

Научная статья
УДК 631.3:636.084
DOI: 10.66783/2782-3172.2026.19.66.013

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ЛИНИЯХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ ЖИДКИХ КОРМОВ

Павел Николаевич Солонщиков

Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия
solon-pavel@yandex.ru

Аннотация

В статье обоснована необходимость разработки универсальных технических средств для линий приготовления и раздачи жидких кормов в условиях современного животноводства. Проведен анализ существующих технологических схем, выявлены преимущества лопастных и центробежных рабочих органов, способных совмещать функции транспортировки и гомогенизации среды. Обосновано применение системного и иерархического подходов к исследованию технологических линий как сложных динамических систем. Представлена методика оценки эффективности оборудования на основе вероятностно-статистических методов и коэффициентов использования фонда времени. Авторами предложена концепция сокращения звеньев технологической цепочки за счет внедрения многофункциональных агрегатов, что позволяет снизить энергоемкость процесса и повысить надежность функционирования линий в условиях малых форм хозяйствования.

Ключевые слова: животноводство, жидкие корма, технологические линии, универсальные технические средства, центробежно-лопастные рабочие органы, механизация, энергоемкость, системный подход, иерархическая структура, коэффициент использования времени, надежность функционирования, импортозамещение

Финансирование: исследование, на основе результатов которого написана данная статья, финансировалось за счет собственных средств автора

Для цитирования: Солонщиков П. Н. Обоснование необходимости разработки универсальных технических средств в линиях приготовления и раздачи жидких кормов // Вестник Вятского ГАТУ. 2026. № 2. С. 103–113. DOI: 10.66783/2782-3172.2026.19.66.013.

JUSTIFICATION OF THE NEED TO DEVELOP UNIVERSAL TECHNICAL MEANS IN THE LINES OF PREPARING AND DISTRIBUTING LIQUID FEED

Pavel N. Solonshchikov

Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia
solon-pavel@yandex.ru

Abstract

The article substantiates the need to develop universal technical means for liquid feed preparation and distribution lines in modern animal husbandry. The analysis of existing technological schemes is carried out, the advantages of vane and centrifugal working bodies capable of combining

the functions of transportation and homogenization of the medium are revealed. The application of systematic and hierarchical approaches to studying technological lines as complex dynamic systems is substantiated. The methodology for evaluating the effectiveness of equipment based on probabilistic statistical methods and time pool utilization coefficients is presented. The authors propose a concept for reducing the links of the technological chain through the introduction of multifunctional units, which reduces the energy intensity of the process and increases the reliability of the lines in small business environments.

Keywords: animal husbandry, liquid feed, processing lines, universal technical means, centrifugal-bladed working bodies, mechanization, energy intensity, systematic approach, hierarchical structure, time utilization, reliability of operation, import substitution

Funding: the study on which this article is based was funded by the authors' own funds

For citation: Solonshchikov PN. Justification of the need to develop universal technical means in the lines of preparing and distributing liquid feed // Vestnik Vyatskogo GATU. 2026;(2):103–113. DOI: 10.66783/2782-3172.2026.19.66.013. (In Russ.).

Введение. Модернизация животноводческой отрасли неразрывно связана с внедрением высокотехнологичного оборудования для приготовления кормовых смесей. Одной из приоритетных задач механизации является создание установок, обеспечивающих высокое качество продукта при одновременном снижении эксплуатационных затрат и металлоемкости оборудования. Анализ существующих конструкций показывает, что наиболее перспективным направлением является использование центробежно-лопастных рабочих органов, которые, благодаря возникновению касательных напряжений и перепадов скоростей в потоке, позволяют эффективно совмещать процессы перемешивания и подачи жидких сред.

Однако отечественный парк оборудования для приготовления жидких кормов требует существенного обновления, а зарубежные аналоги зачастую отличаются узкой специализацией и высокой стоимостью, что делает их малоприменимыми для широкого применения в условиях российских фермерских хозяйств. Сложность проектирования новых систем обусловлена случайным характером рабочих процессов, что требует применения математического аппарата вероятностно-статистического анализа.

Целью данного исследования является теоретическое обоснование структуры универсальных технических средств и разработка методики оценки их работоспособности. Актуальность работы подтверждается необходимостью перехода от многозвенных технологических линий к компактным многофункциональным модулям, способным оптимизировать использование энергетических и временных ресурсов предприятия. В основу исследования положен принцип иерархического деления технологической линии на уровни – от работы отдельных рабочих органов до функционирования всей системы в целом.

Материалы и методы исследований. Разработка и внедрение высокотехнологичных установок для смешивания и приготовления жидких комовых смесей в технологических линиях и дальнейшее расширение сферы их применения, увеличение надежности их функционирования, снижение энергоемкости и получение качественных продуктов являются главными и первоочередными задачами механизации животноводства и для индустрии в целом [1–3].

Обзор технологических линий приготовления и раздачи жидких кормов, а также конструктивно-технологических схем лопастных насосов, смесительных установок и линий приготовления и раздачи жидких кормовых смесей выявил следующее [4–12]:

- установки с лопастными рабочими органами считаются наиболее эффективными и высокопроизводительными, при этом они способны хорошо перемешивать и перекачивать жидкие корма;

- центробежно-лопастные смесители, имеющие форму рабочего колеса в виде турбинной мешалки, осуществляют перемешивание жидкостей с высокой вязкостью;

– установки, использующие центробежную силу инерции, обладают высокой пропускной способностью, и в них проявляется замедление рабочей среды о внутреннюю поверхность корпуса, создающее перепад скоростей между слоями, и при этом проявляются касательные напряжения, которые имеют решающую роль в процессе смешивания;

– возможность совмещения функций подачи, смешивания и дозирования в одной установке позволяет снизить время на приготовление и раздачу кормов и, как следствие, снижение энергоёмкости технологического процесса.

Можно утверждать, что установки для приготовления и раздачи жидких кормов, выпускаемые в нашей стране, давно не модернизировались, а новых разработок весьма недостаточно. Зарубежная техника не приспособлена для разностороннего использования установок такого типа, вследствие чего требуются большие капиталовложения. Наибольшая часть техники, производимая за рубежом, предназначена для использования в пищевой промышленности и не может пригодиться в молочном животноводстве.

Все важнейшие параметры работы технологической линии определяются ее производительностью, надежностью и другими показателями и являются случайными величинами. Поэтому они должны анализироваться при помощи вероятностно-статистических методов. Достоверные данные о работе линии могут быть получены только исследованиями и анализом их функционирования в производственных условиях.

Исследование любой технологической линии предполагает определение эксплуатационных показателей и эффективность ее применения в данный момент времени, на основе качественных и количественных характеристик, и выявление соответствия к предъявляемым к ней требованиям с возможностью произвести прогнозирование её работы.

Методика исследования работоспособности технологической линии в реальных условиях эксплуатации преследует в основном две задачи: определение резервов повышения производительности действующего оборудования в данных конкретных условиях производства; выявление численных значений параметров работы оборудования, обобщение опыта его эксплуатации для решения на более высоком уровне задач проектирования новых, более совершенных рабочих органов и конструирование нового оборудования.

Результаты исследований. Исходя из требований системного подхода, структурную схему технологической линии, как сложной системы, можно вести в двух направлениях: на уровне исследования с использованием принципа внешнего дополнения – по вертикали и на основные элементы (участки) – по горизонтали. Нами разработана схема уровней исследования технологической линии, представленная на рисунке 1. Фактически оба направления взаимосвязаны и дополняют друг друга.

Условное деление на уровни служит для упрощения методики составления и получения универсальных математических моделей с учётом числа связей между ними. При ступенчатом описании (иерархическом) технологической линии на каждом ее уровне лучше учитываются признаки предыдущих уровней. Разделение технологической линии на участки исходит из функционального назначения и возможной простоты определения математических связей внутри рассматриваемого участка.

Учитывая связи между участками и используя их математическое описание, получаем общее представление о работе технологической линии и всего технологического процесса.

Исследование работоспособности действующей технологической линии начинается с тщательного ознакомления с технологическими процессами (например, обработки кормов), конструкцией всех машин и механизмов, составляющих систему машин, организацией эксплуатации технологической линии. Для сложных технологических линий, состоящих из многих машин и участков, в качестве объекта наблюдения необходимо выбрать ту машину или участок, которые по производительности лимитируют работу всей линии.

Обычно выбирают участок или линию, где величина простоев максимальная. Но, так как цикл работы всех машин и участков в линии примерно одинаков, удобнее всего считать производительность линии по производительности последней машины (участка).

На следующем этапе исследований проводим фактические наблюдения и измерения работы машин или участков и хронометраж их простоев по различным причинам как технического, так и организационного характера.



Рисунок 1. Уровни исследования линии приготовления и раздачи жидких кормов:

- 1 – исследование линии приготовления и раздачи жидких кормов; 2 – исследование работы отдельных участков линии; 3 – исследование работы отдельных единиц оборудования; 4 – исследование работы отдельных рабочих органов (элементов)

Во время замеров и хронометража необходимо фиксировать все затраты фонда времени: производственные (работу) и непроизводительные (простои по всем причинам как технического, так и организационного характера); их причины, продолжительность, методы устранения неисправностей, а также количество приготовленного продукта (например, корма) и продолжительность цикла. Наблюдения должны быть непрерывными в течение длительного периода, чтобы полученная информация позволила наиболее полно характеризовать работоспособность линии в исследуемый период. Одновременно

выполняются и другие измерения: составление фактической циклограммы, определение длительности отдельных операций цикла, стабильности работы машин и линии в целом.

На следующем этапе производим обработку полученных результатов. Первичная обработка информации сводится к получению некоторых основных параметров работы технологической линии, в первую очередь, баланса затрат фонда времени работы технологической линии, который дает первое представление о ее работоспособности. Затем производится численное определение длительности рабочего цикла и отдельных его элементов, характеризующих точность и стабильность работы. Согласно полученным статистическим данным рассчитываем эксплуатационные характеристики оборудования: коэффициент использования, коэффициент загрузки, коэффициент технического использования, внецикловые потери и другие показатели. Все эти величины являются случайными и поэтому должны рассчитываться с помощью статистических методов. Достоверность полученных результатов определяется достоверностью и объемом полученной информации, типичностью выбранного периода наблюдений, точностью проведенного хронометража.

Для более эффективного управления технологическими процессами технологической линии (например, приготовления кормов) необходима всесторонняя информация о работе отдельных машин и оборудования, технологических участков и всей технологической линии в целом. Для этого необходимо осуществлять систематический контроль за использованием оборудования и рабочего времени, а также производить анализ наблюдений.

На эффективность работы машин и оборудования технологической линии приготовления кормов оказывают многочисленные условия и факторы технологического, организационного, экономического и социального характера. Непосредственно в линии большое влияние на эффективность производства оказывает фактор рационального использования способности оборудования, под которым понимается способность машин, оборудования и агрегатов производить определенное количество продукции в пределах установленного фонда времени. Нами разработано графическое изображение производительной способности оборудования в технологической линии, представленной на рисунке 2.

На оси T откладываем располагаемый фонд рабочего времени единицы оборудования (отрезок OG). На оси P показана техническая мощность или техническая (эксплуатационная) производительность оборудования (отрезок OE). На оси Q – количество оборудования (отрезок OD). Объем полученной фигуры $ODABCGFE$ условно представляет собой пропускную способность оборудования.

Схема (рисунок 2) наглядно показывает, что степень использования располагаемой пропускной способности оборудования зависит от трех основных условий: от использования фонда времени, использования мощности оборудования и количества оборудования, вовлеченного непосредственно в работу.

Фактически в реальных условиях произведенная работа представлена объемом фигуры $Odabcgfe$. Но с технической организационной и экономической точек зрения важно знать, как достигается тот или иной уровень использования имеющихся возможностей: за счет количества используемого оборудования, его мощности или фонда времени. Поэтому решение задачи рационального использования производительной способности оборудования невозможно без организации достоверного и дифференцированного учета затрат времени, действенного оперативного контроля и регулирования работы оборудования во времени, так как количество и мощность (или производительность) чаще всего уже бывают известны. Полностью достоверную информацию можно получить лишь путем непрерывного наблюдения за работой машин и оборудования в течение длительного времени. Дифференциация учетных данных может быть самой разнообразной – в разрезе видов, типов, групп оборудования, фондов времени, отдельных причин, вызывающих простои и так далее.

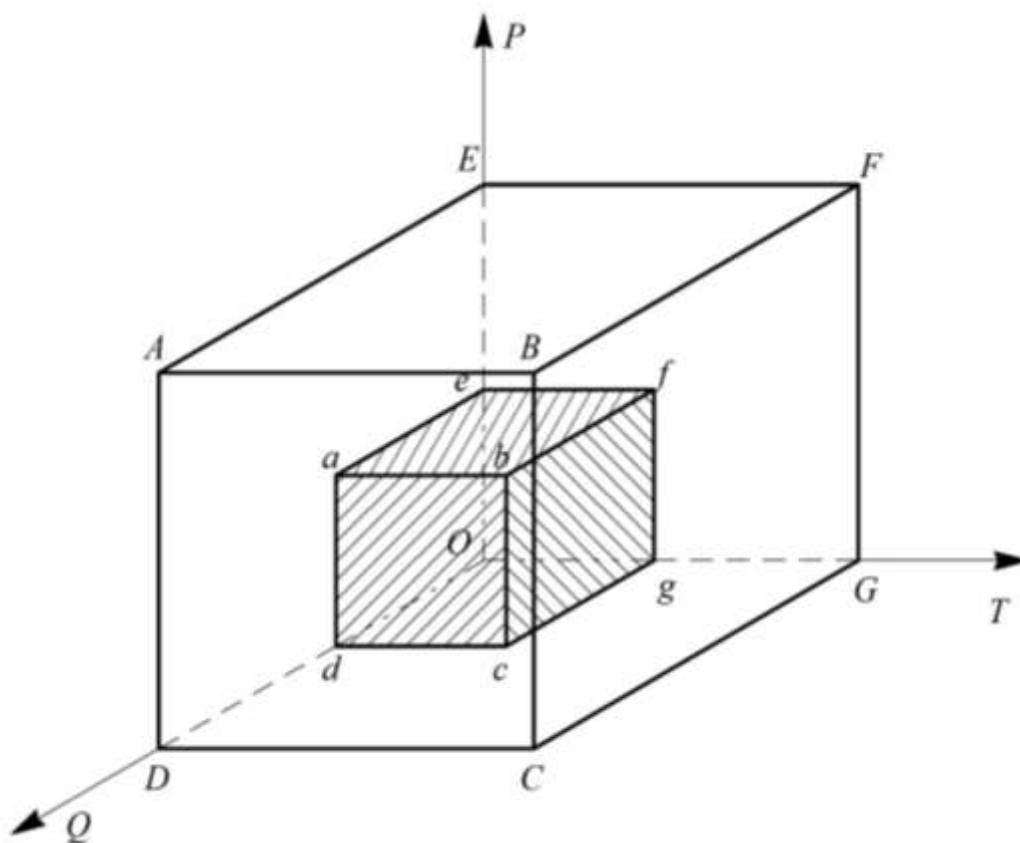


Рисунок 2. Графическое изображение производительной способности оборудования в технологической линии

В принципе автоматизированному учету и контролю необходимо подвергать все оборудование, установленное в линии, но в первую очередь оборудование, использование которого в наибольшей степени определяет ход производственного процесса. Поставленные задачи выдвигают также вопросы выбора и обоснования учетного периода, учитываемых параметров и состояния оборудования. Наблюдения могут быть длительными или кратковременными. Длительные наблюдения позволяют взять меньшее количество технологических линий (машин) и более достоверно исследовать их работу при изменении внешних условий.

Для комплексного анализа использования машин и оборудования технологической линии необходимо использовать систему показателей, характеризующих ее использование по времени, по мощности и использование отдельных машин и оборудования как по времени, так и по мощности или производительности. Все эти показатели определяются в виде соответствующих коэффициентов.

В связи с тем, что при анализе очень важно установить степень использования оборудования не вообще по времени, а в пределах отдельных фондов или циклов, показатели использования оборудования по времени рассчитываются дифференцированно.

Коэффициент календарного использования оборудования $\eta_{\text{кал}}$ определяется по формуле

$$\eta_{\text{кал}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\text{кал}}}{n_{\text{уст}} \cdot 365}, \quad (1)$$

где $t_{\text{кал}}$ – календарный фонд времени работы оборудования, исчисляемый количеством рабочих дней (суток) в году, дн.;

$n_{уст}$ – количество машин или оборудования участка (цеха), находящихся (числящихся) на балансе, шт.

Коэффициент целосменного использования $\eta_{цел. см}$ определяется из отношения отработанных всем установленным оборудованием в течение суток смен к возможному их числу:

$$\eta_{цел. см} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{цел. см}}{\sum_{i=1}^n t_{сут}}, \quad (2)$$

где $t_{цел. см}$ – время использования машин в течение рабочих суток в сменах, ч;
 $t_{сут}$ – суточный фонд времени работы оборудования в сменах, ч.

Коэффициент сменности $\eta_{см}$ подсчитывают для оценки и анализа использования оборудования по формуле

$$\eta_{см} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{цел. см}}{n_{уст} \cdot D}, \quad (3)$$

где D – число обработанных суток, дн.

Внутрисменное использование оборудования характеризуется коэффициентом $\eta_{вн. см}$, который определяется отношением времени производительного внутреннего использования $t_{вн. см}$ к целосменному фонду времени:

$$\eta_{вн. см} = \frac{\sum_i^n t_{вн. см}}{\sum_i^n t_{цел. см}}. \quad (4)$$

Разность между величинами целосменного фонда в часах и временем внутрисменного производительного использования оборудования составляет внутрисменные простои и перерывы. К ним относятся простои и перерывы по причинам позднего начала и раннего окончания работы, отсутствия кормов, электроэнергии, воды, неисправности оборудования и отсутствия работы.

Коэффициент машинного времени $\eta_{маш}$ использования оборудования линии характеризует удельный вес общего машинного времени и времени производительной работы смены, так как кроме непроизводительных простоев оборудования имеются технологические перерывы, тогда

$$\eta_{маш} = \frac{\sum_i^n t_{маш}}{\sum_i^n t_{вн. см}}, \quad (5)$$

где $t_{маш}$ – общее машинное время использования оборудования участка, ч.

На основе полученных коэффициентов рассчитываем общий коэффициент использования оборудования участка по времени по формуле, которая показывает удельный вес машинного времени в общем возможном времени работы оборудования,

$$\eta_{исп. л} = \eta_{кал} \cdot \eta_{цел. см} \cdot \eta_{см} \cdot \eta_{вн. см} \cdot \eta_{маш}. \quad (6)$$

По результатам длительных наблюдений рассчитываем опытные значения коэффициентов $\eta_{\text{кал}}$, $\eta_{\text{цел.см}}$, $\eta_{\text{см}}$, $\eta_{\text{вн.см}}$, $\eta_{\text{маш}}$, характеризующие степень использования оборудования линии приготовления кормов.

Анализируя данные, полученные при расчете, возникает вопрос: можно ли всю разницу между расчетным фондом времени и временем фактической работы машин и оборудования рассматривать как реальный резерв повышения уровня использования установленного в линии оборудования по времени. Другими словами, можно ли фактическую величину коэффициентов, характеризующих степень использования по времени, повысить до величины, равной единице. Такой подход к оценке использования резервов неверен, так как часть потерь является неизбежной и устраненной быть не может. Фактический объем работы машин и оборудования технологической линии всегда будет меньше теоретически возможного, установленного расчетом. Часть недоиспользованного времени оборудования является объективно неизбежной, подлежащей сокращению, но не может быть полностью устранена. Таким является, например, время на подготовительно-заключительные операции, ремонт и техническое обслуживание, а также время простоев технологической линии, обусловленное физиологическими циклами (кормление в строго определенное время суток согласно распорядку дня на ферме). Фактическая величина коэффициентов, характеризующих степень использования оборудования по времени и по мощности дает только общую картину использования оборудования, и только анализ этих величин позволит найти реальный резерв повышения уровня использования. У этой проблемы два аспекта: оценка общей величины реальных резервов использования оборудования в соответствии с принятой их структурой и определение рациональных, с точки зрения организационно-экономических условий, путей реализации этих резервов.

Одним из резервов повышения коэффициента использования оборудования является повышение коэффициента внутрисменного использования – более полное использование оборудования в течение смены. Так, например, общее машинное время работы оборудования не превышает 2–3 часов при восьмичасовой рабочей смене. Мощность установленного оборудования используется при этом на 20–30 %. Конечно, можно учитывать специфику работы линии в целом, но опыт показывает, что степень использования мощности оборудования и удельный вес машинного времени во многом зависит от уровня организации работы как на участке, так и по линии в целом.

Для оценки реальной величины повышения коэффициента внутрисменного использования фактически неиспользуемое время необходимо подразделить на регламентируемое и нерегламентируемое (или резервы). К регламентируемому относится время на ремонт, техническое обслуживание и модернизацию. Разницу между фактически неиспользуемым временем и ее регламентируемой величиной составляют неиспользованные резервы времени.

Можно утверждать, что информация о работе машин и оборудования, накапливаемая с помощью систем контроля, может быть использована не только для характеристики использования оборудования и выявления внутрипроизводственных резервов, но и для всей производственной работы линии приготовления и раздачи жидких кормов. Следовательно, нужно проектировать линию таким образом, чтобы сократить время простоев за счёт уменьшения звеньев, а именно количества машин, за счёт внедрения универсальных технических средств, выполняющих несколько операций.

Заключение. На основании представленного материала можно сформулировать следующие выводы:

1. Технологическая целесообразность. Исследование подтверждает, что использование центробежно-лопастных рабочих органов является наиболее эффективным направлением для приготовления жидких кормов. Такие установки позволяют успешно совмещать функции смешивания, транспортировки и дозирования, что ведет к сокращению числа звеньев технологической цепочки и снижению энергоемкости процесса.

2. Необходимость импортозамещения и модернизации. Анализ показал, что существующий отечественный парк оборудования нуждается в существенном обновлении, а зарубежные аналоги часто не соответствуют специфике российских фермерских хозяйств из-за узкой специализации и высокой стоимости. Требуется разработка универсальных технических средств, адаптированных к условиям малых форм хозяйствования.

3. Методологический подход. Обосновано применение системного и иерархического подходов (деление на уровни от отдельного органа до всей линии) для проектирования оборудования. Математическое моделирование рабочих процессов должно базироваться на вероятностно-статистических методах, так как основные параметры функционирования линий носят случайный характер.

4. Эффективность использования фонда времени. Установлено, что существенным резервом повышения производительности является оптимизация внутрисменного использования оборудования. Текущие показатели машинного времени (2–3 часа при 8-часовой смене) указывают на необходимость совершенствования организации труда и внедрения многофункциональных агрегатов для минимизации простоев.

5. Практическая значимость. Предложенная методика комплексной оценки работоспособности линий (через систему коэффициентов использования календарного, сменного и машинного времени) позволяет выявлять скрытые резервы производства и обосновывать параметры проектирования нового, более совершенного оборудования для животноводства.

Список источников

1. Булатов С. Ю. Разработка и совершенствование технологических линий и технических средств приготовления кормов в условиях малых форм хозяйствования: диссертация ... доктора технических наук. Княгинино : [б. и.], 2018. 412 с.
2. Патент № 2544953 С1 Российская Федерация, МПК А01J 11/00, В01F 7/08. Устройство для приготовления смесей : № 2013136725/10 : заявл. 06.08.2013 : опубл. 20.03.2015 / В. Г. Мохнаткин, В. Н. Шулятьев, А. С. Филинков [и др.] ; заявитель Малое Инновационное Предприятие Общество с ограниченной ответственностью «Информационно-консультационный центр «Академия».
3. Патент на полезную модель № 14108 U1 Российская Федерация, МПК А23С 11/00. Устройство для приготовления смесей : № 99124292/20 : заявл. 19.11.1999 : опубл. 10.07.2000 / Н. Ф. Баранов, П. И. Касаткин, А. В. Лохов [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество «ОСКОН».
4. Новые этапы в создании машин и оборудования в растениеводстве и животноводстве / П. Н. Солонщиков, Ф. Ф. Мухамадьяров, В. Г. Мохнаткин [и др.] // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики : материалы XVIII Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение», посвященной 95-летию со дня образования Вятского ГАТУ, Киров, 03 февраля 2025 года. Киров, 2025. С. 182–188.
5. Совершенствование и разработка новых технологических процессов, машин и методик исследований в животноводстве / П. Н. Солонщиков, В. Г. Мохнаткин, В. Н. Шулятьев [и др.] // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики : материалы XVII Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение», Киров, 05 февраля 2024 года. Киров, 2024. С. 187–191.
6. Оболенский Н. В., Булатов С. Ю., Свистунов А. И. Исследование процесса смешивания компонентов комбикорма // Вестник научных конференций. 2015. № 1–1(1). С. 111–117.
7. Патент № 2655351 С2 Российская Федерация, МПК В01F 7/08. Смеситель сухих сыпучих и влажных рассыпных кормов : № 2016126565 : заявл. 01.07.2016 : опубл. 25.05.2018 / П. А. Савиных, В. Е. Сайтов, С. Ю. Булатов [и др.] ; заявитель Государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (НГИЭУ).

8. Оболенский Н. В., Булатов С. Ю., Свистунов А. И. Разработка средств для приготовления ферментированного комбикорма в фермерских хозяйствах // Вестник ВИЭСХ. 2016. № 1(22). С. 67–78.

9. Оболенский Н. В., Булатов С. Ю., Свистунов А. И. Разработка лабораторной установки и исследование в ней процесса смешивания компонентов комбикорма // Экономика и предпринимательство. 2015. № 9–2 (62). С. 640–643.

10. Никитин Е. А., Кирсанов В. В., Матвеев В. Ю. Сравнительный анализ систем приготовления кормовой смеси и их влияние на эффективность в молочном животноводстве // Вестник НГИЭИ. 2019. № 11 (102). С. 37–46.

11. Никитин Е. А. Разработка автоматизированной системы персонального дозирования концентрированных кормов для крупного рогатого скота // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 3 (32). С. 80–86.

12. Никитин Е. А., Семенюк В. С. Анализ проблем эффективного приготовления кормовой смеси в современном животноводстве // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019. № 2 (34). С. 158–163.

References

1. Bulatov SYu. Razrabotka i sovershenstvovaniye tekhnologicheskikh liniy i tekhnicheskikh sredstv prigotovleniya kormov v usloviyakh malykh form khozyaystvovaniya: dissertatsiya doktora tekhnicheskikh nauk = Development and improvement of technological lines and technical means of forage preparation in small-scale farming: dissertation of the doctor of technical sciences. Knyaginino; 2018. 412 p. (In Russ.).

2. Patent 2544953 C1 Rossiyskaya Federatsiya, IPC A01J 11/00, B01F 7/08. Ustroystvo dlya prigotovleniya smesey: 2013136725/10: zayavlen 06.08.2013: opublikovan 20.03.2015. VG Mokhnatkin, VN Shulyatyev, AS Filinkov i dr.; zayavitel' Informatsionno-konsul'tatsionnyy tsentr Akademiya. (In Russ.).

3. Patent na poleznuyu model' 14108 U1 Rossiyskaya Federatsiya, IPC A23C 11/00. Ustroystvo dlya prigotovleniya smesey: 99124292/20: zayavlen 19.11.1999: opublikovan 10.07.2000. NF Baranov, PI Kasatkin, AV Lokhov i dr.; zayavitel' OSKON. (In Russ.).

4. Solonshchikov PN, Mukhamadyarov FF, Mokhnatkin VG, et al. Novyye etapy v sozdaniy mashin i oborudovaniya v rasteniyevodstve i zhivotnovodstve = New stages in the creation of machinery and equipment in crop production and animal husbandry. In: Uluchsheniye ekspluatatsionnykh pokazateley sel'skokhozyaystvennoy energetiki: materialy XVIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Nauka – Tekhnologiya – Resursosberezheniye, posvyashchennoy 95-letiyu so dnya obrazovaniya Vyatskogo GATU = Improving the operational performance of agricultural energy: proceedings of the XVIII international scientific and practical conference Science – Technology – Resource Conservation, dedicated to the 95th anniversary of founding Vyatka GATU. Kirov, February 03 2025. Kirov; 2025. P. 182–188. (In Russ.).

5. Solonshchikov PN, Mokhnatkin VG, Shulyatyev VN, et al. Sovershenstvovaniye i razrabotka novykh tekhnologicheskikh protsessov, mashin i metodik issledovaniy v zhivotnovodstve = Improvement and development of new technological processes, machines and research methods in animal husbandry. In: Uluchsheniye ekspluatatsionnykh pokazateley sel'skokhozyaystvennoy energetiki: materialy XVII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Nauka – Tekhnologiya – Resursosberezheniye = Improving of operational performance of agricultural energy: proceedings of the XVII international scientific and practical conference Science – Technology – Resource Conservation. Kirov, February 05 2024. Kirov: Vyatskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet; 2024. P. 187–191. (In Russ.).

6. Obolensky NV, Bulatov SYu, Svistunov AI. Investigating the process of mixing feed components. Vestnik nauchnykh konferentsiy. 2015;(1–1):111–117. (In Russ.).
7. Patent 2655351 C2 Rossiyskaya Federatsiya, IPC B01F 7/08. Smesitel' sukhikh sypuchikh i vlazhnykh rassypnykh kormov: 2016126565: zayavlen 01.07.2016: opublikovan 25.05.2018. PA Savinykh, VE Saitov, SYu Bulatov i dr.; zayavitel' Nizhegorodskiy gosudarstvennyy inzhenerno-ekonomicheskoy universitet. (In Russ.).
8. Obolensky NV, Bulatov SYu, Svistunov AI. Development of means for the preparation of fermented compound feed in farms. Vestnik VIESKH. 2016;(1):67–78. (In Russ.).
9. Obolensky NV, Bulatov SYu, Svistunov AI. Development of a laboratory installation and investigation of the process of mixing feed components in it. Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2015;(9–2):640–643. (In Russ.).
10. Nikitin EA, Kirsanov VV, Matveev VYu. Comparative analysis of feed mixture preparation systems and their effect on efficiency in dairy farming. Vestnik NGIEI. 2019;(11):37–46. (In Russ.).
11. Nikitin EA. Development of an automated system personal dosing of concentrated feeds for cattle. Innovatsii v sel'skom khozyaystve. 2019;(3):80–86. (In Russ.).
12. Nikitin EA, Semenyuk VS. Analysis of the problems of effective preparing feed mixtures in modern animal husbandry. Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva. 2019;(2):158–163. (In Russ.).

Информация об авторе

Солонщиков Павел Николаевич, кандидат технических наук, доцент, исполняющий обязанности заведующего кафедрой эксплуатации машин и технологического оборудования, ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», Октябрьский пр-т, 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017
e-mail: solon-pavel@yandex.ru

Information about the author

Pavel N. Solonshchikov, candidate of technical sciences, associate professor, acting head of the Department of Machinery and Technological Equipment Operation of Vyatka State Agrotechnological University, 133 Oktyabrskiy Avenue, Kirov, 610017, the Russian Federation
e-mail: solon-pavel@yandex.ru

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: the authors declared that there was no conflict of interest

Статья / The article

поступила в редакцию / was received	27.05.2026
одобрена после рецензирования / approved after reviewing	10.06.2026
принята к публикации / accepted for publication	17.06.2026