

*the seedbed for covering seeds. Specifically, the width of the sowing strip narrows, impacting the quality of fertilizers and chemicals. This, in turn, reduces crop yields. The wear of the front surface of the coulter located above the wear-resistant plate leads to overloading of the plant material and disruption of parameters of seed covering.*

**Key words:** seeder, hoe coulter, operational life, operating time, soldering.

**For citation:** Pervushin V. F., Ipatov A. G., Kostin A. V., Kasimov N. G., Salimzyanov M. Z. Manufacturing technology of Primera DMC 9000 seeder coulters and their wear resistance evaluation. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2025; 4 (84): 178-184. (In Russ.). [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2025\\_4\\_178-184](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_4_178-184).

#### Authors:

**V. F. Pervushin**✉, Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-0572-2080>;  
**A. G. Ipatov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-2637-4214>;  
**A. V. Kostin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-0589-3448>;  
**N. G. Kasimov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-9009-0836>;  
**M. Z. Salimzyanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-0877-4372>

Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069  
 pervushin54@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.09.2025; одобрена после рецензирования 22.10.2025;  
 принята к публикации 01.12.2025.

The article was submitted 01.09.2025; approved after reviewing 22.10.2025; accepted for publication 01.12.2025.

#### Научная статья

УДК 631.363.7

DOI 10.48012/1817-5457\_2025\_4\_184-191

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ КОРМОВ ДЛЯ КОРМОЦЕХОВ

**Федоров Олег Сергеевич**✉, **Широбоков Владимир Иванович**,  
**Дородов Павел Владимирович**

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

[fos1973@yandex.ru](mailto:fos1973@yandex.ru)

**Аннотация.** Для повышения эффективности животноводства необходимо в полной мере использовать собственную кормовую базу, а также производить максимальное количество ингредиентов комбинированных кормов на собственных предприятиях. Целью исследований является обоснование рациональной технологической схемы получения белково-минерально-витаминных добавок и минерально-витаминных добавок. Для определения оптимального способа организации подачи ингредиентов в смеситель в условиях лаборатории ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ проведены экспериментальные исследования, направленные на получение однородной смеси при различных способах подачи смешиваемых компонентов. В качестве ингредиентов использовались зерна ячменя и тритикале. Эквивалентный диаметр зерен ячменя составил 4,53 мм, зерен тритикале – 6,87 мм. Влажность зерна – 15...16 %, насыпная масса зерен ячменя – 600 кг/м<sup>3</sup>, насыпная масса зерен тритикале – 760 кг/м<sup>3</sup>. Результаты исследований показали, что непрерывная подача компонентов в сравнении с порционной позволяет повысить однородность смеси более чем на 5 %. Предлагаемая технологическая схема приготовления комбинированных кормов позволяет производить полнорационные комбинированные корма, используя сырье собственной кормовой базы. Расчет годовой потребности в компонентах для производства собственных белково-минерально-витаминных добавок показал, что для хозяйства на 1000 голов требуется около 600 т. Средняя себестоимость производства жмыхов в хозяйствах региона, занимающихся производством масличных культур, составляет порядка 15 руб./кг. Стоимость соевого жмыха на рынке Удмуртской

Республики на сентябрь 2025 г. колебалась на уровне 45...50 руб./кг. Следовательно, годовая экономия при производстве собственных белковых компонентов за год составляет около 21 млн руб.

**Ключевые слова:** белково-минерально-витаминные добавки, минерально-витаминные добавки, комбинированные корма, технологическая линия.

**Для цитирования:** Федоров О. С., Широбоков В. И., Дородов П. В. Технологическая схема получения комбинированных кормов для кормоцехов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 4(84). С. 184-191. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2025\\_4\\_184-191](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_4_184-191).

**Актуальность.** Комбикормовая промышленность России за последние годы показывает постоянный рост объема выпускаемой продукции. На данный момент в год выпускается около 42 млн т различных видов комбинированных кормов, а по прогнозам экспертов, в будущем этот показатель может вырасти до 45 млн т [5]. Льготное кредитование сельхозтоваропроизводителей и комбикормовых предприятий при закупке зерна, кормов и компонентов комбинированных кормов способствует в итоге росту всех показателей животноводческой отрасли.

Для повышения качества, количества, продукции молочного животноводства и снижения ее себестоимости нужно постоянно совершенствовать кормовую базу животноводства. Важно обеспечить качество кормов, определяемое содержанием всех необходимых для жизнедеятельности животного питательных веществ в заданных пропорциях. Основную долю ингредиентов комбикормов составляют концентрированные корма – 70...80 %, содержание белковой составляющей – 17...19 %, на микро- и макроэлементы приходится 0,5...1 %. Белковую составляющую в виде различных жмыхов и шротов вводят в рацион телят, начиная с 3-месячного возраста. В комбикормах-стартерах для телят (возраст 3...6 месяцев) доля только белковых ингредиентов составляет 55...60 %, в рационах кормов в период раздоя – от 15...35 % [2, 3].

Проведенный анализ технологических схем производства комбинированных кормов в хозяйствах с поголовьем 1000...1500 голов показал, что основной причиной низкой эффективности производства полнорационных комбинированных кормов собственного производства с покупными компонентами (белково-минерально-витаминных (БМВД) и минерально-витаминных добавок (МВД)) является их высокая стоимость, доходящая до 70 % от полной стоимости единицы объема кормосмеси. Кроме этого одной из причин, сдерживающих производство различных добавок, является низкий уровень механизации производства данного типа.

Нельзя забывать, что затраты сельхозтоваропроизводителей на приобретение белковой и премиксной составляющей превышают 10 % от общих затрат на приобретение кормов, поэто-

му повышение эффективности процесса получения комбинированных кормов собственного производства, соответствующих зоотехническим требованиям, является актуальной задачей.

**Цель исследований:** обоснование рациональной технологической схемы получения белково-минерально-витаминных добавок и минерально-витаминных добавок.

#### Задачи исследований:

- провести анализ технологических схем получения комбикормов собственного производства;
- исследовать рабочий процесс смешивания компонентов смеси при различных способах подачи в смеситель.

**Материал исследования.** Основной доход сельхозтоваропроизводителей Удмуртской Республики – это доходы от продажи молока. В 2025 г. средний рост закупочных цен на сырое молоко по сравнению с сентябрем 2024 г. составил около 27 % [9]. Однако этот рост незначительно повлиял на чистую прибыль хозяйств, так как одновременно с этим происходило постоянное увеличение стоимости кормов, которая занимает около 60 % [6] в структуре себестоимости конечной продукции. Постоянное увеличение стоимости ингредиентов комбинированных кормов способствует тому, что все большее количество хозяйств организует производство комбикормов в собственных кормоцехах. Также развиваются производства мини-комбикормовых заводов различной конструкции и назначения. Основные преимущества «местных» комбикормов: приготовление кормов с учетом кормовой базы хозяйства и особенностей ведения животноводческой деятельности; возможность изготовления необходимого количества комбикорма с учетом сроков годности ингредиентов, т. е. корма всегда свежие; возможность оперативного изменения рецептуры; минимизация транспортных затрат; покупка микро- и макроэлементов напрямую от производителя. А также затраты на производство собственных комбикормов примерно на 30 % ниже в сравнении с закупкой готовых кормосмесей [6].

Технологический процесс изготовления комбикорма на базе хозяйства состоит из следующих этапов:

1) измельчение и дозирование местного зернового сырья – «недорогой компонент»;

2) смешивание с покупными белковыми компонентами, минеральными веществами (микро- и макроэлементами) и премиксами – «дорогой компонент» (рис. 1). Надо отметить, что покупные компоненты, используемые в смеси, не всегда соответствуют зоотехническим требованиям, причиной тому является несоблюдение условий хранения. Существующая технологическая схема включает в себя:

а) линию хранения, измельчения, дозирования и смешивания концентрированных кормов;

б) линию хранению, дозирования и смешивания покупных компонентов комбикормов.

Если рассматривать процентное соотношение стоимости «недорогого компонента» к «дорогому» на сентябрь 2025 г. на примере среднего хозяйства Удмуртской Республики с удоем 9000 кг и расходом комбикорма в рационе в период раздоя 9 кг на 1 корову, получается следующее: зерновые компоненты составляют 38,3 %; белковые компоненты – 55,1 %; премиксная составляю-

щая – 5,1 %; минеральные компоненты – 1,4 %. Таким образом, на покупные компоненты приходится 61,7 % от полной стоимости условной единицы комбикорма.

Расчет годовой потребности в белковых компонентах для производства собственных БМВД показал, что для хозяйства на 1000 голов требуется около 600 т. Средняя себестоимость производства жмыхов в хозяйствах УР, занимающихся производством масличных культур, составляет около 15 руб./кг. Для сравнения, стоимость продажи соевого жмыха на рынке Удмуртской Республики на сентябрь 2025 г. составляет 45...50 руб./кг. Следовательно, годовая экономия при производстве собственных белковых компонентов за год составляет около 21 млн руб.

Таким образом, для повышения эффективности приготовления «местного комбикорма» решением является использование своих концентрированных кормов и организация производства БМВД и МВД в собственных кормоцехах. Кроме этого хозяйствам необходимо вводить в севооборот масличные культуры (подсолнеч-

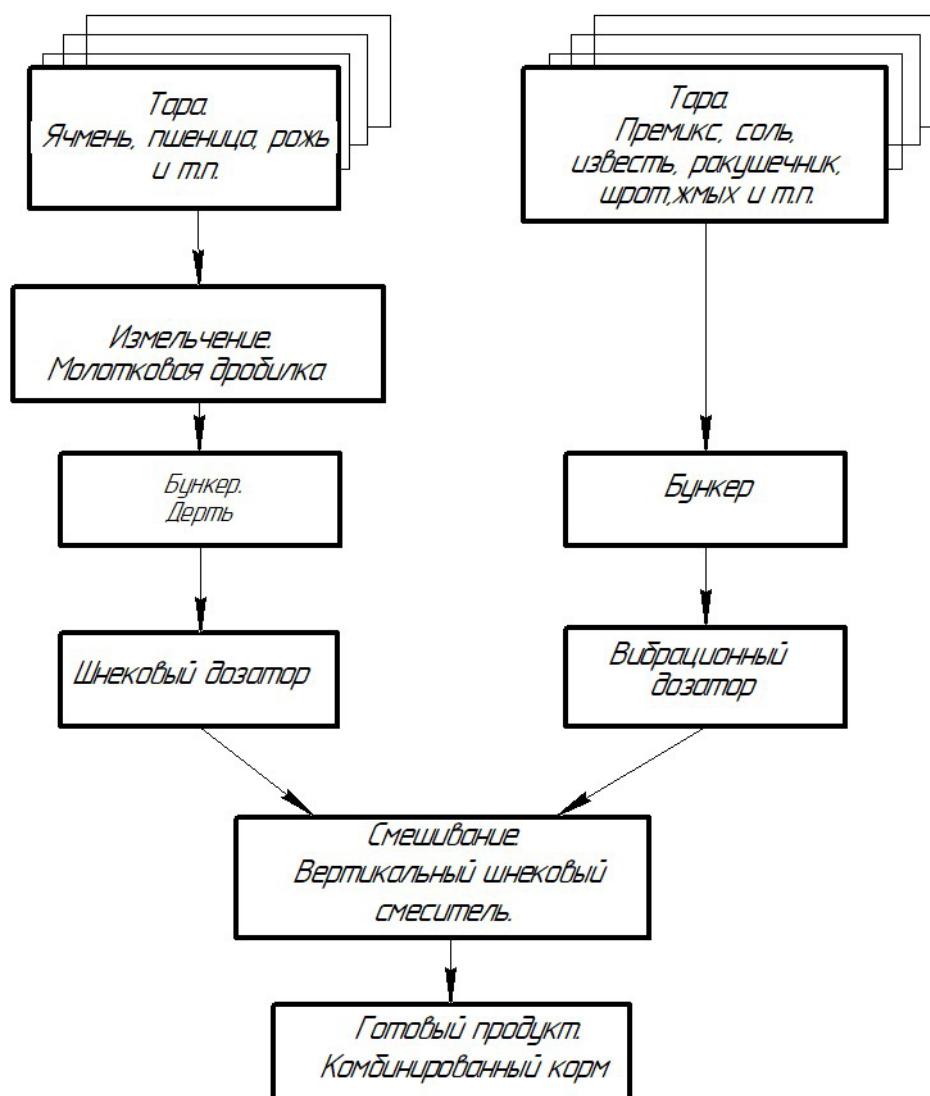


Рисунок 1 –  
Технологическая  
схема получения  
комбинированных  
кормов для кормоцехов  
при животноводческих  
фермах на 1000...1500  
голов

ник, рапс, соя, лен и т.д.) и увеличивать площа-ди под их посев. Переработка этих культур по-зволяет получить различные виды масел и цен-ные кормовые продукты этих культур, такие, как жмых и шрот.

**Результаты и обсуждение.** Технологиче-ская схема организации производства ком-бинированных кормов с белково-минерально-витаминными добавками состоит из системы машин и оборудования, предна-значенных для хранения, измельчения, дозиро-вания, смешивания и отгрузки готовой про-дукции, которая разделена на несколько специализи-рованных линий. Общая технологическая ли-ния представляет собой специализированные линии, взаимосвязанные между собой различ-ными механизмами подачи промежуточного сырья. Подача ингредиентов в зависи-мости от физико-механических свойств компонентов и требований к точности дозирования осущест-

вляется порционно или непрерывно, либо тем и другим способами.

Технологическая схема производства БМВД и МВД должна обеспечивать кратковременное хранение, подготовку до соответствия зоотехни-ческим требованиям, дозирование, транспорти-ровку и смешивание ингредиентов.

Предлагаемая схема предусматривает хране-ние, транспортирование, дозирование, смеши-вание и подготовку местного сырья или покуп-ного при несоответствии зоотехническим тре-бованиям (рис. 2).

Она включает в себя четыре линии:

а) хранение, измельчение, дозирование и сме-шивание концентрированных кормов;

б) подготовка высокобелковых компонентов, позволяющая хранить, измельчать исходное сырье до модуля помола необходимого разме-ра, дозировать и смешивать (при соответст-вии ис-ходного сырья зоотехническим тре-бованиям

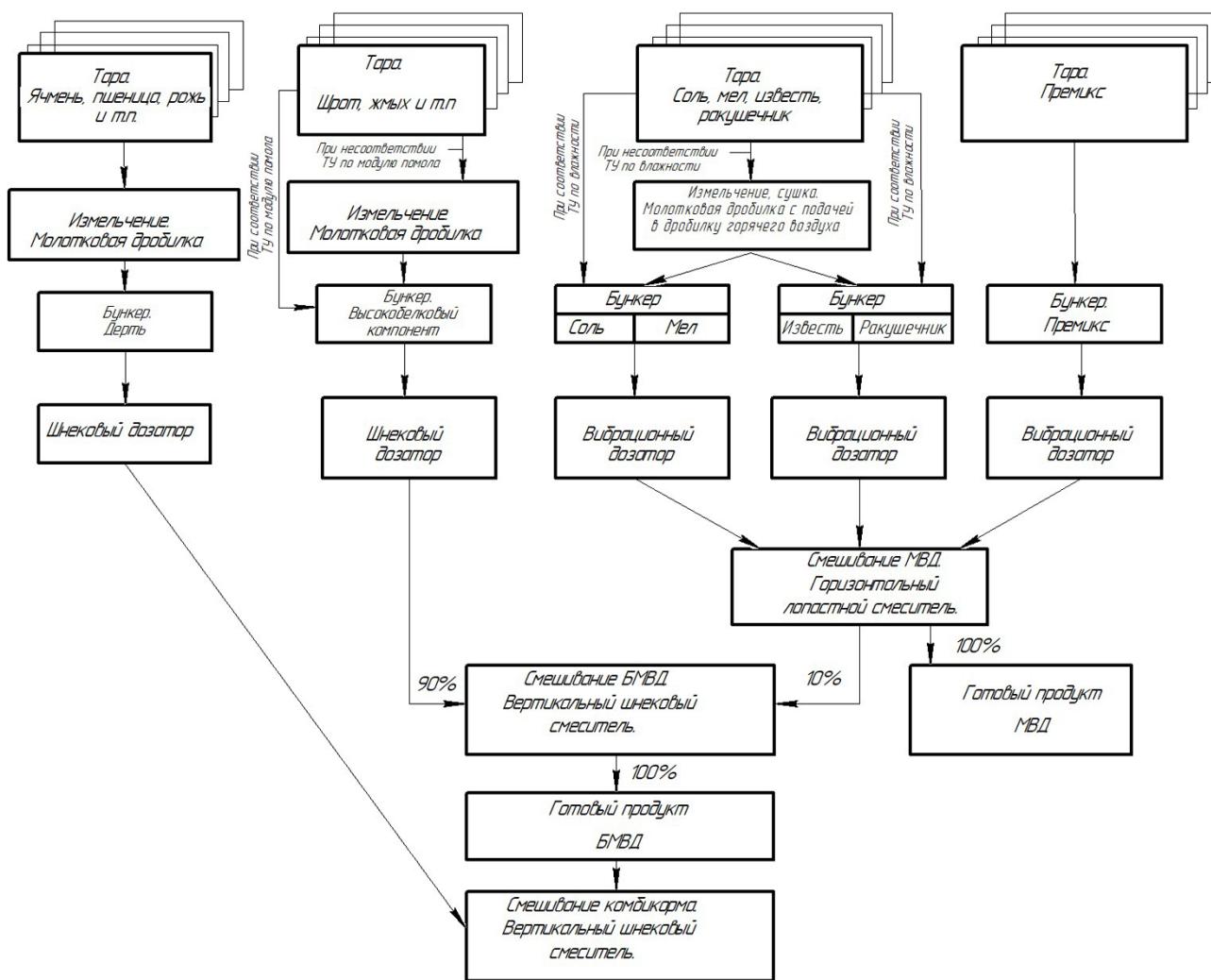


Рисунок 2 – Общая технологическая схема получения комбинированных кормов с линиями приготовления белково-минерально-витаминных добавок, минерально-витаминных добавок для кормоцехов при животноводческих фермах на 1000...1500 голов

по модулю помола схема упрощается за счет исключения операции «измельчение»;

в) подготовка минеральных компонентов, позволяющая хранить, измельчать, сушить исходное сырье до модуля помола необходимого размера и влажности, дозировать и смешивать (при соответствии исходного сырья зоотехническим требованиям по модулю помола и влажности схема упрощается за счет исключения операции «измельчение», «сушка»);

г) подача микроэлементов, витаминов и антибиотиков, выполняющая функции хранения, дозирования и смешивания.

В качестве измельчителей на линиях рекомендуется использовать молотковые дробилки открытого типа (ДБ, модернизированная КДУ, ДМБ, ДЗ, ДЗ-Ф и т. п.), в которых получается более качественный конечный продукт, за счет разделения процессов измельчения и сепарации и своевременного вывода из камеры измельчения при минимальных энергозатратах и больших сроках службы рабочих органов по сравнению с дробилками закрытого типа.

Необходимыми элементами линии являются бункеры для хранения исходного сырья. Бункер должен обеспечивать максимальную защиту компонентов от взаимодействия с окружающей средой и осуществлять непрерывную подачу исходного материала в технологическую линию. Для этого бункера оснащаются вибрационными (серия ПВБ), установленными в их дно, которые разрушают уплотненные ингредиенты у зоны выгрузки.

Многие хозяйства в целях мнимой экономии денежных средств приобретают минеральные компоненты, не упакованные в качественную тару. Часто хранение компонентов осуществляют в помещениях с повышенной влажностью. Модуль помола такого сырья не соответствует зоотехническим требованиям. Для приведения компонентов в соответствие с зоотехническими требованиями в технологической схеме предусмотрены операции предварительной подготовки исходного сырья: измельчение соли молотковой дробилкой; сепарация готового продукта осуществляется на сите с отверстиями диаметром 2...3 мм.

Если влажность соли превышает 0,5 %, то соль одновременно сушат и измельчают в дробилке путем ввода в пневмосистему дробилки горячего воздуха.

Также производится измельчение мела, ракушечной крупки, известняковой муки в молотковой дробилке с ситами с отверстиями диа-

метром 6...8 мм, их влажность не должна превышать 1,5 %. Остаток на сите с отверстиями диаметром 1 мм не должен превышать 5 %.

Измельчение жмыхов осуществляется на молотковой дробилке с ситами с отверстиями диаметром 5...6 мм.

Дозирование дерти, измельченных белковых компонентов осуществляется шнековыми дозаторами (серия КВ, ПВ, КВТ) с регулируемой частотой вращения и постоянным диаметром витков шнека. Такая конструкция позволяет плавно регулировать пропускную способность и контролировать точность дозирования (отклонение от нормы  $\pm 1,5\%$ ).

Дозирование минеральных компонентов, премиксов (отклонение от нормы  $\pm 0,1\%$ ) осуществляется объемными вибрационными дозаторами. Такие дозаторы исключают «зависание» компонентов смеси и число их регулируемых параметров значительно шире в сравнении с другими конструкциями дозаторов.

Смешивание минерально-витаминных смесей происходит в горизонтальных лопастных смесителях (серия СК, ГС и т.п.). Финальное смешивание всех компонентов осуществляется вертикальным шнековым смесителем (серия СВШ, ССК и т.п.).

На предлагаемой технологической линии возможно приготовление полнорационных комбинированных кормов, белково-минерально-витаминных добавок и минерально-витаминных добавок.

Конечной операцией технологического процесса является смешивание. Особенno важно на данном этапе подобрать оптимальные параметры оборудования, так как после этой операции осуществляется отгрузка готовой продукции.

Процесс смешивания ингредиентов смеси из-за различных физико-механических свойств каждого компонента является одной из сложнейших технологических операций. Здесь в микрообъемах перемешиваемой смеси возможно бесконечное разнообразие взаимного расположения частиц компонентов.

Как известно [1], при организации производственного процесса смешивания можно использовать два способа подачи смешиваемых ингредиентов: порционная подача компонентов смеси (в смеситель предварительно в нужной пропорции подаются все компоненты смеси, после чего начинается процесс смешивания); непрерывная подача (ингредиенты смеси подаются в смеситель постепенно в процессе смешивания).

Исследования научных трудов [1, 4, 7, 8, 10] не дают однозначного ответа на вопрос, какой способ организации процесса подачи ингредиентов для смещивания оказывает влияние на однородность  $\theta$ , который является показателем качества смеси и эффективности технологического процесса производства.

Для определения оптимального способа организации подачи компонентов смеси нами проведены экспериментальные исследования, направленные на определение однородности смеси при различных способах подачи смешиемых компонентов. В качестве смешиемых ингредиентов использовались зерна ячменя и тритикале.

Эквивалентный диаметр зерен ячменя составил 4,53 мм, зерен тритикале 6,87 мм. Влажность зерна – 15...16 %, насыпная масса зерен ячменя 600 кг/м<sup>3</sup>, насыпная масса зерен тритикале 760 кг/м<sup>3</sup>.

При подаче зерен в смеситель предварительно осуществлялась порционная подача компонентов, а затем – непрерывная подача. Результаты исследований представлены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1 – Результаты исследования однородности смеси при порционной подаче компонентов (дискретная)**

№	Ингредиент	Время смещивания, т, с	Масса на-вески, м, г	Объем на-вески, в, м <sup>3</sup>	θ нижний слой, %	θ средний слой, %	θ верхний слой, %	θср, %
1 опыт								
1	Ячмень	10	146,0	0,0002	97,6	96,8	88,4	94,3
2	Тритикале	10	146,0	0,0002				
2 опыт								
1	Ячмень	10	145,0	0,0002	90,0	94,6	85,0	90,1
2	Тритикале	10	145,0	0,0002				
3 опыт								
1	Ячмень	10	145,0	0,0002	88,8	85,4	87,1	87,1
2	Тритикале	10	145,0	0,0002				
Итого:								90,5

**Таблица 2 – Результаты исследования однородности смеси при непрерывной подаче компонентов**

№	Ингредиент	Время смещивания, т, с	Масса на-вески, м, г	Объем на-вески, в, м <sup>3</sup>	θ нижний слой, %	θ средний слой, %	θ верхний слой, %	θср, %
1 опыт								
1	Ячмень	10	146,0	0,0002	81,6	98,0	98,2	92,6
2	Тритикале	10	146,0	0,0002				
2 опыт								
1	Ячмень	10	146,0	0,0002	99,0	99,2	96,4	98,2
2	Тритикале	10	146,0	0,0002				
3 опыт								
1	Ячмень	10	147,0	0,0002	99,6	93,0	90,0	94,2
2	Тритикале	10	147,0	0,0002				
Итого:								95,0

### Выводы:

1. Проведенный анализ технологических схем получения комбикормов показал, что для повышения эффективности приготовления «местного комбикорма» решением является использование своих концентрированных кормов и организация производства белково-минерально-витаминных и минерально-витаминных добавок в собственных кормоцахах, при этом годовая экономия при производстве компонентов за год составляет около 21 млн руб.

2. Экспериментальные исследования, направленные на определение однородности смеси при различных способах подачи смешиемых компонентов, показали, что при смещивании двух компонентов смеси одинакового объема в единицу времени при порционной подаче ингредиентов однородность смеси  $\theta$  составила 90,5 %, а при непрерывной подаче она равна 95,0 %.

Таким образом, организация технологической операции смещивания при использовании дозирующих устройств непрерывного действия позволяет повысить однородность готовой смеси более чем на 5 %.

**Список источников**

1. Ведищев С. М. Совершенствование технологий и технических средств приготовления и раздачи кормосмесей в сельскохозяйственных свиноводческих организациях: дис. ... д-ра техн. наук / Ведищев Сергей Михайлович. Тамбов, 2018. 381 с.
2. Глазовский комбикормовый завод. URL: <https://kombi-korm.ru/> (дата обращения 16.09.2025).
3. Кислякова Е. М. Интенсификация производства молока на основе прогрессивных приемов кормления коров в условиях Удмуртской Республики: дис. ... д-ра с.-х. наук / Кислякова Елена Муллануровна. Ижевск, 2018. 335 с.
4. Нечаев В. Н. Повышение эффективности технологического процесса и технических средств приготовления сахаросодержащих кормов: дис. ... д-ра техн. наук / Нечаев Владимир Николаевич. Киров, 2024. 604 с.
5. Перспективы комбикормовой отрасли в России. URL: <https://clck.ru/3Qm4WL> (дата обращения 16.09.2025).
6. Савиных П. А., Турубанов Н. В. Технико-экономическая оценка применяемых технологий и технических средств при приготовлении сбалансированных комбикормов в условиях Евро-Северо-Востока России // Вестник НГИЭИ. 2024. № 5(156). С. 46-58.
7. Федоренко И. Я. Вибрационные процессы и устройства в АПК: моногр. Барнаул: Алтайский ГАУ, 2016. 289 с.
8. Федоров О. С., Широбоков В. И. Совершенствование технологического процесса дозирования ингредиентов комбинированных кормов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №1(69). С. 55-64.
9. Цена на сырое молоко в Удмуртии. URL: <https://clck.ru/3Qm4Ye> (дата обращения 16.09.2025).
10. Широбоков В. И., Иванов А. Г., Федоров О. С. Модернизированная дробилка фуражного зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2010. №1. С. 21-23.

**References**

1. Vedishhev S. M. Sovrshenstvovanie texnologij i texnicheskix sredstv prigotovleniya i razdachi kormosmesej v sel'skoxozyajstvenny'x svinovodcheskix organizaciyax: dis. ... d-ra texn. nauk / Vedishhev Sergej Mixajlovich. Tambov, 2018. 381 s.
2. Glazovskij kombikormovyj zavod. URL: <https://kombi-korm.ru/> (data obrashheniya 16.09.2025).
3. Kislyakova E. M. Intensifikasiya proizvodstva moloka na osnove progressivny'x priemov kormleniya korov v usloviyakh Udmurtskoj Respubliki: dis. ... d-ra s.-x. nauk / Kislyakova Elena Mullanurovna. Izhevsk, 2018. 335 s.
4. Nechaev V. N. Povyshenie effektivnosti texnologicheskogo processa i texnicheskix sredstv prigotovleniya saxarosoderzhashchix kormov: dis. ... d-ra texn. nauk / Nechaev Vladimir Nikolaevich. Kirov, 2024. 604 s.
5. Perspektivny kombikormovoj otrasti v Rossii. URL: <https://clck.ru/3Qm4WL> (data obrashheniya 16.09.2025).
6. Savinyx P. A., Turubanov N. V. Texniko-ekonomicheskaya ocenka primenyaemyx texnologij i texnicheskix sredstv pri prigotovlenii sbalansirovannyx kombikormov v usloviyakh Evro-Severo-Vostoka Rossii // Vestnik NGIEI. 2024. № 5(156). S. 46-58.
7. Fedorenko I. Ya. Vibracionnye processy i ustroystva v APK: monogr. Barnaul: Altajskij GAU, 2016. 289 s.
8. Fedorov O. S., Shirobokov V. I. Sovrshenstvovanie texnologicheskogo processa dozirovaniya ingredientov kombinirovannyx kormov // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2022. №1(69). S. 55-64.
9. Cena na syroe moloko v Udmurtii. URL: <https://clck.ru/3Qm4Ye> (data obrashheniya 16.09.2025).
10. Shirobokov V. I., Ivanov A. G., Fedorov O. S. Modernizirovannaya drobilka furazhnogo zerna // Traktory i sel'khozmashiny. 2010. №1. S. 21-23.

**Сведения об авторах:**

**О. С. Федоров**<sup>✉</sup>, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-6079-6897>;

**В. И. Широбоков**, кандидат технических наук, доцент, доцент;

**П. В. Дородов**, доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-1478-5876>

Удмуртский ГАУ, 426069, Россия, Ижевск, ул. Студенческая, 9

fos1973@yandex.ru

Original article

## TECHNOLOGICAL SCHEME FOR COMBINED FEED PRODUCTION IN FEED PROCESSING BUILDINGS

Oleg S. Fedorov<sup>✉</sup>, Vladimir I. Shirobokov, Pavel V. Dorodov

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

fos1973@yandex.ru

**Abstract.** To enhance animal husbandry efficiency, it is necessary to make full use of local feed resources and produce the maximum amount of combined feed ingredients on our own enterprises. The purpose of the research is to provide the rationale for the technological scheme of the production of protein-mineral-vitamin and mineral-vitamin supplements. The experimental studies were conducted in the laboratory of the Udmurt State Agricultural University in order to determine the optimal method of supplying ingredients into the mixer. These studies aimed to determine the homogeneity of the mixture using different methods of supplying the components to be mixed. Barley and triticale grains were used as the mixed ingredients. The equivalent diameter of barley grains was 4.53 mm, of triticale grains – 6.87 mm. The grain moisture was 15...16 %, the bulk weight of barley grains was 600 kg/m<sup>3</sup>, the bulk weight of triticale grains was 760 kg/m<sup>3</sup>. The research findings indicate that a continuous supply of components, compared to a batch approach, can enhance the uniformity of the mixture by over 5 %. The proposed technology for creating combined feeds enables the production of complete feed mixtures using local raw materials. The calculation of the annual demand for components for the production of own protein-mineral-vitamin supplements has shown that about 600 tons are required for a farm with 1,000 animals. The average cost of oilcake production in the farms of the region engaged in the production of oilseeds is about 15 rubles/kg. The cost of soybean cake on the market of the Udmurt Republic fluctuated at the level of 45 ...50 rubles/kg in September 2025. Therefore, the annual saving in the production of the own protein components for the year is about 21 million rubles.

**Key words:** protein-mineral-vitamin supplements, mineral-vitamin supplements, combined feed, technological line.

**For citation:** Fedorov O. S., Shirobokov V. I., Dorodov P. V. Technological scheme for combined feed production in feed processing buildings. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2025. № 4(84). C. 184-191. [https://doi.org/10.48012/1817-5457\\_2025\\_4\\_184-191](https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_4_184-191).

### Authors:

**O. S. Fedorov<sup>✉</sup>**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-6079-6897>;

**V. I. Shirobokov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

**P. V. Dorodov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-1478-5876>

Udmurt State Agricultural University, 9 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

fos1973@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.09.2025; одобрена после рецензирования 31.10.2025;

принята к публикации 01.12.2025.

The article was submitted 03.09.2025; approved after reviewing 31.10.2025; accepted for publication 01.12.2025.