

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА СМЕСИ ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Коновалов В. В., Чупшев А. В., Фомина М. В.

В работе представлен анализ методик определения качества смеси и функциональных выражений их описания. Обоснован вид функции моделирования качества смеси с учетом технологических факторов. Приведено описание лопастного смесителя и результаты обработки экспериментальных данных на основе показательной функции. Выявлены функциональные выражения эмпирических коэффициентов. Выполнена корреляционная оценка и определена достоверная вероятность результатов моделирования.

Ключевые слова: лопастной смеситель, качество смеси, неравномерность смеси, кинетика смешивания, динамика изменения качества смеси.

Введение

В народном хозяйстве страны очень широко используются разнообразные смеси. Они применяются в пищевой и легкой промышленности, сельском хозяйстве, машиностроении и строительстве, включая производство композитных материалов [1–8]. Для производства смесей используют разнообразные дозирующие и смесительные устройства [1–4, 8, 9]. При этом дозаторы обеспечивают необходимую подачу потребного количества компонентов смеси, а непосредственно равномерное распределение ингредиентов в объеме смеси обеспечивает смеситель. Поэтому качество приготовленной смеси во многом определяется совершенством конструкции смесителя и завершенностью во времени процесса смешения компонентов [1–4, 8–11]. Наиболее это важно при разработке смесителей и обосновании режимов и параметров их работы.

При проведении исследований и определении показателей качества смеси и завершенности процесса смешения следует дополнительно учитывать, что, кроме вариации значений качества смеси в силу случайности содержания контрольных компонентов в изымаемых пробах, производные из их значений коэффициенты вариации (неравномерность смешения) также являются непостоянными значениями, имеющими вариацию. Так при значениях коэффициента вариации менее 20% колебания могут составлять 2...3 пункта (т.е., например $v=10\pm 2\%=8\ldots 12\%$), а для значений коэффициента вариации выше 20% – колебания в 5 пунктов и выше. Трехкратная повторность определения коэффициента вариации и расчет среднего значения стабилизирует величину значения, однако реальные разовые значения коэффициента вариации все равно будут от него существенно отличаться в той или иной степени, что негативно сказывается на достоверной вероятности результата.

Целью работы являлось выявление имеющих относительных тенденций кинетики изменения качества смеси разработанного лопастного смесителя

и прогнозирование достижения предполагаемого результата в виде функциональной модели.

При этом поставлены задачи:

- 1 Установление функциональной модели влияния показателей технологического процесса (времени смешения, объема смесительной емкости и степени ее заполнения, доли контрольного компонента смеси) на качество смеси.
- 2 Выявление функций эмпирических коэффициентов.
- 3 Проведение корреляционной оценки и установление вероятностного интервала колебаний значений качества смеси.

Объекты и методы исследований

Приготовление смеси производится комплектом оборудования, наиболее ответственным технологически из которого являются дозаторы и смесители, определяющие качество приготавливаемой смеси.

Согласно нормам технологического проектирования кормоцехов НТП-АПК 1.10.16.001–02 качество смеси определяется параметрами [12]: Допустимые отклонения содержания компонентов в кормосмеси (по отношению к весу компонента): грубые корма, силос, зеленая масса и т.п. – 10%; корнеклубнеплоды и т.п. – 15%; комбикорма и концентраты – 5%; минеральные добавки – 5%. Равномерность смешивания (однородность) соответственно: для КРС не менее 80%; для овец – 75...80% (при вводе карбамида – 90%); для свиней – не менее 90%; для зверей – не менее 80%.

К сожалению, в нормативной литературе отсутствует методика определения равномерности (однородности) смеси. В 1960–1970 гг для оценки качества смеси применялись коэффициент вариации [3] и степень однородности смеси. Степень однородности определяли по эмпирическим формулам А. А. Лапшина [1, 2]:

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum \frac{Bt}{Bo} \text{ при } Bt < Bo;$$

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum \frac{2Bo - Bt}{Bo} \text{ при } Bt > Bo, \quad (1)$$

где Θ – степень однородности;

n – число проб;

Bt – доля меньшего компонента в пробе;

Bo – доля меньшего компонента в смеси.

Степень однородности принято выражать в процентах или в долях единицы (0,01%) и чем ближе значения к 100% (или к единице), тем лучше завершён процесс [1, 8].

Нормами ОСТ 70.32.2.–83 с 1983 г [13] и действующим стандартом СТО АИСТ 19.2–2008 [14] при исследовании смесителя регламентирован показатель качества смеси для обоснования параметров смесителя – неравномерность смешивания, как коэффициент вариации содержания контрольного компонента в 15–20 пробах. Контрольным компонентом выступает ингредиент с меньшим содержанием его доли в составе смеси. Повторность при определении качества смеси – трехкратная.

В таком случае, показатель качества смеси – равномерность смешивания V_p (как «относительная равномерность» [15]) определяется на основе статистического показателя – неравномерности выборки (коэффициента вариации содержания контрольного компонента в пробах) как:

$$V_p = 1 - \nu, \quad (2)$$

где V_p – равномерность смеси, 0,01%;

$\nu = y/\bar{X}$ – коэффициент вариации содержания

контрольного компонента в пробах, 0,01%;

σ – среднее квадратическое отклонение;

\bar{X} – средняя величина содержания

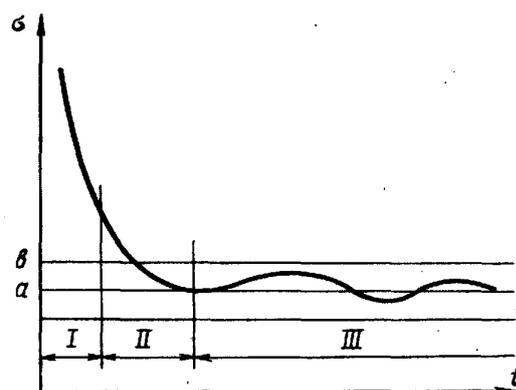
контрольного компонента y взятых проб. Чем меньше коэффициент вариации, тем качественнее и завершённее процесс смешения.

В процессе смешивания с течением времени проходят три фазы [2, 8] изменения среднее квадратического отклонения σ и равномерности смеси V_p (рис. 1):

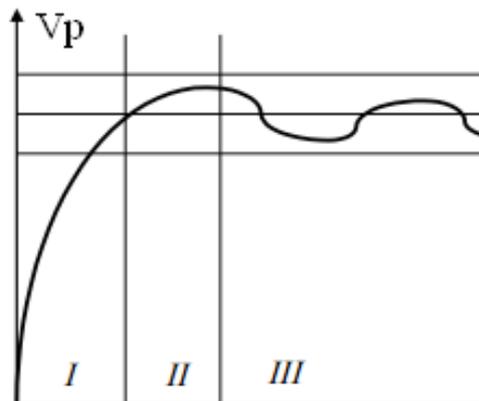
1. Конвективное смешивание – перемещение массива смешиваемых частиц из одного объема в другой смещением слоев. Процесс протекает на уровне макрообъемов и практически не зависит от физико-механических свойств материалов (участок I);

2. Диффузионное смешивание – постепенное перемещение частиц различных компонентов через свежесформированную границу их раздела. Процесс протекает на уровне микрообъемов (участок II);

3. Процесс сегрегации – сосредоточения частиц, имеющих однородную массу, в соответствующих местах смесителя под действием гравита-



а



б

Рис. 1. Кинетика процесса смешивания по изменению с течением времени: а – величины среднее квадратического отклонения σ ; б – величины равномерности смеси V_p

ционных или инерционных сил. Процесс ухудшает качество смеси, так как по своему действию он противоположен двум первым (участок III). Как правило, по окончании II-го участка процесс смешения должен прекратиться.

Однако весь процесс не всегда наблюдается в представленном чистом виде в силу случайности событий (величина контрольного компонента в пробе) и колебания показателей вдоль указанных линий носят постоянный и случайный характер. III-й участок в чистом виде наблюдается лишь при наличии устойчивого разделения ингредиентов смеси. Значения показателей в конце II участка определяют завершенность процесса (соответствие технологическим требованиям) и совершенство смесителя. Качество должно обеспечиваться и при худших значениях равномерности смеси при завершении смешения.

В теории факторного планирования принято критерий оценки определять как сумму слагаемых влияния факторов на изучаемый процесс. При этом изначально задается вид уравнения (первого, второго и последующего порядков), а в результате уточняются числовые значения коэффициентов перед факторами [16–32].

Однако, широко применяется и способ использования сомножителей произведения, где уточня-

ются числовые значения коэффициентов сомножителей (факторов) [17–19, 33].

При этом, если факторный анализ с суммой слагаемых принято применять для любого неизвестного процесса, то произведение сомножителей используется по аналогии, где уже изначально известен характер изменения результата (вид функции), либо с предварительным статистическим обоснованием характера процесса [9,17,18,33].

Результаты и их обсуждение

По аналогии с процессом диффузии равномерность смеси можно описать показательной функцией [9–11]. В таком случае неравномерность смеси опишется выражением типа:

$$\Theta = 1 - e^{-kT}, \quad (3)$$

где k – эмпирический коэффициент интенсивности смешения;

T – длительность смешения компонентов смеси [9], с.

В свою очередь эмпирический коэффициент интенсивности смешения можно представить как сомножитель ряда эмпирических коэффициентов технологических условий:

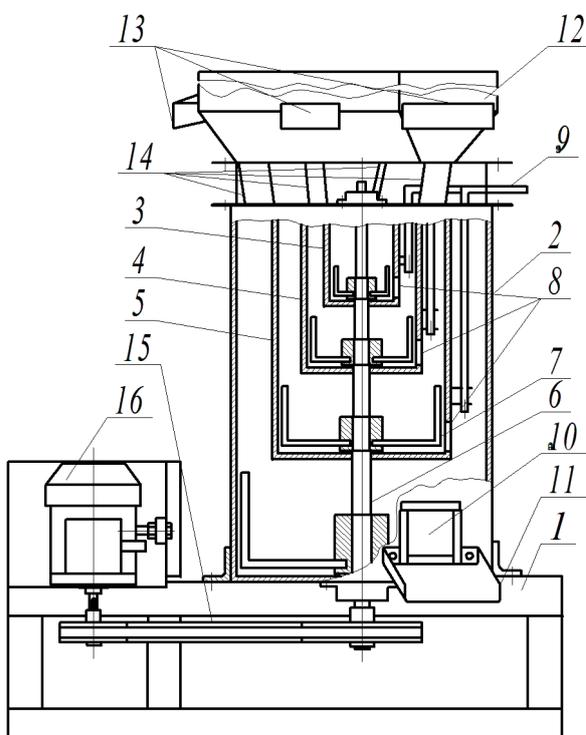


Рис. 2. Схема вертикального лопастного смесителя: 1 – рама; 2, 3, 4, 5 – емкости смесительные; 6 – приводной вал; 7 – мешалка; 8, 10 – шибер; 9 – рукоять; 11 – лоток выгрузной; 12 – емкости бункера; 13 – шибера бункера; 14 – шланг гибкий; 15 – передача клиноременная; 16 – электродвигатель

$$k = K_E \cdot K_V \cdot K_{dk}, \quad (4)$$

где K_E – эмпирический коэффициент влияния степени заполнения емкости;

K_V – эмпирический коэффициент объема смесительной емкости;

K_{dk} – эмпирический коэффициент доли контрольного компонента.

Для моделирования процесса с помощью показательной функции был выбран вертикальный лопастной смеситель [34], состоящий (рис.2) кроме рамы и привода из нескольких цилиндрических емкостей, внутри которых размещались мешалки с радиальными прутковыми лопастями круглого поперечного сечения. Для ранее обоснованных конструктивных параметров выявлялась модель изменения качества смеси в зависимости от технологических параметров процесса смешения (степень заполнения смесительной емкости ($E=0,25 \dots 0,75$; 0,01%) и ее объем ($V_0=0,0005 \dots 0,0300 \text{ м}^3$), доли контрольного компонента ($D_k=0,5 \dots 10,0$;) и длительности смешения (T , до 900 с)).

Используя данные [34, 35] была произведена повторная обработка их выборки значений качества смеси в соответствии с указанным видом зависимости. Учитывая, что требуется определить значения показателя степени показательной функции, значения коэффициента вариации были подвергнуты натуральному логарифмированию. И уже логарифмированные данные обрабатывались программой Statistica 5.5 для установления числовых значений коэффициентов сомножителей (факторов). Полученные пространственные модели поверхности отклика показателя степени функции и их соответствие экспериментальным точкам приведены на ниже расположенных рисунках. Дополнительно даны двумерные сечения поверхности отклика для установления существующих тенденций динамики их изменения. Характер изменения качества смеси показывают двумерные сечения поверхности отклика неравномерности смешивания v – коэффициента вариации содержания контрольного компонента и равномерности смеси V_p .

В результате выборки опытных значений влияния степени заполнения получено выражение неравномерности смешения (коэффициент вариации) v , 0,01%:

$$v_1 = e^{(-1,9822+T[0,462945-0,46338 \cdot E^{-0,00116}])}, \quad (5)$$

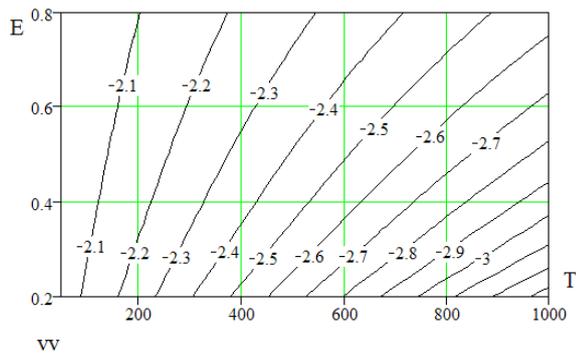
где T – длительность смешения, с;

E – степень заполнения емкости, 0,01%.

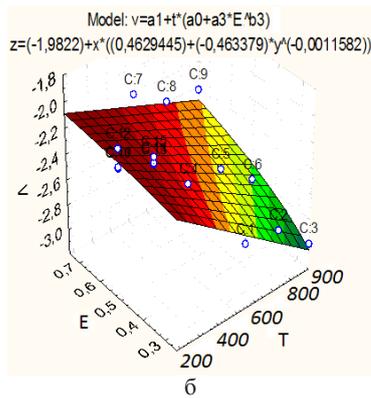
При этом коэффициент вариации $R=0,95937$, а доверительная вероятность F -тест=0,878723.

Выражение равномерности смешения V_p , 0,01%:

$$V_{P1} = 1 - e^{(-1,9822+T[0,462945-0,46338 \cdot E^{-0,00116}])}, \quad (6)$$

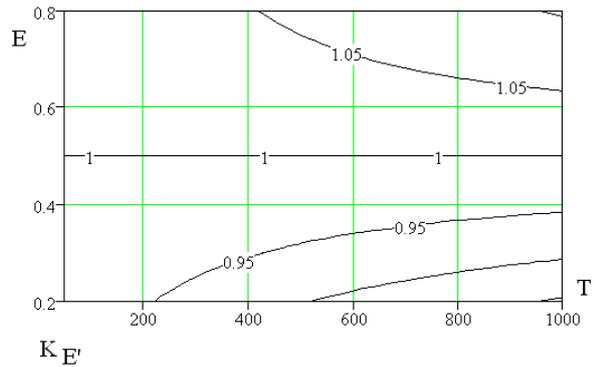


а

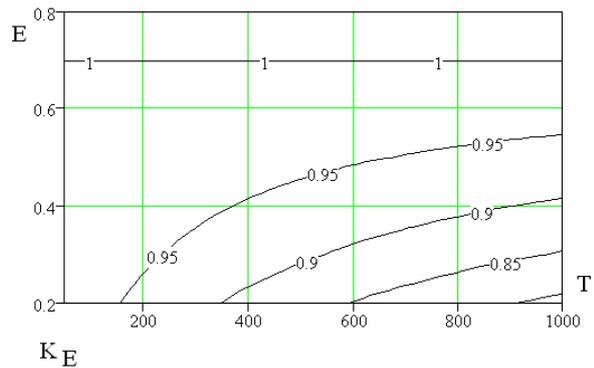


б

Рис. 3. Влияние длительности смешения Т (с) и степени заполнения Е (0,01%) на функцию показателя степени: а – двумерное сечение; б – поверхность отклика

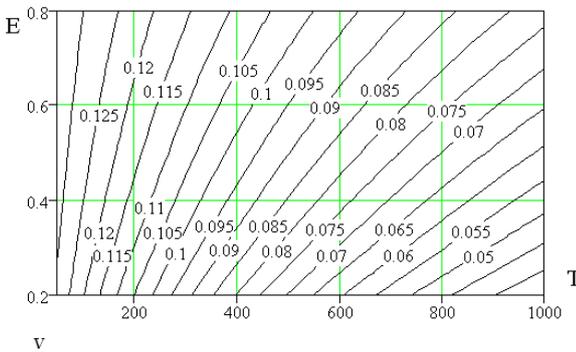


а

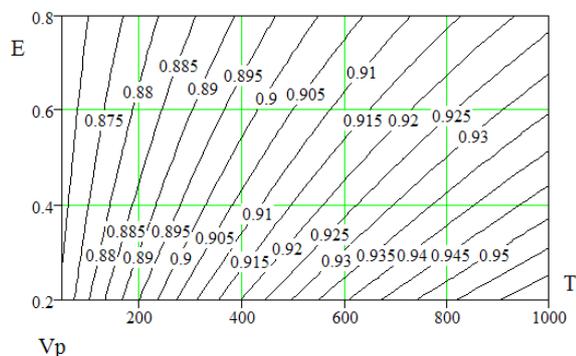


б

Рис. 5. Влияние длительности смешения Т (с) и степени заполнения Е (0,01%) на эмпирический коэффициент влияния степени заполнения емкости: а – при Е=0,5; б – при Е=0,7

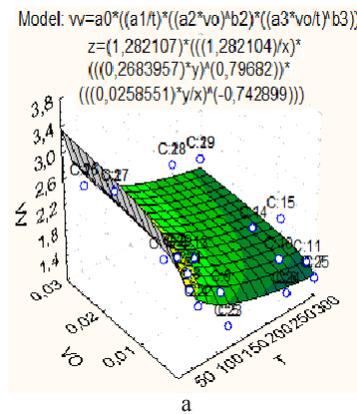


а

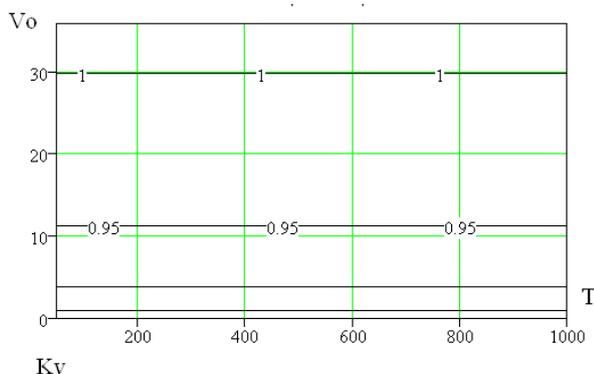


б

Рис. 4. Влияние длительности смешения Т (с) и степени заполнения Е (0,01%) на: а – неравномерность смеси v, 0,01%; б – равномерность смеси Vp, 0,01%



а



б

Рис. 6. Влияние длительности смешения Т (с) и объема смесительной емкости V0 (0,001 м³) на: а – функцию показателя степени; б – двумерное сечение эмпирического коэффициента объема смесительной емкости Kv

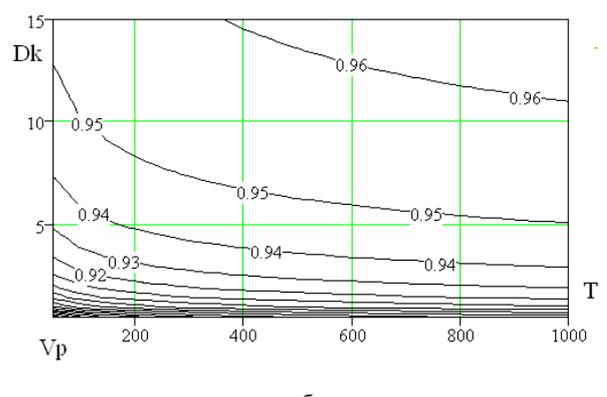
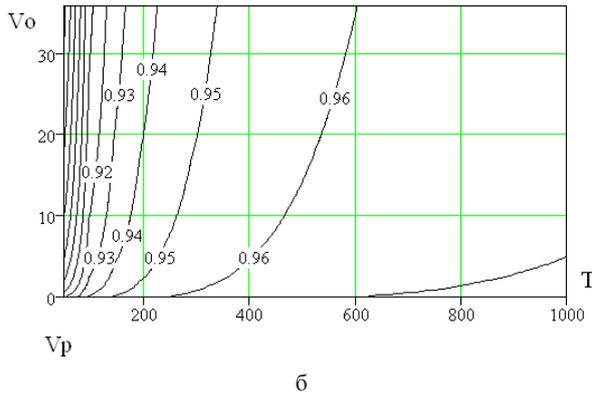
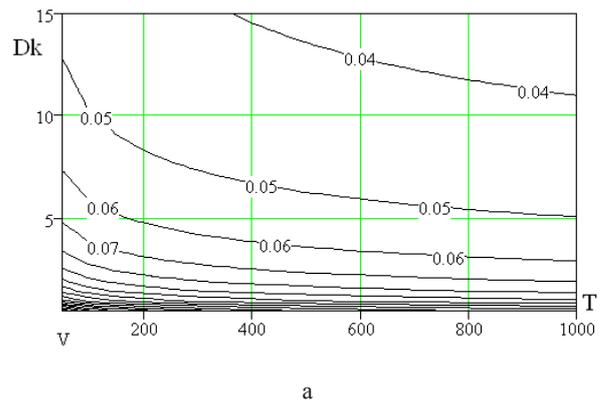
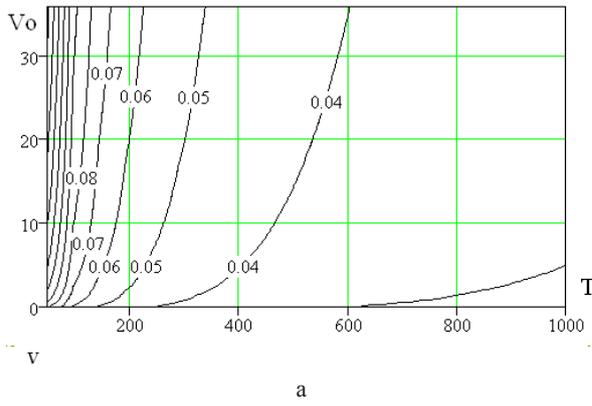


Рис. 7. Влияние длительности смешения Т (с) и объема смесительной емкости Vo (0,001 м³) на: а – неравномерность смеси v, 0,01%; б – равномерность смеси Vp, 0,01%

Рис. 9. Влияние длительности смешения Т (с) и доли контрольного компонента Dk (%) на: а – неравномерность смеси v, 0,01%; б – равномерность смеси Vp, 0,01%

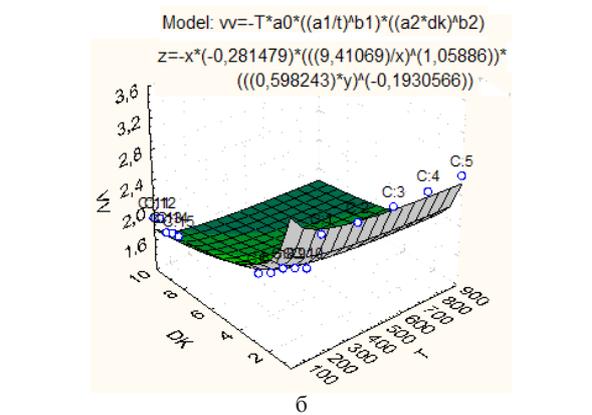
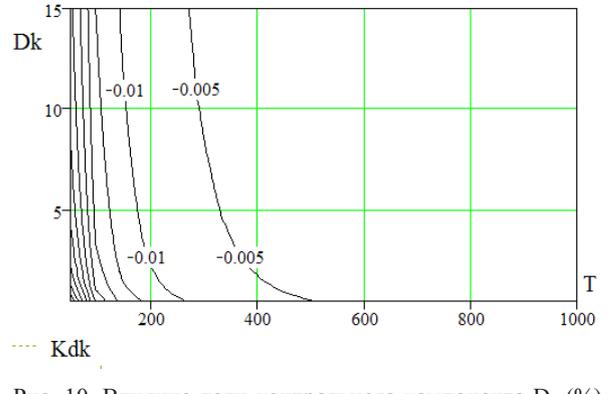
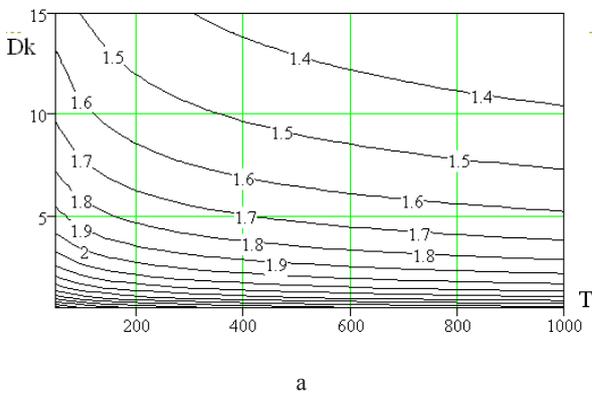


Рис. 8. Влияние длительности смешения Т (с) и доли контрольного компонента Dk (%) на функцию степени: а – двумерное сечение; б – поверхность отклика

Рис. 10. Влияние доли контрольного компонента Dk (%) на эмпирический коэффициент доли контрольного компонента Kdk

На основании соотношения функций показателя степени (переменного значения к E=0,5 и E=0,7) получены выражения поправочных коэффициентов для степени заполнения 50% и 70%, соответственно:

$$K_{E'} = \frac{-1,9822 - 8,0773 \cdot 10^{-4} \cdot T}{-1,9822 + T \cdot \left(0,462945 - \frac{0,46338}{E^{0,00116}}\right)};$$

$$K_E = \frac{-1,9822 - 6,2676 \cdot 10^{-4} \cdot T}{-1,9822 + T \cdot \left(0,462945 - \frac{0,46338}{E^{0,00116}}\right)}. \quad (7)$$

Выражение неравномерности смешения ν с учетом объема смесителя, 0,01%:

$$\nu_2 = 0,01 \cdot e^{\left[1,2821 \cdot \left(\frac{1,2821}{T}\right) \cdot K'\right]}, \quad (8)$$

где

$$K' = (0,268396 \cdot V_0)^{0,79682} \cdot \left(0,025855 \cdot \frac{V_0}{T}\right)^{-0,7429},$$

V_0 – объем смесительной емкости, м³. При этом коэффициент вариации $R=0,91171$, а доверительная вероятность F-тест=0,8677276.

Выражение равномерности смешения V_p , 0,01%:

$$V_{p2} = 1 - 0,01 \cdot e^{\left[1,2821 \cdot \left(\frac{1,2821}{T}\right) \cdot [K']\right]}, \quad (9)$$

На основании соотношения функций показателя степени (переменного к $V_0=0,030$ м³) получены выражения эмпирического коэффициента объема смесительной емкости:

$$K_v = 1,20813 \cdot \left(\frac{1}{T}\right)^{0,7429} \cdot \frac{V_0^{0,79682}}{\left(\frac{V_0}{T}\right)^{0,7429}}. \quad (10)$$

Выражение неравномерности смешения ν с учетом доли контрольного компонента, 0,01%:

$$\nu_3 = 0,01 \cdot e^{\left[-T \cdot (-0,28148 \cdot K'')\right]}, \quad (11)$$

где

$$K'' = \left(\frac{9,4107}{T}\right)^{1,058859} \cdot (0,598243 \cdot D_k)^{-0,19306};$$

D_k – доля контрольного компонента, 0,01%. При этом коэффициент вариации $R=0,98115$, а доверительная вероятность F-тест=0,947846.

Выражение равномерности смешения V_p , 0,01%:

$$V_{p3} = 1 - 0,01 \cdot e^{\left[-T \cdot (-0,28148 \cdot K'')\right]}. \quad (12)$$

Список литературы

- [1] Механизация и технология производства продукции животноводства / В.Г. Коба, Н.В. Брагинцев, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич – М.: Колос, 1999. – 528 с.
- [2] Завражнов, А.И. Механизация приготовления и хранения кормов / А.И. Завражнов, Д.И. Николаев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
- [3] Кукта, Г.М. Технология переработки и приготовления кормов / Г.М. Кукта. – М.: Колос, 1978. – 240 с.
- [4] Новиков, В.В. Определение объемного расхода экструдата в зоне прессования одношнекового пресс-экструдера / В.В. Новиков, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Н.А. Харыбина, Д.Н. Азиаткин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1 (75). – С. 91–94.
- [5] Бормотов, А.Н. Многокритериальный синтез сверхтяжелого композита / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2009. – № 4. – С. 29–36.

На основании вывода из функции степени показателя ($-T$) получено выражение эмпирического коэффициента доли контрольного компонента:

$$K_{dk} = 0,28148 \cdot \left(\frac{9,410688}{T}\right)^{1,058859} \cdot (0,598243 \cdot D_k)^{-0,19306}. \quad (13)$$

Анализ влияния факторов показывает улучшение качества смеси с уменьшением степени заполнения емкости и ее объема и увеличением доли контрольного компонента и длительностью смешения.

Отсутствие экстремумов функции не позволяет определить оптимум качества смеси, что свидетельствует об использовании данного показателя лишь как ограничения на условие работоспособности смесителя, а также позволяет обосновывать лишь рациональные значения параметров по критерию качества смеси.

Выводы

1. Модельная функция относительной равномерности смеси V_p (%) представляет собой выражение:

$$V_p = 100 - e^{-k \cdot T} = 100 - e^{-K_E \cdot K_v \cdot K_{dk} \cdot T}. \quad (14)$$

Улучшение качества смеси происходит с уменьшением степени заполнения емкости и ее объема при увеличении доли контрольного компонента и длительности смешения. Отсутствие экстремумов функции не позволяет определить оптимум качества смеси, а возможно обоснование лишь рациональных значений параметров по критерию качества смеси.

2. Получены выражения сомножителей эмпирических коэффициентов технологических условий в виде функций (ф. 7, 10, 13).

3. Корреляция эмпирических коэффициентов составляет 0,91...0,98, а доверительная вероятность выявленных тенденций составляет 0,86...0,948.

- [6] Бормотов, А. Н. Метод построения многофакторных нелинейных моделей на примере математического моделирования композитов специального назначения // А. Н. Бормотов, И. А. Прошин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 12 (16). – С. 264–271.
- [7] Бормотов, А. Н. Многокритериальный синтез сверхтяжелого композита / А. Н. Бормотов, И. А. Прошин, А. Ю. Кирсанов, Е. М. Бородин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6. – № 7. – С. 98–104.
- [8] Коновалов, В. В. Механизация технологических процессов животноводства / В. В. Коновалов, С. И. Щербаков, В. Д. Дмитриев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 272 с.
- [9] Стукалкин, Ф. Г. Исследование кормосмесителей непрерывного действия и методика их расчета: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ф. Г. Стукалкин. – Ленинград, 1965. – 21 с.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов (НТП-АПК 1.10.16.001–02). – М., 2002. – 170 с.
- [13] ОСТ 70.32.2.–83. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методы испытаний. – М.: Госагропром, 1984. – 94 с.
- [14] СТО АИСТ 19.2–2008 Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей. – Мн: Минсельхозпрод, 2010. – Введ. 10.12.2010 г. – 48 с.
- [15] Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: Монография / А. В. Богуслаев, Ал. А. Олейник, Ан. А. Олейник, Д. В. Павленко, С. А. Субботин; Под ред. Д. В. Павленко, С. А. Субботина. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2009. – 468 с.
- [16] Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – Л.: Колос, 1972. – 202 с.
- [17] Капустин, В. П. Основы научных исследований и патентования / Лекции к курсу – Тамбов: ТГТУ, 1996. – 34 с.
- [18] Коновалов, В. В. Практикум по обработке результатов научных исследований с помощью ПЭВМ – Пенза: ПГСХА, 2003–178 с.
- [19] Бормотов, А. Н. Математическое моделирование структуры композитов в виде рациональных функций по краевым точкам области планирования / А. Н. Бормотов, И. А. Прошин, С. В. Тюрденева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 12 (16). – С. 272–280.
- [20] Фролов, Д. И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 18–23.
- [21] Фролов, Д. И. Повышение питательности экструдированных кормов для животных / Д. И. Фролов, В. А. Никишин // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 7. № 4. С. 98–101.
- [22] Фролов, Д. И. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 29–33.
- [23] Курочкин, А. А. Технология производства кормов на основе термо-вакуумной обработки отходов с/х производства / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4 (01). С. 36–40.
- [24] Фролов, Д. И. Обоснование рациональных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, С. В. Чекайкин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6 (22). – С. 158–161.
- [25] Фролов Д. И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 120–126.
- [26] Ларюшин Н. П., Сущёв С. А., Фролов Д. И., Ларюшин А. М. Ботвоудаляющая машина // Патент России № 2339208. – 2008. Бюл. № 33.
- [27] Фролов, Д. И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Фролов Дмитрий Иванович. – Пенза, 2008. – 153 с.
- [28] Коновалов, В. В. Методология проектирования смесителей-увлажнителей сыпучих пищевых продуктов / В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы

- настоящего плюс: Периодическое научное издание.–Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та.– 2014.– № 06(22).–С. 190–197.
- [29] Фролов, Д. И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / Фролов Дмитрий Иванович.– Пенза, 2008.– 18 с.
- [30] Курочкин, А. А. Поликомпонентный экструдат на основе зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.–2015.–№ 4.–С. 76–81.
- [31] Фролов Д. И. Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева.–2015.–№ 4 (28).–С. 69–74.
- [32] Фролов, Д. И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология.– 2014.– № 4 (01).–С. 30–35.
- [33] Клычев, Е. М. Исследование процесса смешивания сыпучих кормов в псевдооживленном слое: Дис... канд. техн. наук / Е. М. Клычев.–М.: 1996.– 154 с.
- [34] Чупшев, А. В. Влияние технологических параметров на показатели работы смесителя микродобавок / А. В. Чупшев, В. В. Коновалов // Нива Поволжья.– 2009.– № 2(11)–С. 76–81.
- [35] 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: РИО ПГСХА, 2014.– 176 с.

MODELING CHANGES IN THE QUALITY MIX PADDLE MIXER ON THE BASIS TECHNOLOGICAL PARAMETERS

Konovalev V. V., Chupshev A. V., Fomina M. V.

The paper presents the analysis of methods for determination of mix quality and functional expressions describe them. Justified the function modeling the quality of the mixture taking into account technological factors. The description of the lobed mixer and the results of experimental data processing based on exponential function. Identified functional expressions are empirical coefficients. Performed correlation evaluation and determined the confidence of simulation results.

Keywords: *lobed mixer, the quality of the mixture, the unevenness of the mixture, the kinetics of mixed-shivani, changes in the quality mix.*

References

- [1] Mechanization and technology of production of livestock / V.G. Koba, N.I. Braginet, D.N. Murusidze, V.F. Nekrashevich–M.: Kolos, 1999.– 528 p.
- [2] Zavrzhnov, A. I. Mechanization of preparation and storage of feed / A. I. Zavrzhnov, D. I. Nikolayev.–M.: Agropromizdat, 1990.– 336 p.
- [3] Kuchta, G. M. Technology of processing and preparation of feed / G. M. Kukta.–M.: Kolos, 1978.– 240 p.
- [4] Novikov, V. V. determination of the volumetric flow rate of extrudate in a zone of single-screw extrusion press extruder / V. V. Novikov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, N. Kharybina, D. N. Aziatkin // Bulletin of Altai state agrarian University.– 2011.– № 1 (75).–Pp. 91–94.
- [5] Bormotov, A. N. Multicriteria synthesis of superheavy composite / A. N. Bormotov, A. I. Proshin, // Bulletin of Bryansk state technical University.– 2009.–No. 4.–Pp. 29–36.
- [6] Bormotov A. N. A method of constructing multivariate non-linear models of mathematical modeling of composites, special purpose // A. N. Bormotov, I. A. Proshin // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus.– 2013.– № 12 (16).–Pp. 264–271.
- [7] Bormotov A. N. Multicriteria synthesis of superheavy composite / A. N. Bormotov, I. A. Proshin, A. Y. Kirsanov, E. M. Borodin // Bulletin of Voronezh state technical University.– 2010.–Т. 6.–No. 7.–Pp. 98–104.
- [8] Konovalev, V. V. Mechanization of technological processes of livestock / V. V. Konovalev, S. I. Shcherbakov, V. D. Dmitriev.–Penza, 2006.– 272.

- [9] Stukalkin, F. G. A Study of feed mixers, continuous, and IU-method of their calculation: author. dis. kand. tech. Sciences / F.G. Ctukalkin.–Leningrad, 1965.– 21 p.
- [10] Konovalov, V.V. Modeling of the process of continuous mixing the mixer-dispenser extruder / V.V. Konovalov, V.V. Novikov, D.N. Asatkin, A. S. Grecov // Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2013.–No. 3.–Pp. 72–78.
- [11] Konovalov, V.V. Modeling of variations in the uniformity of the mixture during step chat mixing / V.V. Konovalov, A. V. Chupshev, M. V. Fomina, A. S. Kaliganov // Niva-Volga region.– 2013.– № 3 (28).– Pp. 77–83.
- [12] Norms of technological design of feed for livestock farms and complexes (NTP-APK 1.10.16.001–02).–M., 2002.– 170 p.
- [13] OST 70.32.2.–83. Agricultural machinery testing. Machines and equipment for preparation of feed. The program and methods of testing.–M.: Rosagroprom, 1984.– 94 p.
- [14] One HUNDRED STORK 19.2–2008 Agricultural machinery and equipment. Machines and equipment for preparation of feed. The procedure for determining the functional parameters.–Mn: Ministry Of Agriculture, 2010.–]. 10.12.2010 G.–Pp. 48
- [15] Progressive technologies of modeling, optimization and intelligent automation of the stages of the life cycle of aircraft engines: Monograph / V.A. Boguslaev, A.I.A. Oleynik, An.A. Oleinik, V.D. Pavlenko, S.A. Subbotin; ed. by D. V. Pavlenko, and S.A. Subbotin.–Zaporozhye JSC «Motor Sich», 2009.– 468 p.
- [16] Melnikov, S. V. Experiment Planning in researches of agricultural processes/ S. V. Melnikov, R. V. Aleshkin, P.M. Roshchin.–L.: Kolos, 1972.– 202 p.
- [17] Kapustin, V.P. Fundamentals of scientific research and patents / Lectures for the course–Tambov, 1996.– 34 p.
- [18] Konovalov, V. V. workshop on the processing of research results by means of computer–Penza, 2003–p. 178
- [19] Bormotov A. N. Mathematical modeling of the structure of the composites in the form of rational functions on the boundary points of the domain of planning / A.N. Bormotov, I.A. Proshin, V.S. Turgeneva // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus.– 2013.– № 12 (16).–Pp. 272–280.
- [20] Frolov, D. I. a study of the optimal frequency of rotation of the working body batouala machine / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2013.–No. 3.–Pp. 18–23.
- [21] Frolov, D. I. improving the nutritional value of the extruded animal feeds / D.I. Frolov, V.A. Nikishin // Collection of scientific works Sworld. 2014. Vol. 7. No. 4. S. 98–101.
- [22] Frolov, D. I. modeling of the process of removing the tops of onion working on batouala machine / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2014.–No. 3.–Pp. 29–33.
- [23] Kurochkin, A. A. the Technology of production of feed based on the thermo-vacuum treatment of waste of agricultural production/A. A. Kurochkin, D.I. Frolov//Innovative technology.–2014.– № 4 (01). Pp. 36–40.
- [24] Frolov, D.I. Substantiation of rational parameters of batouala machine for sowing Luke / D.I. Frolov, S. V. Chekalkin // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus.– 2014.– № 6 (22).– Pp. 158–161.
- [25] Frolov D.I. Determination of the optimal parameters batouala machine for sowing Luke / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy.– 2015.–№ 1 (29).–Pp. 120–126.
- [26] Laryushin N.P. Sushchev, A. S., Frolov D.I., Laryushin A.M. Batouala machine // Patent of Russia № 2339208.–2008. Bull. No. 33.
- [27] Frolov, D.I. Development of cutter tops of onions and weeds with substantiation of constructive and operational parameters: dis. kand. tech. Sciences: 05.20.01 / Frolov Dmitry Ivanovich.–Penza, 2008. 153 p.
- [28] Konovalov, V. V. design Methodology of mixers, moisturizers loose food products / V.V. Konovalov, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus: a scientific Periodical.–Penza: Publishing house Penz. GOS. tekhnol. University.– 2014.– № 06(22).–Pp. 190–197.
- [29] Frolov, D.I. Development of cutter tops of onions and weeds with substantiation of constructive and operational parameters: abstract. dis. kand. tech. Sciences: 05.20.01 / Frolov Dmitry Ivanovich.–Penza, 2008.– 18 p.
- [30] Kurochkin, A.A. Multicomponent extrudate based on wheat and milk Thistle seed /A. A. Kurochkin, D.I. Frolov //proceedings of the Samara state agricultural Academy.–2015.–No. 4.–Pp. 76–81.
- [31] Frolov D.I. analysis of the process of air movement inside the housing botopasie working on a study of optimum tilt angle of the knives / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. shaburova, D. E. Kashirin // Bulletin of Ryazan state agrotechnological University named after P.A. Kostychev.–2015.–№ 4 (28).–Pp. 69–74.
- [32] Frolov, D. I. Analysis of work botopasie working on optimizing the air flow inside the casing / D.I. Frolov // Innovative technology.– 2014.– № 4 (01).–Pp. 30–35.

- [33] Klychev, E. M. study of the process of mixing of bulk feed in a pseudo-eigendom layer: Dis... Cand. tech. Sciences / E. M. Klychev.–M.: 1996.– 154 p
- [34] Chupshev, A. V. Influence of technological parameters on the performance of CME-Sitel microdomain/ A. V. Chupshev, V. V. Kononov // Niva Povolzhya.– 2009.– № 2(11)–Pp. 76–81.
- [35] Chupshev, A. V. Theoretical and experimental study of mixing the dry components and microdomain in a vane mixer. Theory, design, calculation: Monograph / A. V. Chupshev, V. V. Kononov.–Penza, 2014.– 176 p.