

4. Зайцев, В. Ю. Определение динамических реакций опор привода компакт дисков / В. Ю. Зайцев, А. И. Курицин // Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2016. – Т. 11. – С. 2146-2150.
5. Чупшев, А. В. Теоретические и экспериментальные исследования смешивания сухих компонентов и микродобавок в лопастном смесителе. Теория, конструкция, расчет : монография / А. В. Чупшев, В. В. Коновалов. – Пенза, 2014. – 176 с.
6. Коновалов, В. В. Расчет оборудования и технологических линий приготовления кормов (примеры расчетов на ЭВМ) : учебное пособие / В. В. Коновалов. – Пенза, 2002. – 206 с.
7. Смогунов, В. В. Компьютерные технологии моделирования : учебное пособие / В. В. Смогунов, В. Ю. Зайцев. – Пенза : Пензенский ГУ. – 2003. – 84 с.
8. Иванов, А. С. Mathcad – мехфаку / А. С. Иванов, А. А. Власов, В. В. Коновалов. – Пенза, 1997. – 64 с.

DOI

УДК 62-111.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СМЕШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ С УЧЕТОМ ДОЛИ МЕНЬШЕГО КОМПОНЕНТА

Фомина Мария Владимировна, аспирант кафедры «Технический сервис машин», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: sha_penza@mail.ru

Чупшев Алексей Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис машин», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: sha_penza@mail.ru

Терюшков Вячеслав Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис машин», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: sha_penza@mail.ru

Коновалов Владимир Викторович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

Ключевые слова: смеситель, качество, смесь, равномерность, доля, компонент.

Цель исследований – повышение качества смешивания вертикального смесителя. Основная задача – изучение влияния длительности смешения доли и контрольного компонента смеси на качественные показатели работы смесителя. Современное развитие животноводства требует обеспечения животных кормами высокого качества при надлежащем их количестве. Качество кормовых смесей определяется соответствием имеющихся в смеси веществ рациону по перечню и количественному содержанию. Немаловажна и равномерность распределения веществ во всем объеме приготавливаемой смеси. Если количественная доля содержания веществ во всем объеме смеси определяется показателями работы дозаторов, то равномерность распределения веществ в микрообъемах смеси зависит от работы смесителя. Используются смесители непрерывного или периодического действия. У смесителей периодического действия несколько выше энергоемкость смешения, однако точнее соблюдается общая рецептура смеси. Представлено описание смесительного аппарата предлагаемого смесителя. Графически даны результаты экспериментальных исследований влияния доли контрольного компонента и времени смешения на качество приготавливаемой смеси. В результате моделирования полученных результатов установлены показательные функции качества смеси и эмпирических коэффициентов, учитывающих долю контрольного компонента. Чем выше доля контрольного компонента, тем меньше потребное время смешения ингредиентов до достижения потребного качества смеси. При доле контрольного ингредиента менее 3% время перемешивания более 400 с и многократно увеличивается. При доле контрольных ингредиентов более 8% длительность смешения около 180-200 с и существенно не уменьшается.

Современное развитие животноводства требует обеспечения животных кормами высокого качества при надлежащем их количестве. Качество кормовых смесей определяется соответствием

имеющихся в смеси веществ рацииону по перечню и количественному содержанию. Немаловажна и равномерность распределения веществ во всем объеме приготавливаемой смеси. Если количественная доля содержания веществ во всем объеме смеси определяется показателями работы дозаторов, то равномерность распределения веществ в микрообъемах смеси зависит от работы смесителя [1]. Используются смесители непрерывного или периодического действия. У смесителей периодического действия несколько выше энергоемкость смешения, однако точнее соблюдается общая рецептура смеси [2-5].

Цель исследования – повышение качества смешивания вертикального смесителя.

Задача исследования – изучить влияние длительности смешения доли и контрольного компонента смеси на качественные показатели работы смесителя.

Материалы и методы исследований. Для приготовления сухих смесей предлагается использовать вертикальный смеситель, изображенный на рисунке 1 [6]. Он выполнен в виде вертикальной цилиндрической емкости 2, у которой внутри размещен вертикальный вал 1 привода мешалки. Она крепится на валу в нижней части емкости 2, возле нижней опоры 6. Мешалка изготовлена из центральной втулки, радиальных плоских лопастей и лопаток.

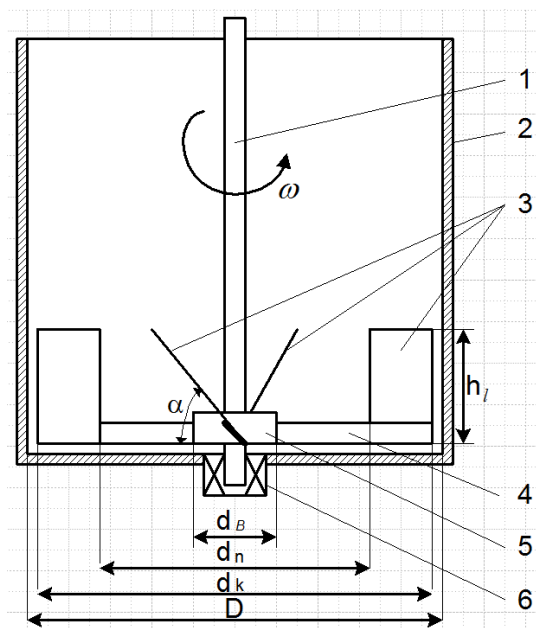


Рис. 1. Схема смесительного аппарата:

- 1 – вал приводной; 2 – емкость вертикальная; 3 – лопатка синусоидальная; 4 – радиальная лопасть мешалки;
5 – втулка центральная мешалки; 6 – нижняя подшипниковая опора

Результаты исследований. В процессе исследований в смеситель поступало необходимое количество ингредиентов смеси с заданной долей контрольного компонента (0,5, 1, 2, 5 и 10%). После смешения в течение 120, 240, 360 или 480 с из всего объема приготовленной смеси бралось 20 проб массой 100 г. После разделения компонентов масса контрольного ингредиента (зерна ячменя) взвешивалась. Определялась неравномерность смеси как коэффициент вариации содержания контрольного компонента в пробах [7]. Результаты исследований представлены на рисунке 2.

Качество смеси (равномерность смеси, 0,01%) рекомендуется описывать показательной функцией [6-8]:

$$V_p = 1 - e^{-k \cdot T}, \quad (1)$$

где k – эмпирический коэффициент интенсивности смешения; T – длительность смешения компонентов смеси [9], с.

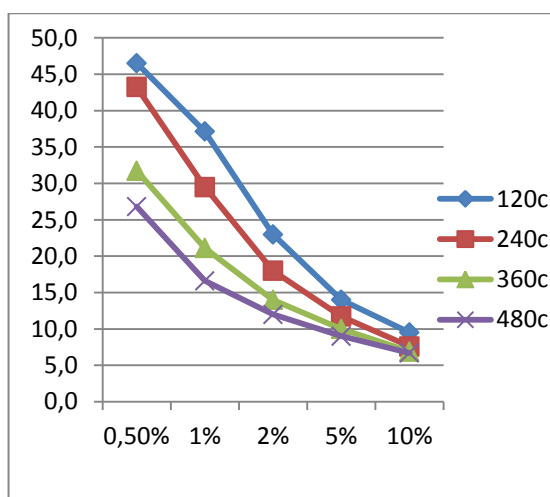


Рис. 2. Результаты исследований влияния доли контрольного компонента D_k (%) и длительности смешения T (с) на неравномерность смеси v (%)

В то же время равномерность смеси [10] (как «относительная равномерность» [11], 0,01%) можно записать через коэффициент вариации v (0,01%) содержания контрольного компонента в пробах [7]:

$$V_p = 1 - v.$$

Для последующей статистической обработки полученных результатов их значения логарифмировались.

На основании указанных функций и в результате обработки данных получено показательное выражение неравномерности смешения материала v_{dk} с учетом доли контрольного компонента, 0,01%:

$$v_{dk} = 0,01 \cdot e^{-T \cdot -0,04027 \cdot \frac{0,17614}{T} - 3,02536 \cdot \frac{0,089335}{D_k} + 2,038523 \cdot \frac{0,067637}{T \cdot D_k} - 1,85623}, \quad (2)$$

где D_k – доля контрольного компонента, %; T – длительность смешивания компонентов, с. При этом коэффициент корреляции $R=0,98356$.

Характер изменения значений параметра степени u показательной функции приведен на рисунке 3.

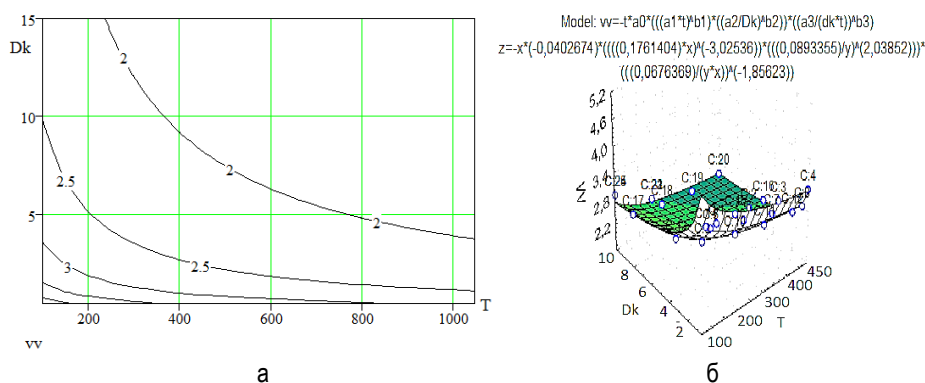


Рис. 3. Двумерное сечение влияния длительности смешения T (с) и доли контрольного компонента D_k (%) на функцию показателя степени:
а – двумерное сечение поверхности отклика; б – поверхность отклика

С учетом формулы (1) выражение равномерности смешения V_{pdk} запишется, 0,01% (рис. 4):

$$V_{Pdk} = 1 - 0,01 \cdot e^{-T \cdot -0,04027 \cdot \frac{0,17614}{T} - 3,02536 \cdot \frac{0,089335}{D_k} + 2,038523 \cdot \frac{0,067637}{T \cdot D_k} - 1,85623}. \quad (3)$$

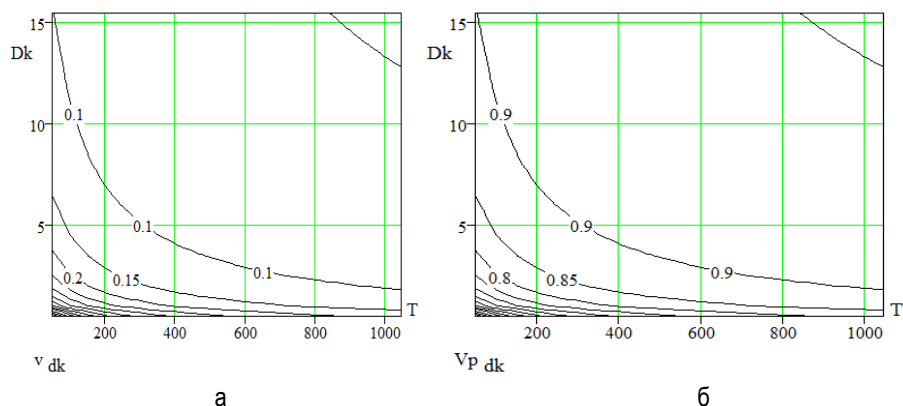


Рис. 4. Влияние длительности смешения Т (с) и доли контрольного компонента D_к (%):
 а – на неравномерность смеси v_{dk}, 0,01%; б – на равномерность смеси V_{pdk}, 0,01%

Анализ зависимостей качества смеси показывает, что доля контрольного ингредиента оказывает основное влияние на получаемое качество смеси. Чем выше доля контрольного компонента, тем меньше требуемое время смешения ингредиентов до достижения требуемого качества смеси. При доле контрольного ингредиента менее 3% время перемешивания многократно увеличивается. При доле контрольных ингредиентов более 8% длительность смешения существенно не уменьшается.

На основании вывода из функции степени показателя (-Т) получено выражение эмпирического коэффициента интенсивности перемешивания, учитывающего долю контрольного компонента (рис. 5):

$$k = K_{dk} = -0,04 \cdot 0,176 \cdot T^{-3,02536} \cdot \frac{0,09}{D_k}^{2,038523} \cdot \frac{0,0676}{T \cdot D_k}^{-1,85623} \quad (4)$$

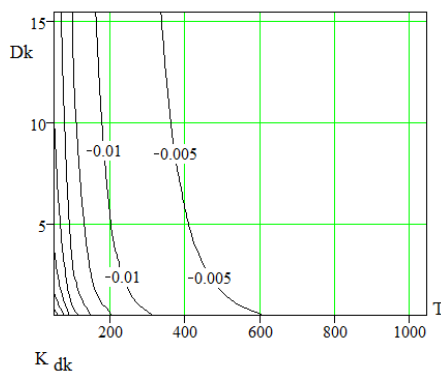


Рис. 5. Влияние длительности смешения Т (с) доли контрольного компонента D_к (%) на значения эмпирического коэффициента доли контрольного компонента K_{dk}

Заключение. Предлагаемый смесительный аппарат работоспособен. Чем выше доля контрольного компонента, тем меньше требуемое время смешения ингредиентов до достижения требуемого качества смеси. При доле контрольного ингредиента менее 3% время перемешивания более 400 с и многократно увеличивается. При доле контрольных ингредиентов более 8% длительность смешения около 180-200 с и существенно не уменьшается.

Библиографический список

1. Сыроватка, В. И. Ресурсосбережение при производстве комбикормов в хозяйствах // Техника и оборудование для села. – 2011. – № 6. – С. 22-25.

2. Коновалов, В. В. Моделирование процесса непрерывного приготовления смеси смесителем-дозатором экструдера / В. В. Коновалов, В. В. Новиков, Д. Н. Азиаткин, А. С. Грецов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №3. – С. 72-78.
3. Коновалов, В. В. Обоснование угла установки емкости и длительности перемешивания сухих смесей барабанным смесителем / В. В. Коновалов, Н. В. Дмитриев, С. А. Кшникаткин, А. В. Чупшев // Нива Поволжья. – 2013. – № 1 (26). – С. 46-50.
4. Петрова, С. С. К вопросу определения качества смеси у барабанного смесителя / С. С. Петрова, С. А. Кшникаткин, Н. В. Дмитриев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3. – С. 67-72.
5. Коновалов, В. В. Моделирование качества смешивания сыпучих материалов барабанным смесителем / В. В. Коновалов, Н. В. Дмитриев, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего : сб. статей. – 2013. – Т. 1, № 9 (13). – С. 77-84.
6. Коновалов, В. В. Моделирование изменения качества смеси лопастного смесителя на основе технологических параметров / В. В. Коновалов, А. В. Чупшев, М. В. Фомина // Инновационная техника и технология. – 2016. – №3 (08). – С. 56-66.
7. СТО АИСТ 19.2-2008 Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 10.12.2010 г. – Минск : Минсельхозпрод, 2010. – 48 с.
8. Коновалов, В. В. Моделирование изменения равномерности смеси при ступенчатом смешивании / В. В. Коновалов, А. В. Чупшев, М. В. Фомина, А. С. Калиганов // Нива Поволжья. – 2013. – №3 (28). – С. 77-83.
9. Стукалкин, Ф. Г. Исследование кормосмесителей непрерывного действия и методика их расчета : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Стукалкин Ф. Г. – Ленинград, 1965. – 21 с.
10. НТП АПК 1.10.16.001-02 Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов. Введ. 29.04.2002. – М., 2002. – 115 с.
11. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей : монография / А. Г. Богуслаев, Ал. А. Олейник, Ан. А. Олейник [и др.] ; под ред. Д.В. Павленко, С.А. Субботина. – Запорожье : ОАО Мотор-Сич, 2009. – 468 с.