

## Смеситель с z-образной рабочей лопастью для высоковязких компонентов

Лариса И. Лыткина <sup>1</sup>	larissaig2410@rambler.ru
Александр А. Шевцов <sup>1</sup>	shevalol@rambler.ru
Софья А. Переверзева <sup>1</sup>	sofya.pereverzeva.96@mail.ru

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

**Реферат.** Несовершенство смесительной техники сказывается на качестве выпускаемой продукции. Процесс смешивания компонентов относится к наиболее энергоемкому, положительно влияющему на качество готовой продукции и сроки хранения. Разработан смеситель, имеющий три камеры, через которые проходят два вала, при этом быстроходный вал, расположенный в первой камере, установлен внутри тихоходного вала. Особенностью конструкции смесителя является z-образная рабочая лопасть, расположенная на быстроходном валу, с использованием которой улучшается процесс смешивания компонентов. На быстроходном валу после Z-образных лопастей расположены две ленточные спирали разного диаметра с противоположной навивкой, обеспечивающие направление движения потоков смеси навстречу друг другу в виде перекрестного противотока. Рабочими органами (конусообразными лопастями и ленточными спиралями) создаются три вида движения смеси в смесителе: тангенциальное, радиальное и осевое течения. Смеситель позволяет оптимизировать процесс смешивания исходного сырья, различного по своему гранулометрическому составу и физическим свойствам, за счет рационального характера движения смеси в каждой рабочей камере в зависимости от функционального назначения продукта. Кроме этого, расширяется область применения смесителя за счет достигнутой универсализации механизма перемешивания с учетом особенностей физико-механических свойств исходных компонентов. Кроме этого, сокращается продолжительность технологического цикла получения готовой смеси, и, следовательно, снижаются удельные энергозатраты на процесс смешивания при достижении наилучшей однородности готовой продукции.

**Ключевые слова:** смеситель, конструкция, высоковязкая смесь, z-образная рабочая лопасть, процесс смешивания

## The mixer with z-shaped working blades for high viscosity components

Larisa I. Lytkina <sup>1</sup>	larissaig2410@rambler.ru
Aleksandr A. Shevtsov <sup>1</sup>	shevalol@rambler.ru
Sofiya A. Pereverzeva <sup>1</sup>	sofya.pereverzeva.96@mail.ru

<sup>1</sup> Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

**Summary.** The imperfection of the mixing technique affects the quality of products. The process of mixing the components is among the most energy-intensive, positively influencing the quality of finished products and shelf life. The mixer, having three chambers, through which pass two shafts, while the high speed shaft located in the first chamber, is installed inside the low-speed shaft. The design feature of a mixer is a z-shaped working blade, located on the fast shaft, which improves the process of mixing the components. On a high-speed shaft after the Z-shaped blades are two tape spirals of different diameter with opposite winding, providing a direction of flow of the mixture toward each other in a cross-counterflow. Working bodies (cone-shaped blades and band spirals) are three kinds of the movement of the mixture in the mixer: tangential, radial and axial flow. Mixer allows to optimize the mixing process of raw materials, different in grain-size composition and physical properties, due to the rational character of the movement of the mixture in each working chamber depending on the functional purpose of the product. In addition, expanding the scope of the mixer due to the achievement of the universalization of the mechanism of mixing taking into account characteristics of physical and mechanical properties of initial components. In addition, decreasing the duration of the technological cycle of obtaining ready mix, and hence reduce the specific energy consumption of the mixing process in achieving a better homogeneity of the finished product.

**Keywords:** mixer, construction, high viscosity mixture, z-shaped working blade, mixing process

### Введение

Комбикормовая промышленность является одной из старейших отраслей промышленности России, которая в последнее десятилетие интенсивно развивается. Построены и строятся новые заводы, перевооружаются действующие. В настоящее время в отрасли интенсивно идет работа по разработке и внедрению различных высокоэффективных машин и аппаратов, которые должны способствовать снижению удельных энергозатрат при создании энерго- и ресурсосберегающих технологий.

На фоне несбалансированного кормления и дефицита ряда веществ у крупного рогатого скота существует риск снижения репродуктивной

функции, резко снижается количество и качество молока. Как правило, это влечет за собой дополнительные расходы на ветеринарную помощь. В таких условиях необходимы кормовые добавки в виде брикетов-лизунцов, компенсирующие недостаток в микро- и макроэлементах, витаминах и многих других веществах. Минеральная составляющая корма в виде неорганических солей, традиционно используемая в составе брикетов-лизунцов, вызывает затруднения при смешивании всех ингредиентов многокомпонентной смеси.

Процесс смешивания компонентов относится к наиболее энергоемкому, положительно влияющему на качество готовой продукции и сроки хранения. Несовершенство смесительной

Для цитирования

Лыткина Л.И., Шевцов А.А., Переверзева С.А. Смеситель с z-образной рабочей лопастью для высоковязких компонентов // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 4. С. 15–18. doi:10.20914/2310-1202-2017-4-15-18

For citation

Lytkina L.I., Shevtsov A.A., Pereverzeva S.A. The mixer with z-shaped working blades for high viscosity components. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 4. pp. 15–18. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-4-15-18

техники снижает качество выпускаемой продукции, обеспечивающей необходимые привесы животных и профилактику заболеваний, создает дополнительные затруднения при смешивании высоковязких компонентов.

### Основная часть

Разработана конструкция смесителя с Z-образным рабочим органом для смешивания сыпучих и жидких компонентов, различных по физико-механическим свойствам, при производстве кормовой добавки в виде лизунцов.

Смеситель (рисунок 1) содержит корпус с загрузочными патрубками и форсунками, имеет три последовательно расположенных камеры. Внутри корпуса расположены быстроходный и тихоходный валы, причем быстроходный вал

расположен внутри тихоходного вала и проходит через три камеры.

В первой камере установлен быстроходный вал с расположенными в начале двумя очищающими лопастями, а затем – z-образной лопастью. Очищающие лопасти на быстроходном валу и опора между первой и второй камерами корпуса смесителя имеют профиль, соответствующий профилю z-образной лопасти. В верхней части первой камеры расположены форсунки для подачи жидких и вязких компонентов.

Через вторую и третью камеры проходит тихоходный вал, который приводится во вращение от быстроходного вала с помощью планетарной зубчатой передачи, расположенной в опоре между первой и второй камерами корпуса смесителя.

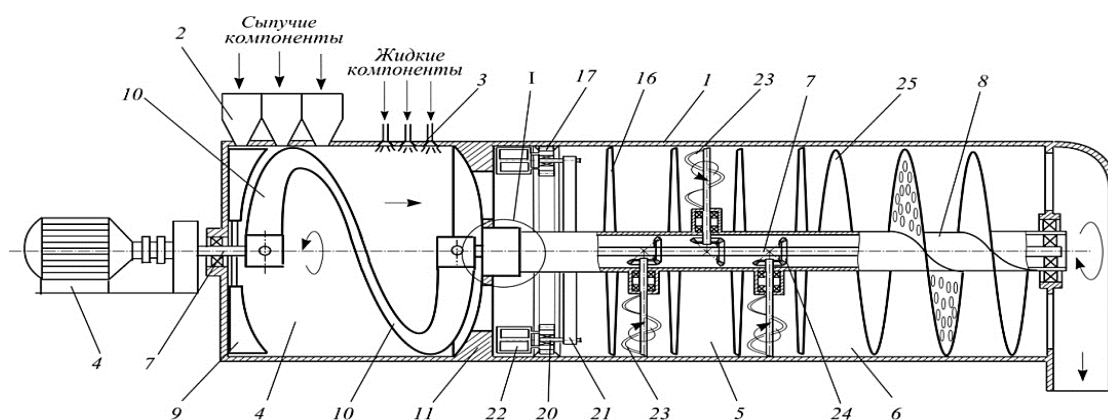


Рисунок 1. Смеситель с Z-образным рабочим органом. Общий вид. 1 – корпус; 2 – загрузочные патрубки; 3 – форсунки; 4–6 – камеры; 7, 8 – быстроходный и тихоходный валы; 9 – очищающие лопасти; 10 – z-образные лопасти; 11 – опора; 16 – конусообразные лопасти; 20 – ось; 21 – стойка; 22 – рамные мешалки; 23 – спирали; 24 – конические зубчатые колеса; 25 – шнек

Figure 1. The mixer with Z-shaped working element. General form. 1 – housing; 2 – loading nozzles; 3 – injectors; 4–6 cameras; 7, 8 – high-speed and low-speed shafts; 9 – cleaning blades; 10 – z-shaped blades; 11 – support; 16 – conical blades; 20 – an axis; 21 – stand; 22 – frame mixers; 23 – spirals; 24 – bevel gears; 25 – auger

Планетарная зубчатая передача состоит из ведущего центрального зубчатого колеса, жестко закрепленного на быстроходном валу неподвижного центрального колеса, жестко закрепленного на внутреннем диаметре (внутри) опоры, ведомых водил и трех сателлитов, вращающихся вместе с водилами вокруг центральной оси валов. Ведомые водила жестко крепятся к тихоходному валу.

Данная планетарная передача обеспечивает противоположное направление вращения водил и центрального колеса, на котором жестко крепится вал, так как передаточное отношение  $i$  имеет отрицательное значение  $i = -(z_3 / z_1)$ , где  $z_1$  и  $z_3$  – соответственно числа зубьев зубчатых колес.

Во второй камере тихоходный вал снабжен конусообразными лопастями. Внутренняя цилиндрическая поверхность второй камеры корпуса смесителя снабжена зубчатым венцом, взаимодействующим с зубчатым колесом, подшипник качения

которого насажен на ось, причем ось закреплена на стойке, которая приварена к тихоходному валу, а к торцевой части зубчатого колеса жестко закреплена рамная мешалка. На тихоходном валу во второй камере между конусообразными лопастями в плоскости, перпендикулярной оси вала, установлены ленточные спирали, приводимые во вращение с помощью конических зубчатых колес от быстроходного вала. Они вращаются с большой круговой частотой и предназначены для турбулизации многофазной смеси, содержащей компоненты с разной дисперсностью частиц.

На находящемся в третьей камере тихоходном валу жестко закреплен однозаходный шнек с переменным шагом витков.

Конфигурация и форма лопастей выбрана с учетом состояния перемешиваемой массы, ее объема, толщины слоя, производительности, соотношения смешиваемых компонентов, степени однородности, способа загрузки компонентов и выгрузки смеси и требований технологии.

Предлагаемый смеситель работает следующим образом.

Исходные сыпучие компоненты загружаются в смеситель через загрузочные патрубки. Включается регулируемый привод, валы приводятся во вращение. При этом тихоходный вал приводится во вращение от быстроходного вала с помощью планетарной зубчатой передачи, расположенной в опоре между первой и второй камерами корпуса. Вращающийся быстроходный вал жестко закрепленным ведущим центральным зубчатым колесом приводит во вращение три сателлита, которые в свою очередь через водила приводят во вращение вал.

Быстроходный вал посредством z-образной лопасти захватывает и начинает перемещать сыпучие компоненты получаемой смеси. Одновременно из форсунок, находящихся в верхней части первой камеры, подаются жидкие и вязкие компоненты. Две очищающие лопасти при вращении очищают внутреннюю поверхность торцевой стенки камеры смесителя от налипших частиц перемешиваемых компонентов.

Затем смесь компонентов последовательно перемещается во вторую камеру смесителя, в которой захватывается вращающимися конусообразными лопастями, расположенными на тихоходном валу, вращающихся посредством планетарной передачи в противоположном направлении.

Рамные мешалки во второй камере, совершающие вращение вокруг собственной оси при движении по внутренней поверхности камеры посредством взаимодействия венца и зубчатого колеса, осуществляют вытеснение смешиваемых высоковязких компонентов из застойных зон смесителя между камерами.

Одновременно с помощью конических зубчатых колес от быстроходного вала приводятся во вращение ленточные спирали, которые обеспечивают радиальное (в плоскости, перпендикулярной оси вала) перемещение смеси от оси вращения к внутренней поверхности корпуса.

Рабочими органами (конусообразными лопастями и ленточными спиралями) создаются три вида движения смеси в смесителе: тангенциальное, радиальное и осевое течения. При тангенциальном течении смесь в смесителе

движется преимущественно по концентрическим окружностям, параллельным плоскости вращения рабочих органов. Перемешивание происходит за счет вихрей, возникающих на их кромках. Качество перемешивания будет наихудшим, когда скорость вращения смеси равна скорости вращения рабочих органов. Радиальное течение характеризуется направленным движением смеси от оси вращения к стенкам смесителя перпендикулярно оси вращения валов. Осевое течение компонентов смеси направлено параллельно оси вращения валов. В предлагаемом смесителе имеют место различные сочетания этих основных типов течения.

Возможно регулирование интенсивности перемещения материала в смесителе при изменении угла поворота конусообразных лопастей в плоскости, перпендикулярной оси вала, и частоты вращения валов.

### **Заключение**

Применение предложенной конструкции смесителя с тремя камерами смешивания, а также оригинальной конструкции вращающихся рабочих органов (лопастей, ленточных спиралей, конусообразных лопастей, однозаходного шнека с переменным шагом витков) позволит повысить однородность высоковязкой многокомпонентной смеси и тем самым улучшить качество конечной продукции.

Смеситель позволяет оптимизировать процесс смешивания исходного сырья, различного по своему гранулометрическому составу и физико-механическим свойствам, за счет рационального характера движения в каждой рабочей камере в зависимости от функционального назначения продукта. За счет рационального характера движения смеси в каждой из трех рабочих камер происходит снижение удельных энергозатрат при достижении наилучшей однородности высоковязкой смеси компонентов. Кроме этого, расширяется область применения смесителя за счет достигнутой универсализации механизма перемешивания с учетом особенностей структурно-механических свойств исходных компонентов, сокращается продолжительность технологического цикла получения готовой смеси.

3 Алферов А.С. Экспериментальные исследования процесса смешивания сухих и жидких компонентов комбикормов // Вестник Алтайского государственного университета. 2012. № 10 (96). С. 115–118.

4 Шаймерденова Д.А. Влияние факторов на формирование технологического потенциала зерна мягкой пшеницы // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. С. 205–208. doi:10.20914/2310-1202-2017-1-205-208

5 Jared R. Froetschner. Mixing: Simple process that hides its complexity (Part 2) // FeedTech. 2007. V. 11. № 3. P. 13–15.

6 Andersen R.A. Algal culturing techniques. Burlington: Academic Press, 2005. 570 p.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1 Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Стратегия инновационного развития кормопроизводства // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 1. С. 16–18.

2 Шенцова Е.С., Лыткина Л.И., Апалихина О.А., Муравьев А.С. Выбор рациональных параметров технологических условий процесса смешивания при получении кормовых брикетов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 3. С. 61–67.

7 Полезная модель 171698 (Российская Федерация), МПК 51 В01 F7/02 (2006.01), В01 F7/08 (2006.01). Смеситель / Апалихина О.А., Переверзева С.А., Сазонова С.И., Шевцов А.А., Лыткина Л.И.; заявл. 11.11.2016, № 2016144385, опубл. 13.06.2017 г., Бюл. № 17.

8 Лыткина Л.И., Шевцов А.А., Шенцова Е.С., Апалихина О.А. Вероятностная модель процесса смешивания ингредиентов комбикормов в смесителе-реакторе непрерывного действия // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2. С. 16–21. doi:10.20914/2310-1202-2016-2-16-21

9 Дерканосова А.А., Коротаева А.А. Особенности российского рынка комбикормов и перспективы его развития // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 3 (4). С. 107а-107б.

10 Bessonov I.V., Kopitsyna M.N. New prepreps based on unsaturated polyester resins modified with polysiloxane oligomers // International Polymer Science and Technology. 2016. V. 43. №. 6. С. T49.

11 Kochetov V.I. et al. Strength and stiffness analysis of Z-shape bladed shaft of a dual-shaft mixer // Chemical and Petroleum Engineering. 2013. V. 48. №. 11-12. С. 715-722.

12 Utracki L.A. et al. Compounding polymer blends // Polymer blends handbook. 2014. P. 919-1028.

#### REFERENCES

1 Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. The Strategy of Innovative Development of Forage Production. *Vestnik Rossiiskoi Akademii Nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences] 2012. no. 1. pp. 16–18. (in Russian)

2 Shentsova E.S., Lytkina L.I., Apalikhin O.A., Muraviev A.S. Selection of rational parameters of technological conditions of the mixing process in the production of feed briquettes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2016. no. 3. pp. 61–67. (in Russian)

3 Alferov A.S. Experimental studies of the process of mixing dry and liquid components of mixed fod-

der. *Vestnik AltGU* [Proceedings of Altai State University] 2012. no. 10 (96). pp. 115–118. (in Russian)

4 Shaimerdenova D.A. Influence factors on the formation of technological capabilities of grain soft wheat. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2017. vol. 79. no. 1. pp. 205–208. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-1-205-208

5 Jared R. Froetschner. Mixing: Simple process that hides its complexity (Part 2). *FeedTech*. 2007. vol. 11. no. 3. pp. 13–15.

6 Andersen R.A. *Algal culturing techniques*. Burlington: Academic Press, 2005. 570 p..

7 Utility model 171698 (Russian Federation), IPC 51 В01 F7 / 02 (2006.01), В01 F7 / 08 (2006.01). *Smesitel' [Mixel]* Apalikhina O.A., Pereverzeva S.A., Sazonova S.I., Shevtsov A.A., Lytkina L.I. Appl. 11/11/2016, No. 2016144385, Publ. 06/13/2017, Bul. no. 17. (in Russian)

8 Lytkina L.I., Shevtsov A.A., Shentsova E.S., Apalikhina O.A. The probabilistic model of the process mixing of animal feed ingredients into a continuous mixer-reactor. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 2. pp. 16–21. doi:10.20914/2310-1202-2016-2-16-21. (in Russian)

9 Derkanosova A.A., Korotaeva A.A. Features of the Russian mixed-fodder market and prospects for its development. *Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestva* [Economics. Innovations. Quality control] 2013. no. 3 (4). 107a-107b. (in Russian)

10 Bessonov I.V., Kopitsyna M.N. New prepreps based on unsaturated polyester resins modified with polysiloxane oligomers. *International Polymer Science and Technology*. 2016. vol. 43. no. 6. pp. T49.

11 Kochetov V.I. et al. Strength and stiffness analysis of Z-shape bladed shaft of a dual-shaft mixer. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2013. vol. 48. no. 11-12. pp. 715-722.

12 Utracki L.A. et al. Compounding polymer blends. *Polymer blends handbook*. 2014. pp. 919-1028

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Лариса И. Лыткина** д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, larissaig2410@rambler.ru

**Александр А. Шевцов** д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, shevalol@rambler.ru

**Софья А. Переверзева** студент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, sofya.pereverzeva.96@mail.ru

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Лариса И. Лыткина** предложила методику проведения эксперимента, провела обобщение, написала рукопись, консультация в ходе исследования

**Александр А. Шевцов** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, консультация в ходе исследования

**Софья А. Переверзева** первичная обработка данных, проведение расчетов

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 26.09.2017

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 23.11.2017

**Larisa I. Lytkina** Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, larissaig2410@rambler.ru

**Aleksandr A. Shevtsov** Dr. Sci. (Engin), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, shevalol@rambler.ru

**Sofiya A. Pereverzeva** student, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sofya.pereverzeva.96@mail.ru

#### CONTRIBUTION

**Larisa I. Lytkina** proposed a scheme of the experiment, spent generalization, wrote the manuscript, consultation during the study

**Aleksandr A. Shevtsov** review of the literature on an investigated problem, consultation during the study

**Sofiya A. Pereverzeva** primary data processing, carrying out calculations

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 9.26.2017

ACCEPTED 11.23.2017