширины зоны действия скребков производительность дозатора-смесителя увеличивается, вместе с тем наблюдается уменьшение энергоемкости и последующая ее стабилизация.

После обработки результаты эксперимента по определению точности дозирования методами математической статистики было получено уравнение регрессии второго порядка:



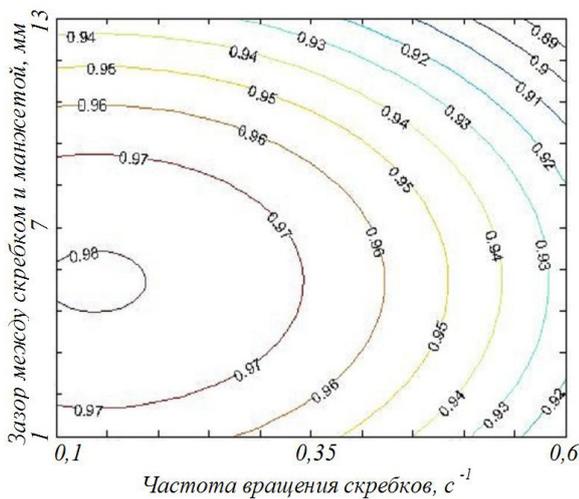
а



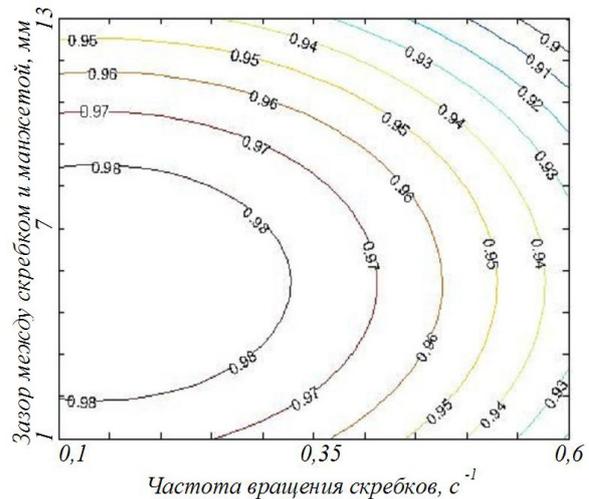
б

Рис. 3 – Поверхности отклика, характеризующие производительность Q (а) и энергоёмкость дозатора-смесителя E (б) в зависимости от частоты вращения скребков n, c^{-1} , и ширины зоны действия скребков $I, мм$:

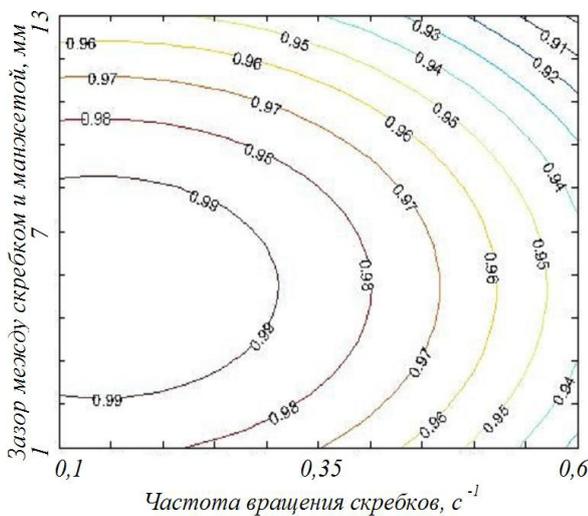
1 – при высоте скребков $h = 20$ мм; 2 – при высоте скребков $h = 30$ мм; 3 – при высоте скребков $h = 40$ мм



а



б



в

Рис. 4 – Зависимость точности дозирования k_d от частоты вращения скребков n, c^{-1} , и зазора между скребком и манжетой $h_z, мм$:

а – при доле контрольного компонента $c = 0,1$; б – при доле контрольного компонента $c = 0,2$; в – при доле контрольного компонента $c = 0,3$

$$k_{\partial} = 0,9073 + 0,0712n + 0,3853c + 0,0088h_3 - 0,2562n^2 - 0,6005c^2 - 0,0008h_3^2, \quad (3)$$

где c – доля контрольного компонента;
 h_3 – зазор между скребком и манжетой, мм.

После статистической обработки двухфакторных выборок построили двумерные сечения зависимости точности дозирования от конструктивно-режимных параметров дозатора-смесителя (рис. 4).

Из рисунка 4 следует, что:

- при доле контрольного компонента 0,1 наибольшая точность дозирования, равная 98 %, достигается при частоте вращения скребков 0,1...0,2 с⁻¹ и зазоре между скребком и манжетой 5...6 мм;

- при доле контрольного компонента 0,2 наибольшая точность дозирования (98 %) достигается при частоте вращения скребков 0,10...0,33 с⁻¹ и зазоре между скребком и манжетой 2...8 мм;

- при доле контрольного компонента 0,3 наибольшая точность дозирования (99 %) достигается при частоте вращения скребков 0,10...0,32 с⁻¹ и зазоре между скребком и манжетой 2...8 мм.

Следует отметить, что во всех трех случаях при частоте вращения скребков 0,1...0,3 и зазорах между скребком и манжетой 5...6 мм точность дозирования находится выше 97 %, что удовлетворяет зоотехническим требованиям [4].

После обработки данных и раскодирования факторов получено выражение, описывающее зависимость однородности смешивания от производительности и доли контрольного компонента:

$$k_{см} = 0,8857 + 0,0771Q + 0,0948c - 0,0408Q^2 - 0,0824c^2, \quad (4)$$

где Q – производительность, кг/с; c – доля контрольного компонента.

По полученному уравнению была построена поверхность отклика, характеризующая зависимость однородности смешивания от производительности дозатора-смесителя и доли контрольного компонента (рис. 5).

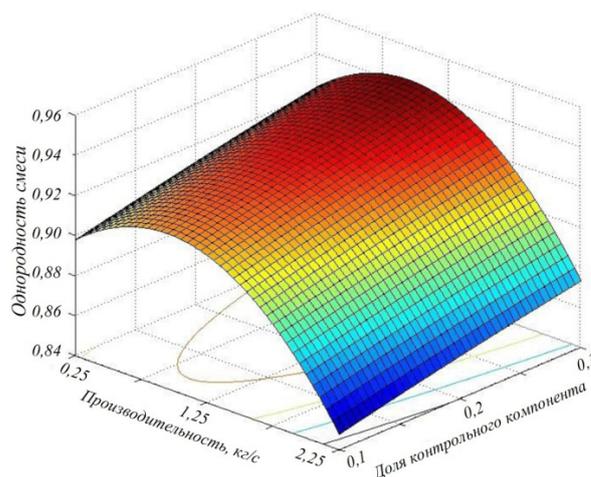


Рис. 5 – Зависимость однородности смешивания $k_{см}$ от производительности Q , кг/с, и доли контрольного компонента c

Из рисунка 5 следует, что однородность смеси повышается с увеличением производительности дозатора-смесителя от 0,25 кг/с до 1 кг/с, дальнейшее увеличение последнего негативно влияет на однородность смеси. С увеличением доли контрольного компонента однородность смеси улучшается.

Для получения кормосмеси, соответствующей зоотехническим требованиям, рациональная производительность должна находиться в пределах 0,4...1,5 кг/с.

Выводы

В результате проведенных экспериментальных исследований определены оптимальные конструктивно-режимные параметры дозатора-смесителя сыпучих кормов: частота вращения скребков 25 с⁻¹, высота скребков 30 мм, ширина зоны действия скребков 60 мм, зазор между скребком и манжетой 5 мм. При этом производительность устройства составляет 2...3,5 т/ч и зависит от плотностей компонентов кормов, а энергоемкость смесеобразования составляет 135...160 Дж/кг. Точность дозирования и однородность смешивания находятся на уровне зоотехнических требований (97 % и 93 % соответственно) как при доле контрольного компонента как 0,3, так и 0,1.

Библиографический список

1. Мишанин, А.Л. Повышение эффективности приготовления экструдированно-

го корма с обоснованием параметров матрицы пресс-экструдера : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А.Л. Мишанин. – Пенза, 2010. – 158 с.

2. Пат. 2490601 Российская Федерация, МПК⁶ В G 01 F 11/00. Дозатор-смеситель / Н.В. Фролов, Г.С. Мальцев, В.С. Мальцев, Н.Н. Мосина, Н.О. Чилингарян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА. – № 2012100602/28; заявл. 10.01.2012; опубл. 20.08.2013, Бюл. № 23. - 10 с.

3. Чилингарян, Н.О. Загрузка компонентов корма в дозатор-смеситель / Н.О. Чилингарян // Вклад молодых учёных в аграрную науку Самарской области : сборник научных трудов. – Самара : РИЦ СГСХА, 2012. – С. 213 – 216.

4. СТО АИСТ 19.2-2008. Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей. – Минск: Минсельхозпрод, 2010. – Введ. 10.12.2010г. – 48 с.

5. НТП-АПК 1.10.16.001-02. Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 170 с.

6. НТП-АПК 1.10.16.002-03. Нормы технологического проектирования сельскохозяйственных предприятий по производству комбикормов. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 82 с.