

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.171

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-3-32-36

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ СМЕСИТЕЛЯ БЕЛКОВО-МИНЕРАЛЬНО-ВИТАМИННЫХ ДОБАВОК****АВАКИМЯНЦ ЕВГЕНИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ**<sup>✉</sup>, младший научный сотрудникavakimyants@gmail.com<sup>✉</sup>**ГОРДЕЕВ ВЛАДИСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

cow-sznii@yandex.ru

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, 3

**Аннотация.** Для эффективного применения белково-минерально-витаминных добавок в рационах молочных коров разработана конструктивная схема смесителя для их предварительного смешивания перед добавлением в основной процесс смешивания. На основании структурно-морфологического анализа рассмотрены альтернативные структурные элементы конструкции смесителя с присвоением им условных обозначений. Составлена морфологическая матрица решений, представляющая собой пространство альтернатив. Выбор привода смесителя осуществлялся на основании обеспечения быстроходности, возможности изменения частоты вращения, простоты эксплуатации и стоимости. В конструктивной схеме применен электромеханический привод в сочетании с клиноременной передачей. Такое решение отвечает всем заявленным требованиям и позволяет предохранить привод от возможных перегрузок. Рабочий орган выбирался исходя из необходимости воздействия на материал во всем объеме камеры и исключения застойных зон. Наиболее эффективным для быстроходного смешивания сыпучих материалов является применение лопастной мешалки с шестью лопастями, меняющими положение. В разрабатываемом смесителе кормовых добавок предлагается реализовать смешивание при непрерывно изменяющейся частоте вращения мешалок в диапазоне 500...1500 мин<sup>-1</sup>. Это позволит использовать преимущества смешивания на высоких оборотах при снижении влияния негативных факторов на конечное качество смеси. Полученная матрица решений позволит определить наиболее перспективные направления при дальнейшей разработке конструкции, что дает возможность повысить качество разрабатываемого технического средства.

**Ключевые слова:** смеситель, кормосмесь, кормовая добавка, смешивание, кормление, структурно-морфологический анализ.

**Формат цитирования:** Авакимянц Е.В., Гордеев В.В. Разработка конструктивной схемы смесителя белково-минерально-витаминных добавок // Агроинженерия. 2021. № 3 (103). С. 32-36. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-3-32-36.

© Авакимянц Е.В., Гордеев В.В., 2021



## ORIGINAL PAPER

**DESIGNING A MIXER OF PROTEIN, MINERAL AND VITAMIN ADDITIVES****EVGENIY V. AVAKIMYANTS**<sup>✉</sup>, Junior Research Engineeravakimyants@gmail.com<sup>✉</sup>**VLADISLAV V. GORDEEV**, PhD (Eng), Key Research Engineer

cow-sznii@yandex.ru

Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – Branch of FSAC VIM, Saint Petersburg, Russia

**Abstract.** To ensure the effective use of protein-mineral-vitamin supplements in the diets of dairy cows, a mixer design has been developed for their preliminary mixing before adding to the main mixing process. Based on the structural-morphological analysis, alternative structural elements of the mixer design have been considered and conventional symbols were assigned to them. A morphological matrix of solutions has been compiled to offer a set of alternative options. The mixer drive was chosen by the ability to ensure high speed, rotational speed control, user-friendly operation and cost. The design uses an electromechanical drive combined with a V-belt drive. This solution meets all the specified requirements and allows protecting the drive from possible overloads. The working tool was chosen based on the requirement to contact the material actively throughout the chamber volume and to avoid the formation of stagnant zones. A blade mixer with variable blade positioning was found the most effective tool for the high-speed mixing of bulk materials. The designed mixer will be operating at a continuously varying speed in the range from 500 to 1500 min<sup>-1</sup>. This will offer the advantages of high-speed mixing while reducing the influence of negative factors on the final mixture quality. The resulting decision matrix will allow determining the most promising areas for further designing, which makes it possible to improve the quality of the developed technical means.

**Key words:** mixer, feed additive, mixing, feed mix, feeding, structural and morphological analysis.

**For citation:** Avakimyants E.V., Gordeev V.V. Designing a mixer of protein, mineral and vitamin additives. Agricultural Engineering, 2021; 3 (103): 32-36. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2021-3-32-36.

**Введение.** Увеличение производства молока является одной из важнейших задач развития сельского хозяйства. Решение этой задачи невозможно без обеспечения полноценного сбалансированного кормления КРС. Наиболее перспективным направлением для КРС сегодня является система кормления полнорационными кормовыми смесями. Фактор кормления и сбалансированность рационов белково-минерально-витаминными добавками (БМВД) обеспечивают реализацию продуктивности КРС на 60...70% [1, 2]. Большой спектр производимых добавок позволяет специалистам составлять оптимальные рационы в зависимости от условий содержания, продуктивности и прочих факторов. В качестве примера следует привести исследования с применением БМВД, направленные на повышение молочной продуктивности, сглаживание последствий теплового стресса, снижение выбросов метана у коров [3-5].

БМВД являются высококонцентрированными препаратами, их суммарная доля в рационе молочных коров составляет около 1,5%. В то же время доля отдельных добавок может составлять 0,02%. Для эффективного применения

БМВД необходимо выделить предварительное смешивание добавок, представленных в малых долях, в отдельную операцию с дальнейшим внесением в основной процесс смешивания [6]. В связи с этим разработка и внедрение смесителя БМВД являются сегодня одними из актуальных задач.

**Цель исследований:** разработка конструктивной схемы смесителя для БМВД.

**Материалы и методы.** При разработке конструктивной схемы смесителя использовали метод структурно-морфологического анализа, который позволяет качественно рассмотреть большое количество альтернативных технических решений [8].

В рамках метода составлена таблица 1, в которой отражены альтернативные структурные элементы для компоновки конструкции смесителя с присвоением им условных обозначений [7].

С помощью условных обозначений предложена морфологическая матрица решений, представляющая собой пространство альтернатив (табл. 2). Анализ матрицы позволяет сделать выводы о перспективности отдельных решений.

Таблица 1

## Альтернативные структурные элементы

Table 1

## Alternative structural elements

	Привод <i>Drive</i>		Рабочий орган <i>Working tool</i>		Положение рабочего органа <i>Working tool position</i>
a1	Гидравлический <i>Hydraulic</i>	б1	Барабан <i>Drum</i>	в1	Горизонтальный <i>Horizontal</i>
a2	Пневматический <i>Pneumatic</i>	б2	Шнек <i>Screw</i>	в2	Вертикальный <i>Vertical</i>
a3	Электромеханический <i>Electromechanical</i>	б3	Лопастная мешалка <i>Blade mixer</i>	в3	Наклонный <i>Inclined</i>
a4	Комбинированный <i>Combined</i>	б4	Комбинированный <i>Combined</i>	в4	С изменяемым положением <i>Variable positioning</i>

Таблица 2

## Морфологическая матрица решений

Table 2

## Morphological decision matrix

	б1				б2				б3				б4			
	в1	в2	в3	в4												
a1																
	б1	б1	б1	б1	б2	б2	б2	б2	б3	б3	б3	б3	б4	б4	б4	б4
	в1	в2	в3	в4												
a2																
	б1	б1	б1	б1	б2	б2	б2	б2	б3	б3	б3	б3	б4	б4	б4	б4
	в1	в2	в3	в4												
a3																
	б1	б1	б1	б1	б2	б2	б2	б2	б3	б3	б3	б3	б4	б4	б4	б4
	в1	в2	в3	в4												
a4																
	б1	б1	б1	б1	б2	б2	б2	б2	б3	б3	б3	б3	б4	б4	б4	б4
	в1	в2	в3	в4												

**Результаты и обсуждение.** При выборе привода смесителя необходимо руководствоваться требованиями обеспечения быстроходности, возможности изменения частоты вращения, простоты эксплуатации и стоимости. Гидравлический и пневматический приводы имеют ряд недостатков: высокая стоимость, сложность эксплуатации, необходимость наличия пневмо- и гидростанций. Решение о применении комбинированного привода, например, пневмогидравлического или электрогидравлического, также не оправдывает себя ввиду высокой стоимости и сложности конструкции. Наиболее перспективным решением является применение электро-механического привода в сочетании с клиноременной передачей. Такое решение отвечает всем заявленным требованиям и позволяет предохранить привод от возможных перегрузок<sup>1</sup>.

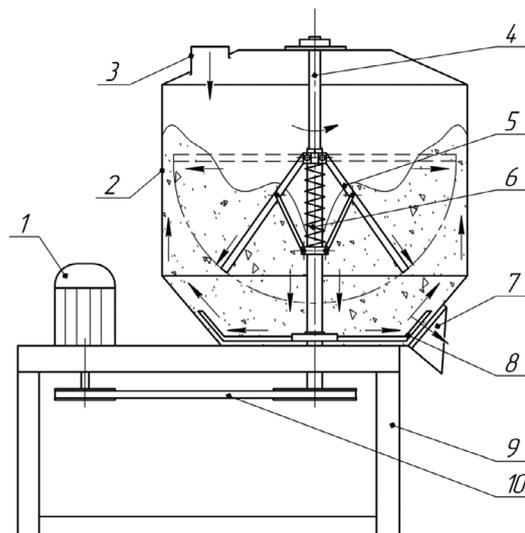
Рабочий орган смесителя должен обеспечивать перемешивание материала во всем объеме камеры. При этом не допускается образование зон сегрегации. Наиболее перспективным для быстроходного смешивания сыпучих мелкодисперсных материалов является применение лопастной мешалки [9]. Количество лопастей мешалок принимается как  $N = 6$ . Дальнейшее увеличение числа лопастей может способствовать залипанию материала между ними по причине малых габаритных размеров ёмкости смесителя. Уменьшение количества мешалок ведет к росту энергоёмкости процесса смешивания вследствие увеличения длительности смешивания [9, 10].

Положение рабочего органа должно исключать образование застойных зон, ввиду чего наиболее перспективным является применение мешалки с изменяемым положением лопастей в зависимости от частоты вращения. Увеличение частоты вращения до  $1500 \text{ мин}^{-1}$  положительно сказывается на времени смешивания и однородности получаемой смеси. При этом наблюдаются перегрев и измельчение компонентов смеси, что ведет к потерям материала в ходе пыления и утрате добавками полезных свойств [10]. В разрабатываемом смесителе БМВД предлагается реализовать смешивание при непрерывно изменяющейся частоте вращения мешалок в пределах  $500 \dots 1500 \text{ мин}^{-1}$ . Это позволит использовать преимущества смешивания на высоких оборотах при снижении влияния негативных факторов на конечное качество смеси [9]. В результате структурно-морфологического анализа определена наиболее рациональная компоновка конструкции смесителя с условным обозначением: а3-б3-в4.

Конструктивная схема смесителя представлена на рисунке. При повышении частоты вращения под действием центробежных сил мешалка *б* перемещается в верхнее положение. При понижении частоты вращения мешалка перемещается в нижнее положение под воздействием усилия пружины. Схема движения материала в процессе смешивания указана стрелками. Углы наклона рабочих поверхностей и углы установки мешалок определены на основе изучения физико-механических свойств БМВД [11].

В ходе работы устройства смешиваемый материал захватывается из нижней части и направляется вверх вдоль стенок корпуса. На это движение непрерывно воздействует встречный поток материала, создаваемый лопастями с изменяемым положением, который интенсифицирует движение частиц, обеспечивая смешивание в кипящем слое, что исключает образование застойных зон и зон сегрегации, разрушает сводообразование.

Возможность практического применения результатов работы обуславливается актуальностью решаемой задачи и востребованностью разработки на рынке оборудования для молочно-товарных ферм.



**Рис. Смеситель БМВД:**

- 1 – электродвигатель; 2 – корпус;
- 3 – загрузочный патрубкок; 4 – вал;
- 5 – мешалка с изменяемым положением лопастей;
- 6 – пружина; 7 – окно выгрузки; 8 – мешалка;
- 9 – рама; 10 – клиноременная передача

**Fig. Mixer of protein, mineral and vitamin additives:**

- 1 – electric motor; 2 – mixer body;
- 3 – loading spout; 4 – shaft;
- 5 – mixer with variable blade positioning;
- 6 – spring; 7 – unloading window; 8 – mixer;
- 9 – frame; 10 – V-belt drive

## Выводы

При рассмотрении альтернативных структурных элементов смесителя БМВД, на основе морфологического анализа определена наиболее рациональная компоновка конструкции, включающая в себя электро-механический привод в сочетании с клиноременной передачей, лопастную мешалку с шестью лопастями, меняющими положение. Изменение положения лопастей мешалки достигается за счет изменения частоты вращения в пределах  $500 \dots 1500 \text{ мин}^{-1}$ . При дальнейшем проектировании конструкции смесителя полученная матрица решений позволит определить как наиболее эффективные, так и ошибочные направления, что дает возможность повысить качество разрабатываемого технического средства.

<sup>1</sup> Петухов С.В., Кришьянис М.В. Электропривод: Учебное пособие. Архангельск: С(А)ФУ, 2015. 303 с.

## Библиографический список

1. Erickson P.S., Kalscheur K.F. Nutrition and feeding of dairy cattle. *Animal Agriculture: Academic Press*. 2020: 157-180. DOI: 10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4.
2. Волгин В.И. Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности: Монография / В.И. Волгин, Л.В. Романенко, П.Н. Прохоренко и др. М.: РАН, 2018. 260 с.
3. Elcoso G., Zweifel B., Bach A. Effects of a blend of essential oils on milk yield and feed efficiency of lactating dairy cows. *Applied Animal Science*. 2019; 35: 304-311. DOI: 10.15232/aas.2018-01825.
4. Zimbelman R.B., Collier R.J., Bilby T.R. Effects of utilizing rumen protected niacin on core body temperature as well as milk production and composition in lactating dairy cows during heat stress. *Animal Feed Science and Technology*. 2013 Mar 15; 180 (1-4):26-33. URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.01.005>.
5. Roque B.M., Salwen J.K., Kinley R. et al. Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production*, 2019; 234: 132-138. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.193>.
6. Авакимянц Е.В., Гордеев В.В. Анализ технологических линий приготовления кормосмесей и возможность их совершенствования // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2020. № 2 (103). С. 98-108. DOI: 10.24411/0131-5226-2020-10246.
7. Касимов Н.Г., Константинов В.И., Шакиров Р.Р. и др. Разработка функционально-морфологической модели машины для посадки рассады капусты // Вестник НГИЭИ. 2019. № 8 (99). С. 5-17.
8. Раков Д.Л., Синёв А.В. Структурный анализ новых технических систем на базе морфологического подхода в условиях неопределенности // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2014. № 3. С. 60-66.
9. Чупшев А.В., Коновалов В.В., Гусев С.В. Экспериментальные исследования смесителя кормов // Нива Поволжья. 2008. № 2 (7). С. 69-75.
10. Чупшев А.В., Коновалов В.В., Терюшков В.П. Влияние диаметра лопастей и их числа на неравномерность смеси и энергоёмкость смешивания // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2008. № 2 (27). С. 132-133.
11. Авакимянц Е.В., Гордеев В.В. Физико-механические свойства кормовых добавок для КРС // АгроЭкоИнженерия. 2020. № 3. С. 100-108. DOI: 10.24411/0131-5226-2020-10259.

## References

1. Erickson P.S., Kalscheur, K.F. Nutrition and feeding of dairy cattle. *Animal Agriculture*, 2020: 157-180 (In Rus.) DOI: 10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4.
2. Volgin V.I., Romanenko L.V., Prokhorenko P.N. et al. Polnotsennoe kormlenie molochnogo skota – osnova realizatsii geneticheskogo potentsiala produktivnosti. Monografiya [Adequate feeding of dairy cattle is the basis for actualizing the genetic potential of productivity. Monograph]. Moscow, Russian Academy of Sciences, 2018: 260. (In Rus.)
3. Elcoso G., Zweifel B., Bach A. Effects of a blend of essential oils on milk yield and feed efficiency of lactating dairy cows. *Applied Animal Science*. 2019; 35: 304-311. DOI: 10.15232/aas.2018-01825.
4. Zimbelman R.B., Collier R.J., Bilby T.R. Effects of utilizing rumen protected niacin on core body temperature as well as milk production and composition in lactating dairy cows during heat stress. *Animal Feed Science and Technology*. 2013 Mar 15; 180(1-4):26-33. URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.01.005>.
5. Roque B.M., Salwen J.K., Kinley R. et al. Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production*, 2019; 234: 132-138. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.193>.
6. Avakimyants E.V., Gordeev V.V. Analiz tekhnologicheskikh liniy prigotovleniya kormosmesey i vozmozhnost' ikh sovershenstvovaniya [Survey of technological lines for feed mix preparation and their upgradability]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rastenievodstva i zhivotnovodstva*, 2020. 2(103): 98-108 (In Rus.). DOI: 10.24411/0131-5226-2020-10246. (In Rus.)
7. Kasimov N.G., Konstantinov V.I., Shakirov R.R. et al. Razrabotka funktsional'no-morfologicheskoy modeli mashiny dlya posadki rassady kapusty [Development of functional and morphological model of a machine for planting cabbage seedlings]. *Vestnik NGIEI*. 2019; 8 (99): 5-17. (In Rus.)
8. Rakov D.L., Sinyev A.V., Strukturniy analiz novykh tekhnicheskikh sistem na baze morfologicheskogo podkhoda v usloviyakh neopredelennosti [Structural analysis of new technical systems based on the morphological approach under conditions of uncertainty]. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii*, 2014; 3: 60-66. (In Rus.)
9. Chupshev A.V., Konovalov V.V., Gusev S.V. Eksperimental'nye issledovaniya smesitelya kormov [Experimental studies of a feed mixer]. *Niva Povolzh'ya*, 2008; 2(7): 69-75. (In Rus.)
10. Chupshev A.V., Konovalov V.V., Teryushkov V.P. Vliyanie diametra i kolichestva lopastey meshalki smesitelya na neravnomernost' i energoemkost' processa [Influence of blade diameter and the number of blades on mixture unevenness and mixing power consumption]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2008; 2: 132-133. (In Rus.)
11. Avakimyants E.V., Gordeev V.V. Fiziko-mekhanicheskie svoystva kormovykh dobavok dlya KRS [Physical and mechanical properties of feed additives for cattle]. *AgroEkoIngenierya*. 2020; 1: 100-108. (In Rus.) DOI: 10.24411/0131-5226-2020-10259

**Критерии авторства**

Авакимянц Е.В., Гордеев В.В. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и подготовили рукопись. Авакимянц Е.В., Гордеев В.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 29.01.2021

Одобрена после рецензирования 30.03.2021

Принята к публикации 05.04.2021

**Contribution**

E.V. Avakimyants, V.V. Gordeev performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. E.V. Avakimyants, V.V. Gordeev have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

**Conflict of interests**

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 29.01.2021

Approved after reviewing 30.03.2021

Accepted for publication 05.04.2021

**ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ**

УДК 631.363:636.086.5

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-3-36-42

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ УФ-ОБРАБОТКИ И РЕЖИМОВ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ ПРОРАЩИВАНИИ ЛЮПИНА НА ВИТАМИННЫЙ КОРМ**

**СТРАХОВ ВЛАДИМИР ЮРЬЕВИЧ** ✉

strakhov.94@list.ru ✉

**ВЕНДИН СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**, д-р техн. наук, профессор

elapk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0482-6657>

**САЕНКО ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**, д-р техн. наук, доцент

yuriy311300@mail.ru

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина; 308503, Российская Федерация, Белгородская обл., Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1

**Аннотация.** Одним из направлений повышения питательной ценности кормов является использование биологически активной добавки на основе пророщенного зерна. Достоверно установлено положительное использование пророщенного зерна пшеницы и ячменя. В то же время возможности использования пророщенного зерна люпина рассматриваются значительно реже. Описана методика и представлены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния предпосевной УФ-обработки и режимов искусственного освещения при проращивании люпина на витаминный корм. В качестве варьируемых факторов выбиралось время УФ-обработки с целью обеззараживания перед проращиванием и время освещения зерна фитолампой при проращивании, а в качестве функции отклика была выбрана длина ростков. Диапазон освещения семян составил от 4 до 10 ч, время облучения УФ – от 60 до 300 с. Период проращивания составил 5 суток. В качестве контроля выступали образцы, освещаемые естественным светом. По экспериментальным данным, получено регрессионное уравнение, описывающее влияние УФ-обеззараживания и времени освещения во время роста на длину ростков, а также построены графические зависимости изменения функции отклика в интервалах варьирования воздействующих факторов. Экспериментальными данными установлено, что увеличение времени УФ-обеззараживания семян положительно сказывается на длине ростков. Выявлено, что на пятые сутки проращивания наибольшая длина ростков (25 мм при 11 мм в контрольных образцах) получена при предварительном УФ-обеззараживании прорастающих семян в течение 300 с и 4-часовом искусственном освещении фитолампой. Экспериментально подтверждена целесообразность применения данной методики при проращивании семян люпина на витаминный корм животным.

**Ключевые слова:** пророщенное зерно, люпин, витаминный корм, УФ-обеззараживание, искусственное освещение, доза, длина ростков.

**Формат цитирования:** Страхов В.Ю., Вендин С.В., Саенко Ю.В. Результаты исследований по оценке влияния предпосевной УФ-обработки и режимов искусственного освещения при проращивании люпина на витаминный корм // Агроинженерия. 2021. № 3 (103). С. 36-42. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-3-36-42.

© Страхов В.Ю., Вендин С.В., Саенко Ю.В., 2021

