

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УЗКИХ ПЛОСКИХ ЛОПАСТЕЙ БЫСТРОХОДНОГО СМЕСИТЕЛЯ СУХИХ КОМПОНЕНТОВ

М. В. Фомина

В работе представлены результаты исследований быстроходного смесителя с узкими плоскими лопастями для приготовления сухих смесей. Полученный материал может быть полезен при разработке рекомендаций в части выбора частоты вращения и угла установки лопастей мешалки подобных смесителей. Определены зависимости, позволяющие оценить неравномерность получаемой смеси, а также затрачиваемую мощность и энергоёмкость рабочего процесса быстроходного смесителя сухих компонентов.

**Ключевые слова:** смеситель, лопасть, мешалка, неравномерность смеси, смесеобразование.

### Введение

Повышение продуктивности сельскохозяйственных животных требует обеспечения их в достаточном количестве качественными кормами. При этом только 50% фуражного зерна перерабатывается в полноценные комбикорма, а остальная часть скармливается животным просто в измельченном виде, без приготовления смеси. Это ведет к и неэффективному использованию фуража и перерасходу кормов [1–3].

Проведенный анализ конструкций смесителей показал наличие их большого разнообразия [4–15],

что требует уточнения перспективного типа лопастей мешалок применительно к конкретной конструкции смесителя.

В данной работе представлены результаты исследований плоских лопастей шириной 15 мм.

**Целью работы** являлось установление перспективной конструкции лопастей смесителя периодического действия с вертикальным валом и конструктивно-кинематических параметров их применения.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлся технологический процесс образования сухой смеси вертикальным смесителем.

При исследованиях изучалось влияние факторов на неравномерность смеси /коэффициент вариации содержания контрольного компонента в пробах/  $v$  (%), энергоёмкости перемешивания /как произведение затрачиваемой мощности  $N$  на длительность смешения  $T$ , с, приходящейся на массу

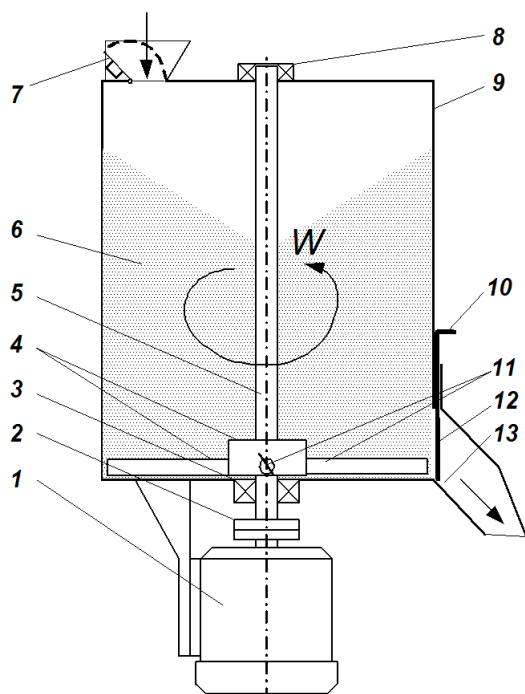


Рис. 1. Схема смесителя сухих кормов: 1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – нижняя подшипниковая опора бункера оперативного запаса компонентов; 4 – лопастная мешалка; 5 – вал; 6 – смешиваемый материал; 7 – загрузная горловина; 8 – верхняя подшипниковая опора; 9 – смесительная камера (емкость); 10 – шибера; 11 – лопасти; 12 – выгрузное отверстие; 13 – выгрузной лоток

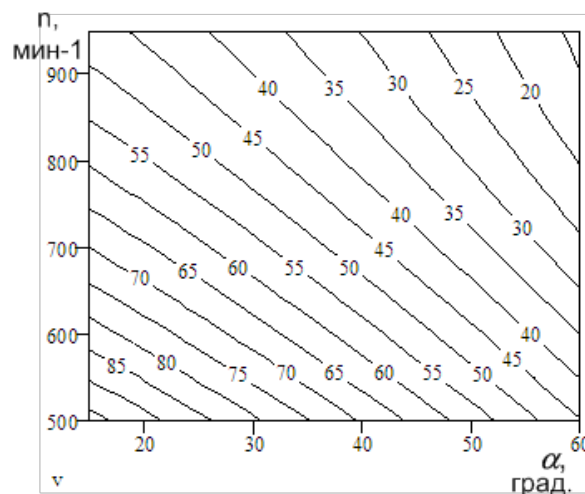


Рис. 2. Влияние частоты вращения мешалки смесителя  $n$  (мин-1) и угла установки плоских лопастей мешалки  $\alpha$  (град.) на неравномерность смеси  $v$  (%)

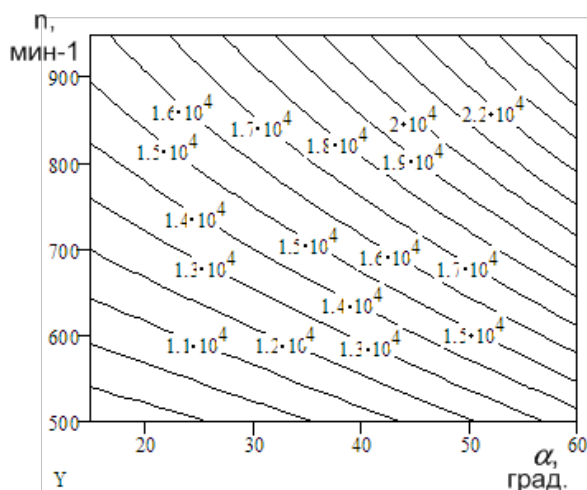


Рис. 3. Влияние частоты вращения мешалки смесителя  $n$  (мин-1) и угла установки плоских лопастей мешалки  $\alpha$  (град.) на энергоёмкость смеси  $Y$  (Дж/кг)

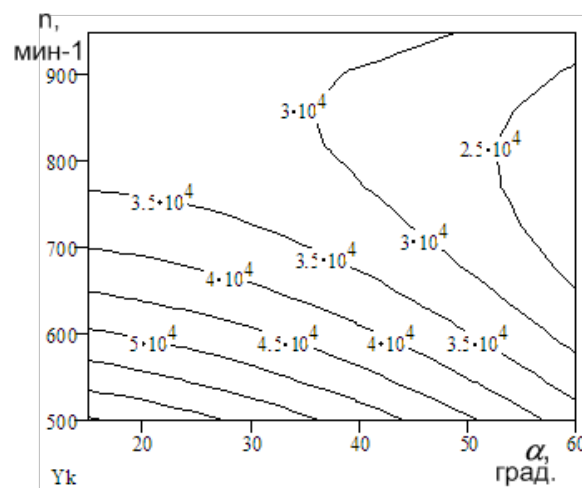


Рис. 4 Влияние частоты вращения мешалки смесителя  $n$  (мин-1) и угла установки плоских лопастей мешалки  $\alpha$  (град.) на скорректированную энергоёмкость смеси  $Y_k$  (Дж/кг)

смеси  $M$ , кг/  $Y = N \cdot T / M$  (Дж/кг), а также производили замер потребляемой мощности  $N$  (Вт).

Проведенные нами интерполяционные исследования по влиянию параметров лопастей мешалок с плоскими лопастями смесителя периодического действия (рисунок 1) осуществлялись для выявления зависимостей указанных показателей технологического процесса с учетом значений угла установки радиальных лопастей –  $\alpha$  (град.) и частоты вращения мешалки  $n$  (мин<sup>-1</sup>).

В процессе опытов степень заполнения смесителя составляла 70%, масса кормовой порции – 14 кг, плотность приготавливаемой смеси из ячменно-пшеничной дерти – 710 кг/м<sup>3</sup>, длительность перемешивания – 120 с. Доля контрольного компонента (зерна ячменя) в опытах составляла 1%, масса пробы – 100 г, общее количество проб – 20 шт.

### Результаты и их обсуждение

После обработки полученных опытных данных выявлена зависимость неравномерности смеси  $v$  от исследуемых показателей (рис.2) за 120 с:

$$v = 228,217 - 2,596 \cdot \alpha - 0,2552 \cdot n + 0,0148 \cdot \alpha^2 + 0,0001 \cdot n^2 + 0,001 \cdot \alpha \cdot n, \quad (1)$$

коэффициент корреляции  $R=0,8762929$ .

Увеличение частоты вращения мешалок и угла установки лопастей улучшает качество смеси, ввиду уменьшения неравномерности  $v$ . Наиболее качественная смесь наблюдается при угле, равном 50–60 град. Дальнейшее увеличение угла нецелесообразно ввиду сгуживания материала перед лопастями.

Энергоёмкость перемешивания описывается зависимостью (при  $R=0,99122441$ ):

$$Y = -4315,22 - 72,45 \cdot \alpha + 29 \cdot n + 0,99 \cdot \alpha^2 - 0,01 \cdot n^2 + 0,22 \cdot \alpha \cdot n \quad (2)$$

Увеличение частоты вращения мешалок и угла установки лопастей увеличивает энергоёмкость процесса  $Y$  (рис.3). Наиболее интенсивно влияние частоты вращения. Экстремальные значения энергоёмкости на исследуемом участке отсутствуют.

Введен дополнительный показатель энергоёмкости перемешивания с учетом равномерности смеси –  $Y_k$ .

Данный показатель определяется по следующей формуле:

$$Y_k = Y / (1 - v / 100). \quad (3)$$

Энергоёмкость перемешивания сухого корма  $Y_k$  описывается аналогичной зависимостью (при  $R=0,84421713$ ):

$$Y_k = 200502,4 - 1674,6 \cdot \alpha - 324,4 \cdot n + 7,8 \cdot \alpha^2 - 0,2 \cdot n^2 + 1,2 \cdot \alpha \cdot n \quad (4)$$

Корректированное значение энергоёмкости  $Y_k$  (рис.4) имеет аналогичные тенденции с энергоёмкостью  $Y$ , однако, значения более выровненные при частотах выше 700 мин<sup>-1</sup>. Наименьшая энергоёмкость соответствует частоте вращения мешалки около 800 мин<sup>-1</sup> и углу установки плоских лопастей порядка 50–60 градусов.

### Выводы

1. Увеличение частоты вращения и угла установки радиальных плоских лопастей в быстрходном смесителе до  $\alpha = 50-60$  градусов способствует улучшению качества смеси (уменьшает коэффициент вариации распределения контрольного компонента) и повышению энергоёмкости смешивания.

2. Наименьшее значение скорректированной энергоёмкости смешивания сухого корма предлагаемым смесителем периодического действия обеспечивается при угле установки лопастей около  $\alpha=60$  градусов и частоте вращения мешалки около 800 мин<sup>-1</sup>.

### Список литературы

- [1] Коновалов, В.В. Механизация технологических процессов животноводства / В.В. Коновалов, С.И. Щербаков, В.Ф. Дмитриев–Пенза, 2006.– 276 с.
- [2] Щербаков, С.И. Механизация животноводства в вопросах и ответах / С.И. Щербаков, В.В. Коновалов, А.А. Курочкин, В.В. Новиков–Самара, 2007.– 140 с.
- [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. Влияние технологических параметров на показатели работы смесителя микродобавок/ А.В. Чупшев, В.В. Коновалов // Нива Поволжья.– 2009.– № 2.–С. 76–81.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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 плюс.– 2013.– Т. 1.– № 9 (13).– 77–84.
- [12] Курочкин, А.А. Устройство для ввода жира в концентрированные корма / А.А. Курочкин, В.В. Коновалов, К.М. Мишин // Комбикорма–2002.– № 7.–С. 18.
- [13] 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.
- [14] Коновалов, В.В. Концентрированные корма обогащенные жиром / В.В. Коновалов, А.А. Курочкин, К.М. Мишин // Сельский механизатор.– 2003.– № 1.–С. 18.
- [15] Коновалов, В.В. Смеситель жира и концентрированных кормов / В.В. Коновалов, А.А. Курочкин, К.М. Мишин // Животновод.– 2003.– № 2.–С. 27.

## RATIONALE FOR THE PARAMETERS OF FLAT NARROW VANE OF HIGH SPEED MIXER FOR DRY COMPONENTS

*M. V. Fomina*

---

The paper presents the results of studies of high-speed mixer with narrow flat blades for dry mixtures preparation. The resulting material may be useful in the development of recommendations regarding the choice of the speed and angle of the blades mixers such mixers. The dependence to assess the unevenness of the resulting mixture, and the power and energy expended by the workflow-speed mixer dry components.

**Keywords:** *the mixer, paddle, 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] Shcherbakov, S.I. Mechanization of livestock FAQ / S.I. Shcherbakov, V.V. Konovalov, A.A. Kurochkin, V.V. Novikov—Samara,— 2007.— 140 p.
- [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. 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.—T. 1.—№ 9 (13).—P. 77–84.
- [12] Kurochkin, A.A. Device for inputting a concentrated feed fat / A.A. Kurochkin, V.V. Konovalov, K. M. Mishin // *Fodder*—2002.— № 7.—P. 18.
- [13] 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.
- [14] Konovalov, V.V. Concentrated feed enriched of fat / V.V. Konovalov, A.A. Kurochkin, K. M. Mishin // *Rural mehanizator*.— 2003.— № 1.—P. 18.
- [15] Konovalov, V.V. Mixer fat and concentrated feed / V.V. Konovalov, A.A. Kurochkin, K.M. Mishin // *Cattle*.— 2003.— № 2.—P. 27.