

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 631.363.7

## СМЕСИТЕЛЬ С КОМБИНИРОВАННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

В. В. Коновалов

В работе представлено описание и результаты технологических исследований смесителя непрерывного действия с горизонтальным комбинированным рабочим органом. Обоснованы рекомендации по рациональному выбору частоты вращения мешалки смесителя и количества его лопастей. Определены зависимости, характеризующие неравномерность получаемой смеси, затрачиваемую мощность и энергоёмкость рабочего процесса исследуемого смесителя.

**Ключевые слова:** смеситель, лопасть, шнек, комбинированный рабочий орган, неравномерность смеси, смесеобразование.

### Введение

Повышение продуктивности сельскохозяйственных животных обеспечивает использование качественных комбикормов. Однако не все смесители способны приготавливать смеси надлежащего качества. Существенным ограничением на применение того или иного смесителя является его зона работоспособности на соблюдение зоотехнических требований к качеству перемешивания смеси в зависимости от доли контрольного компонента в составе смеси согласно рецепта [3–5].

Проведенный анализ конструктивных отличий смесителей показал наличие их большого разнообразия [4–12].

В данной работе представлены результаты исследований смесителя непрерывного действия с комбинированным рабочим органом.

**Целью работы** являлось установление технологической зоны работоспособности смесителя непрерывного действия с комбинированным рабочим органом.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлся технологический процесс образования сухой смеси горизонтальным смесителем с комбинированным рабочим органом.

Смеситель представляет собой (рис. 1) горизонтальный кожух 2 с установленной сверху загрузной воронкой 3 и снизу – выгрузным лотком 1. Внутри смесителя установлен горизонтальный вал, привод 5 которого от электродвигателя через клиноремennую передачу. На валу размещен комбинированный рабочий орган 4. Он состоит из мешалки с прутковыми П-образными лопастями, располо-

женной в районе загрузной воронки 3, и двузаходного спирально-винтового пруткового конвейера, расположенного в районе цилиндрической части кожуха 2. Ингредиенты смеси, загружаемые дозаторами непрерывным потоком в смеситель через загрузную воронку 3, активно смешиваются внутри кожуха 2 прутковыми лопастями П-образной мешалки. По мере увеличения высоты материала в районе загрузной воронки 3, избыточная часть материала ссыпается под собственным весом и воздействием лопастной мешалки на спирально-винтовой прутковый конвейер. Конвейер перемещает материал вдоль кожуха к выгрузному лотку 1 и дополнительно перемешивает его.

При проведении исследований интервалы варьирования изучаемых факторов соответствовали: доля контрольного компонента изменялась от 1,5% до 12%, суммарная производительность дозирующих устройств – от 1,5 до 23,5 кг/с.

Ранее были обоснованы параметры смесителя: количество лопастей мешалки – 6 шт.; частота вращения вала – 320 мин<sup>-1</sup>. В качестве контрольного компонента использовались зерна ячменя. Наполнителем были дерти ячменная и пшеничная в пропорции (1:1) и насыпной плотностью 720 кг/м<sup>3</sup>. Количество проб для определения качества смеси – 20 шт. Масса пробы – 100 г.

### Результаты и их обсуждение

При обработке результатов экспериментов получено выражение коэффициента вариации содержания контрольного компонента в пробах, рис. 2, (неравномерности смеси) %:

$$v = 63,28335 - 33,7012 \cdot dk - 20,70799 \cdot Q - 2,617092 \cdot Q \cdot dk + 8,903025 \cdot Q^2 \cdot dk + 1,009618 \cdot Q^2 \cdot dk, \quad (1)$$

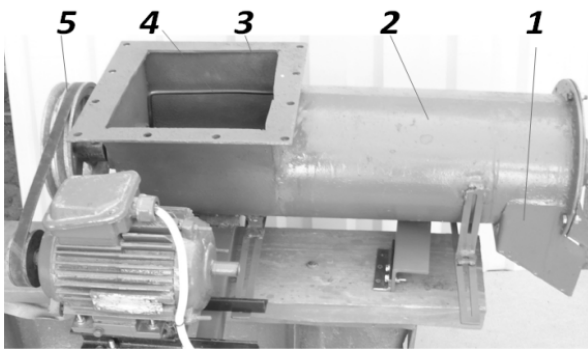


Рис. 1. Смеситель с комбинированным рабочим органом: 1 – выгрузной лоток; 2 кожух; 3 – загрузная воронка; 4 – рабочий орган; 5 – привод

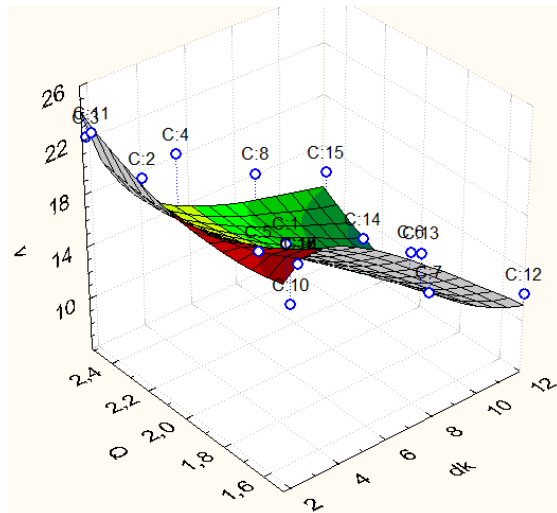


Рис. 2. Влияние доли контрольного компонента  $dk$  (%) и производительности смесителя  $Q$  (кг/с) на неравномерность смеси  $v$ , %

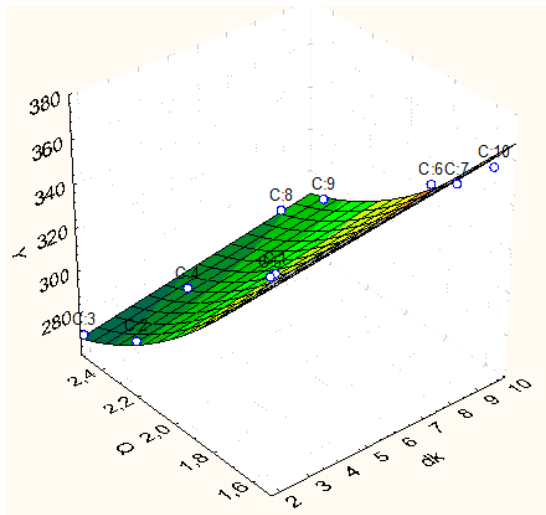


Рис. 3. Влияние доли контрольного компонента  $dk$  (%) и производительности смесителя  $Q$  (кг/с) на энергоёмкость смешения  $Y$ , Дж/кг

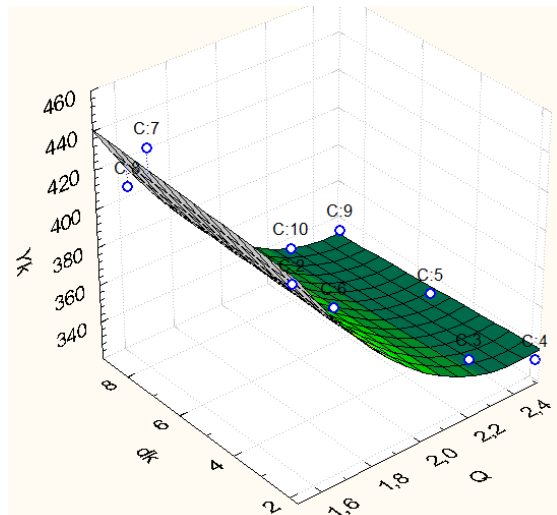


Рис. 4. Влияние доли контрольного компонента  $dk$  (%) и производительности смесителя  $Q$  (кг/с) на корректированную энергоёмкость смешения  $Y_k$ , Дж/кг

где  $dk$  – доля контрольного компонента, %;

$Q$  – производительность смесителя, кг/с.

Коэффициент корреляции  $R=0,93621$ . Данные F-тест = 0,91789.

По мере увеличения доли контрольного компонента неравномерность смеси снижается, т.е. качество смеси улучшается. При доле контрольного компонента в составе смеси более 9,5% коэффициент вариации менее 10%, что соответствует зоотехническим требованиям на качество смеси. Лучшие значения показателей соответствуют подачи смесителя 2,2 кг/с.

Получено также выражение, описывающее энергоёмкость смесеобразования (рис.3), Дж/кг:

$$Y = 674,5 - 0,9827 \cdot Q \cdot dk - 287,966 \cdot Q + 49,579 \cdot Q^2 \quad (2)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,99243$ . Данные F-тест = 0,982308.

С ростом производительности смесительного

агрегата энергоёмкость смешения возрастает по зависимости, близкой к линейной. На это влияет рост мощности на привод рабочего органа смесителя. Наибольшая энергоёмкость наблюдается при малой производительности смесителя – 1,5 кг/с. Доля контрольного компонента в составе смеси существенного влияния на энергоёмкость не оказывает, т.к. практически не изменяется гранулометрический и физико-механический состав. Видимо влияет лишь изменение плотности смеси при смене доли контрольного компонента. Параметры, обеспечивающие зоотехнические требования – производительность смесителя 2,2 кг/с при доле контрольного компонента не менее 10%, соответствуют энергоёмкости смешения около 300 Дж/кг.

Дополнительно рассчитывалась корректированная энергоёмкость по формуле:

$$Y_k = Y / (100 - v). \quad (3)$$

В результате расчета и обработки полученных данных получено выражение, описывающее кор-

ректированную энергоемкость смесеобразования (рис.4), Дж/кг:

$$Y_k = 1017,21 - 564,55 \cdot Q + 3,92468 \cdot dk + 117,349 \cdot Q^2 - 1,972 \cdot Q \cdot dk \quad (4)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,98596$ . Данные F-тест=0,969083.

Анализ поверхности отклика данного показателя подтверждает отсутствие влияния доли контрольного компонента на энергоемкость смеси.

При производительности более 2,2 кг/с наблюдается стабилизация показателя  $Y_k$ .

### Выводы

Полученные данные теоретических исследований позволяют прогнозировать базовые показатели параметров вакуумной системы модернизированного экструдера и сравнивать их с результатами экспериментальных исследований.

### Список литературы

- [1] Коновалов, В.В. Механизация технологических процессов животноводства / В.В. Коновалов, С.И. Щербаков, В.Ф. Дмитриев – Пенза, 2006. – 276 с.
- [2] Чупшев, А.В. Влияние технологических параметров на показатели работы смесителя микродобавок / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов // Нива Поволжья. – 2009. – № 2. – С. 76–81.
- [3] Курочкин, А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства / А.А. Курочкин, В.В. Ляшенко. Под общей редакцией В.М. Баутина. – М.; Информагротех, 1998. – 308 с.
- [4] Чупшев, А.В. Аналитическое определение параметров лопастных смесителей для турбулентного перемешивания сухих смесей / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов, В.П. Терюшков, Г.В. Шабурова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3(89). – С. 88–91.
- [5] 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. – 2014. – № 6(22). – С. 189–196.
- [6] Коновалов, В.В. Моделирование качества смешивания сыпучих материалов барабанным смесителем / В.В. Коновалов, Н.В. Димитриев, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – Т. 1. – № 9(13). – С. 77–84.
- [7] Курочкин, А.А. Методологические аспекты теоретических исследований пресс-экструдеров для обработки растительного крахмалсодержащего сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков, С.В. Денисов. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 6(10). – С. 46–54.
- [8] Денисов, С.В. Определение пропускной способности зоны загрузки пресс-экструдера. / С.В. Денисов, В.В. Новиков, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 12 (62). – С. 73–76.
- [9] Новиков, В.В. Определение объемного расхода экструдата в зоне прессования одношнекового пресс-экструдера. / В.В. Новиков, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Н.А. Харьбина, Д.Н. Азиаткин. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1 (75). – С. 91–94.
- [10] Мишин, К.М. Устройство для внесения жира в концентрированные корма / К.М. Мишин, В.В. Коновалов, А.А. Курочкин // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – № 2. – С. 9.
- [11] Коновалов, В.В. Концентрированные корма обогащенные жиром / В.В. Коновалов, А.А. Курочкин, К.М. Мишин // Сельский механизатор. – 2003. – № 1. – С. 18.
- [12] Чупшев, А.В. Влияние диаметра лопастей и их числа на неравномерность смеси и энергоемкость смешивания / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов, В.П. Терюшков // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – 2008. – № 2. – С. 132–133.
- [13] Коновалов, В.В. Обоснование угла установки емкости и длительности перемешивания сухих смесей барабанным смесителем / В.В. Коновалов, Н.В. Димитриев, С.А. Кшникаткин, А.В. Чупшев // Нива Поволжья. – 2013. – № 1(26). – С. 46–50.
- [14] Чупшев, А.В. К обоснованию параметров быстроходного смесителя / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов, В.П. Терюшков, С.С. Петрова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – № 3. – С. 151–154.
- [15] 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.

## MIXER COMBINED WORKING BODIES

V. V. Konovalov

The paper describes the results of technological research and continuous horizontal mixer with a combined working organ. The recommendations for the rational choice of the stirrer speed of the mixer and the number of blades. The dependences characterizing non-uniformity of the resulting mixture, and energy expended by the power of the working process of the test mixer.

**Keywords:** *the mixer blade, auger, combined working organ, uneven mixture carburation.*

## References

- [1] Konovalov, V. V. Mechanization of technological processes of livestock / V. V. Konovalov, S. I. Shcherbakov, V. F. Dmitriev – Penza, – 2006. – 276 p.
- [2] Chupshev, A. V. Influence of technological parameters on the performance of the mixer for microadditions / A. V. Chupshev, V. V. Konovalov // *Volga Niva*. – 2009. – № 2. – P. 76–81.
- [3] Kurochkin, A. A. Technological equipment for processing of livestock products / A. A. Kurochkin, V. V. Lyashenko. Edited by V. M. Bautina. – M.; Informagroteh, 1998. – 308 p.
- [4] Chupshev, A. V. Analytical determination of parameters of blade mixers for turbulent mixing of dry mixes / A. V. Chupshev, V. V. Konovalov, V. P. Teryushkov, G. V. Shaburova // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. – 2012. – № 3 (89). – P. 88–91.
- [5] Konovalov, V. V. The methodology of designing mixers-humidifiers for bulk food / V. V. Konovalov, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // *XXI century: the results of past and present problems plus*. – 2014. – № 6 (22). – P. 189–196.
- [6] Konovalov, V. V. Simulation of mixing quality bulk materials drum mixer / V. V. Konovalov, N. V. Dimitri A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // *XXI century: the results of past and present problems plus*. – 2013. – Т. 1. – № 9 (13). – P. 77–84.
- [7] Kurochkin, A. A. Methodological aspects of theoretical research extrusion press for the processing of vegetable raw starch / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. V. Novikov, S. V. Denisov. // *XXI century: the results of past and present problems plus*. – 2013. – № 6 (10). – P. 46–54.
- [8] Denisov S. V. Determination of the capacity loading zone press extruder. / S. V. Denisov, V. V. Novikov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. – 2009, – № 12 (62). – P. 73–76.
- [9] Novikov, V. V. Determination of the volumetric flow rate of the extrudate into the nip of a single screw extruder press. / V. V. Novikov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, N. A. Kharybina, D. N. Aziatkin. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. – 2011, – № 1 (75). – P. 91–94.
- [10] Mishin, K. M. A device for making fat concentrated feed / K. M. Mishin, V. V. Konovalov, A. A. Kurochkin // *Technique in agriculture*. – 2004. – № 2. – p. 9.
- [11] Konovalov, V. V. Concentrated feed enriched of fat / V. V. Konovalov, A. A. Kurochkin, K. M. Mishin // *Rural mehanizator*. – 2003. – № 1. – p. 18.
- [12] Chupshev, A. V. Influence of the diameter of the blades and of the uneven mix and energy intensity mixing / A. V. Chupshev, V. V. Konovalov, V. P. Teryushkov // *Bulletin of the Federal State Institution of Higher Professional Education Moscow State University Agroengineering*. V. P. Goryachkina. – 2008. – № 2. – P. 132–133.
- [13] Konovalov, V. V. Justification of installation of angle capacity and the duration of mixing for dry mixes by drum mixer / V. V. Konovalov, N. V. Dimitriev, S. A. Kshnikatkin, A. V. Chupshev // *Volga Niva*. – 2013. – № 1 (26). – P. 46–50.
- [14] Chupshev, A. V. Justification of the parameters of high-speed mixer / A. V. Chupshev, V. V. Konovalov, V. P. Teryushkov, S. S. Petrov // *Bulletin of the Samara State Agricultural akademy*. – 2008. – № 3. – P. 151–154.
- [15] Konovalov, V. V. Modeling of the continuous compounding extruder mixer-dispenser / V. V. Konovalov, V. V. Novikov, D. N. Aziatkin, A. S. Gretsov // *Bulletin of the Samara State Agricultural Academy*. – 2013. – № 3. – P. 72–78.