

На правах рукописи



**СИМАЧКОВА МАРИНА СТАНИСЛАВОВНА**

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ  
И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ**

Специальность 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование  
для агропромышленного комплекса»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Княгинино – 2025

Работа выполнена в Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет» (ГБОУ ВО НГИЭУ) на кафедре «Технические системы и технологии»

**Научный руководитель:** доктор технических наук, доцент  
**Булатов Сергей Юрьевич**

**Официальные оппоненты: Савиных Петр Алексеевич**  
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого», главный научный сотрудник, заведующий лабораторией механизации животноводства;

**Солонщиков Павел Николаевич**  
кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», и. о. заведующего кафедрой эксплуатации машин и технологического оборудования

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

Защита состоится 7 ноября 2025 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета 72.2.016.02 при ГБОУ ВО НГИЭУ по адресу: 606340, Россия, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22а, аудитория 121.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГБОУ ВО НГИЭУ и на сайте <https://ngie.u.ru/state-scientific-attestation/dissovet-72201602/>.

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ 2025 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Тареева Оксана Александровна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В современном мире развитие сельского хозяйства играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивого развития экономики. Одним из ключевых аспектов успешного сельского хозяйства является правильное питание животных, которое во многом определяется качеством кормов, в том числе комбикормов. Развитие данного направления регламентировано положениями Федеральной научно-технической программы (ФНТП) развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы.

На апрель 2025 г. в России насчитывается более 50 тысяч компаний, занимающихся растениеводством, животноводством и охотой (ОКВЭД 01), с разным поголовьем, условиями производства, потребностью в кормах. Такое разнообразие сельхозтоваропроизводителей определяет индивидуальный подход к производству кормов в них, нацеленному на максимальные результаты работы хозяйства с минимальными затратами. Приготовление качественных кормов с максимальной эффективностью возможно на современном комбикормовом оборудовании, отвечающем всем требованиям производства.

На рынке комбикормового оборудования РФ представлено более 90 компаний-продавцов, предлагающих широкий спектр машин для приготовления различных видов комбикорма, что усложняет его выбор. На сегодняшний день разработано несколько программ и предложены критерии оценки комбикормового оборудования, облегчающие его выбор. Однако данные критерии применимы при оценке оборудования во время его эксплуатации. Проводя подбор, достаточно сложно оценить оборудование, а программ и критериев для его оценки вовсе не предложено. В результате чего можно принять неверное решение, нецелесообразно потратив свои ресурсы. Правильный выбор оборудования усложняется не только широким спектром предложенных на рынке машин, но и индивидуальными условиями производства. Поэтому оценка комбикормового оборудования при ограниченной информации на этапе его подбора является актуальной задачей, направленной на повышение эффективности производства и качества конечной продукции для отдельно рассматриваемого предприятия.

**Степень разработанности темы.** Изучением процесса производства комбикормов, анализом потребности сельскохозяйственных предприятий в комбикормах и определением характеристик комбикормового оборудования занимались следующие авторы: В.А. Афанасьев, В.И. Земсков, Л.И. Кропп, Г.М. Кукта, Л.И. Лыткина, Н.П. Мишуков, А.И. Орлов, В.И. Пахомов, П.А. Савиных, В.В. Садов, В.Д. Сергеев, В.И. Сыроватка, И.Я. Федоренко, Н.П. Черняев и др.

Исследованиям эффективности функционирования технологических линий и технических средств приготовления комбикормов посвящены работы В.Р. Алешкина, А.А. Артюшина, С.М. Доценко, А.И. Завражнова, В.И. Земскова, Л.П. Кормановского, Л.И. Кроппа, Г.М. Кукты, С.В. Мельникова, Р.М. Славина, В.А. Стремнина, В.И. Сыроватки и других.

Работы В.Г. Воронина, О.П. Гончарова, В.В. Гусева, А.Н. Жигалова, Т.Ф. Рябова, П.А. Савиных, Е.В. Стрелкова, Н.В. Турубанова, Н.А. Чернятьева посвящены анализу эффективности использования комбикормового оборудования.

Анализ научных работ по тематике исследования позволил установить, что далеко не все аспекты данного вопроса глубоко изучены. В частности, не рассмотрены вопросы комплексного подхода к оценке комбикормового оборудования на стадии его подбора, когда нет экспериментальных и теоретических данных о качестве готовой продукции, а имеются только технические характеристики машин.

**Цель исследования** – оценка эффективности технологических линий и технических средств приготовления комбикормов на этапе их подбора по показателям ресурсоэффективности, энергоэффективности, экономической эффективности, показателям качества и комплексным показателям.

**Задачи исследования:**

1. Провести анализ и разработать классификацию оценочных показателей эффективности комбикормового оборудования.

2. Разработать интегральный показатель эффективности подбора комбикормового оборудования.

3. Разработать модель подбора комбикормового оборудования, устанавливающую связь между факторами, влияющими на эффективность оборудования, и критериями его оценки.

4. Разработать программу для оценки комбикормового оборудования.

5. Провести подбор комбикормового оборудования для сельскохозяйственных организаций с помощью разработанной программы.

6. Оценить эффективность использования программы в производственных условиях.

7. Определить экономическую эффективность разработанной программы.

**Объект исследования:** технические средства и технологические линии для приготовления комбикормов в условиях сельскохозяйственного производства.

**Предмет исследования:** критерии подбора и оценки технических средств и технологических линий для приготовления комбикормов.

**Научную новизну работы составляют:**

1. Классификация оценочных показателей эффективности комбикормового оборудования.

2. Интегральный показатель эффективности подбора комбикормового оборудования, учитывающий важные для потребителя критерии, их значимость и взаимосвязь друг с другом.

3. Модель подбора комбикормового оборудования, устанавливающая связь между факторами, влияющими на эффективность оборудования, и критериями его оценки.

**Теоретическая и практическая значимость**

Предложена методика оценки эффективности комбикормового оборудования на стадии его подбора с учетом индивидуальных особенностей и

потребностей предприятий. Для комплексной оценки эффективности подбора комбикормового оборудования выведены интегральный показатель эффективности, а также коэффициенты комплектации, унификации и рыночной надежности.

Ценность работы с практической точки зрения заключается в возможности применения предложенной программы сельскохозяйственными предприятиями с собственным производством комбикормов и организациями, занимающимися производством комбикормов при подборе нового, обновлении существующего оборудования, а также производителями комбикормового оборудования во время его продажи при подборе и сравнении различных вариантов линий как собственного производства, так и с аналогами, представленными на рынке.

Производственная проверка разработанной программы проводилась в ООО «ННПП-2» Большемурашкинского района Нижегородской области. Результаты производственной проверки и внедрения научных исследований программы подтверждены соответствующими актами.

**Методология и методы исследования.** Для проведения исследования использованы методы анализа, анкетирования, статистической обработки данных и многокритериальной оптимизации. Исходя из поставленных исследовательских целей, разработаны специализированные методики.

**Достоверность** основных положений и выводов подтверждена результатами производственной проверки и внедрением программы для оценки комбикормовых линий в ООО «ННПП-2», а также апробацией результатов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Классификация оценочных показателей эффективности комбикормового оборудования.

2. Интегральный показатель эффективности подбора комбикормового оборудования.

3. Модель подбора комбикормового оборудования, устанавливающая связь между факторами, влияющими на эффективность подбора оборудования, и критериями его оценки.

4. Программа для оценки комбикормового оборудования на стадии его покупки (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024661687 Российская Федерация).

5. Результаты подбора комбикормового оборудования для сельскохозяйственных организаций Нижегородской области с помощью разработанной программы.

6. Результаты оценки экономической эффективности использования разработанной программы.

**Апробация результатов работы.** Основные положения работы докладывались и обсуждались на XXV Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии с интеллектуальными системами управления процессами производства продукции животноводства с учетом изменяющихся климатических условий» (Москва, 2022 г.), XXVIII

Международной научно-практической конференции «Применение технологии искусственного интеллекта для управления «Умной животноводческой фермой» (Москва, 2023 г.), XXVIII Международной научно-практической конференции «Научно-техническое обеспечение роботизации и цифровизации процессов в животноводстве» (Москва, 2024 г.), Международной научно-практической конференции «Современная агроинженерная наука и практика» (Казань, 2024 г.), XVIII Международной научно-практической конференции «Наука–Технология–Ресурсосбережение» (Киров, 2025 г.), XIV Международном конкурсе научно-исследовательских работ (Москва, 2024 г.), XXIX Международном конкурсе научных работ (Саратов, 2025 г.), Международном конкурсе «Лучшая научная работа 2025» (Саратов, 2025 г.).

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 10 печатных работах, в том числе 8 работ, опубликованных в рецензируемых научных журналах, получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

**Личный вклад автора в работу.** В рамках диссертационного исследования автором самостоятельно и при ее активном участии реализованы все стадии работы, включающие: проведение обзора современного состояния комбикормовой отрасли в России; постановку проблемы; формулировку цели и задач исследований; разработку классификации оценочных показателей эффективности комбикормового оборудования, интегрального показателя эффективности комбикормового оборудования, модели подбора комбикормового оборудования, программы для оценки комбикормового оборудования; проведение практической апробации разработанной программы в условиях ООО «ННПП-2» и определение ее экономической эффективности.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 129 страницах машинописного текста, включая библиографию из 113 наименований, 22 рисунка, 9 таблиц и 12 приложений.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, дана общая характеристика работы, изложены основные научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту.

**Первая глава** «Современное состояние проблемы и задачи научных исследований» посвящена анализу показателей эффективности использования оборудования, на основании которого выделены группы оценочных показателей эффективности оборудования, используемые при оценке комбикормового оборудования на стадии его подбора: показатели энергетической эффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности и комплексные показатели. Расчет указанных показателей позволяет получить объективную оценку эффективности оборудования и технологических решений в комбикормовой промышленности, выявить

возможности для оптимизации производственного процесса и принять обоснованные решения. Но в существующих подходах к оценке оборудования, как правило, рассматриваются отдельные характеристики. Однако не учитывается их взаимосвязь и влияние на общую эффективность в конкретных производственных условиях. В связи с этим встает вопрос о необходимости разработки комплексного подхода, который позволит учитывать все ключевые факторы, влияющие на эффективность оборудования в производственной среде. Для этого необходимо разработать комплексный показатель, учитывающий все эти факторы и позволяющий проводить объективную оценку оборудования на этапе его подбора. Такой показатель должен быть адаптирован к конкретным производственным условиям и требованиям заказчика, что позволит выбрать оптимальное оборудование, обеспечивающее максимальную эффективность и экономическую выгоду.

Анализ научных исследований и патентных решений специализированных программ показал, что на данный момент не существует программных продуктов, обеспечивающих автоматизированную оценку сравниваемого комбикормового оборудования на стадии его подбора.

**Во второй главе «Обоснование критериев оценки эффективности комбикормового оборудования»** рассмотрены особенности производства комбикормов в условиях сельскохозяйственных организаций в современных реалиях.

Эффективность как технологического процесса кормоприготовления в целом, так и процесса подбора необходимого оборудования во многом зависит от принятых решений управленческого аппарата предприятия. В данном контексте может иметь место вероятность действия человеческого фактора и субъективных управленческих решений. С точки зрения научного подхода подбор оборудования должен осуществляться на основании критериев, которые позволяют повысить эффективность производства комбикормов и минимизировать влияние случайных факторов.

При выборе номенклатуры показателей качества подбора оборудования был установлен перечень наименований свойств приобретаемых линий, обеспечивающих возможность оценки их уровня качества подбора. Обоснование выбора номенклатуры показателей качества проводилось с учетом: назначения и условий использования оборудования; анализа требований потребителя; состава и структуры характеризующих свойств; основных требований к показателям качества оборудования

В связи с вышесказанным, разработана классификация оценочных показателей, объединенных в укрупненные группы (таблица 1).

В рамках разработанной классификации, дополнительно к существующим показателям оценки комбикормового оборудования на этапе его подбора, предложено использовать следующие коэффициенты:

– коэффициент комплектации, расчет которого осуществляется через количество оборудования и комплектующих, доступных к приобретению в РФ, двумя способами:

а) в ценовом выражении:

$$K_{\text{компл}} = \frac{C_{\text{д}}}{C} = 1 - \frac{C_{\text{нд}}}{C}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{д}}$  – цена оборудования / комплектующих, приобретаемых на территории РФ, тыс. руб;  $C_{\text{нд}}$  – цена оборудования / комплектующих, приобретаемых за пределами территории РФ, тыс. руб;  $C$  – цена оборудования, тыс. руб;

б) в количественном выражении:

$$K_{\text{компл}} = \frac{O_{\text{РФ}}}{O_{\text{сум}}} = 1 - \frac{O_{\text{нд}}}{O_{\text{сум}}}, \quad (2)$$

где  $O_{\text{РФ}}$  – количество оборудования / комплектующих в технологической линии, доступное для приобретения в РФ, шт;  $O_{\text{нд}}$  – количество оборудования / комплектующих в технологической линии, приобретаемых за пределами территории РФ, шт;  $O_{\text{сум}}$  – суммарное количество оборудования технологической линии, шт.

Таблица 1 – Классификация оценочных показателей эффективности комбикормового оборудования

Показатели энергоэффективности	Показатели ресурсоэффективности		Показатели экономической эффективности	Показатели качества	
	технические	технологические			
- мощность ЭО	- масса оборудования - площадь, занимаемая оборудованием	- производительность - гарантийный период - время работы оборудования	- капиталовложения - затраты на содержание производственного помещения - заработная плата обслуживающего персонала		Абсолютные параметры
- удельный расход ЭЭ - совокупные затраты ЭЭ		- удельная производительность - технологическая металлоемкость	- удельные капиталовложения		Относительные параметры
- уровень интенсификации - коэффициент энергетических затрат		- коэффициент компактности - коэффициент технологичности - коэффициент использования оборудования в сутки	- коэффициент комплектации - коэффициент экономических затрат	- коэффициент унификации - коэффициент уровня автоматизации - коэффициент рыночной надежности	Безразмерные параметры

– коэффициент унификации. Данным показателем предлагается оценить удельный вес нового прогрессивного оборудования в общем количестве

оборудования, входящего в технологическую линию по производству комбикормов:

$$K_{\text{униф}} = \frac{O_{\text{пат}}}{O_{\text{сум}}}, \quad (3)$$

где  $O_{\text{пат}}$  – количество запатентованного технологического оборудования в линии, шт.;  $O_{\text{сум}}$  – суммарное количество оборудования в линии, шт.;

– коэффициент рыночной надежности, который будет являться показателем, отражающим уровень доверия покупателей к организации, а также выражающий степень уверенности рынка в ее устойчивости и надежности.

Предлагаемый коэффициент рыночной надежности рассчитывается в зависимости от надежности компании, которая выражается через ее юридическую чистоту, а также от количества видов деятельности. Также важно учесть отзывы и рейтинги компании от клиентов и экспертов в отрасли. Кроме того, стабильность и долгосрочная перспектива развития фирмы также могут служить показателями ее рыночной надежности.

На основании данных требований была сформирована следующая формула для расчета коэффициента:

$$k = \frac{x}{(1+y^2)\sqrt{z}} 2^{\text{sign}(t)}, \quad (4)$$

где  $x$  – количество положительных отзывов фирмы;  $y$  – количество негативных отзывов;  $z$  – общее количество видов деятельности;  $t$  – является ли этот вид деятельности основным (1 – если является, 0 – если не является).

Для комплексной оценки эффективности подбора комбикормового оборудования на этапе его подбора на основе схемы оптимальной эффективности подбора оборудования для приготовления комбикормов (рисунок 1) предложено использовать интегральный показатель эффективности, который вычисляется по выражению (5):

$$\varphi(m, k) = \frac{\sqrt[n_1+n_2+\dots+n_i]{m_1^{n_1} \cdot m_2^{n_2} \cdot \dots \cdot m_i^{n_i}}}{\sqrt[p_1+p_2+\dots+p_j]{k_1^{p_1} \cdot k_2^{p_2} \cdot \dots \cdot k_j^{p_j}}}, \quad (5)$$

где  $m_1, m_2, \dots, m_i$  – критерии оценки эффективности подбора оборудования, которые при расчете должны стремиться к максимуму;  $k_1, k_2, \dots, k_i$  – критерии оценки эффективности подбора оборудования, которые при расчете должны стремиться к минимуму;  $(n_1 + n_2 + \dots + n_i)$  и  $(p_1 + p_2 + \dots + p_j)$  – соответствующие суммы степеней значимости отдельных критериев оценки.

Среднегеометрическое значение эффективно сглаживает значимые всплески степени значимости отдельных показателей. Это особенно важно в ситуациях, когда необходимо учитывать вклад каждого элемента, минимизируя влияние экстремальных значений. Таким образом, получаем более объективную оценку, учитывающую вклад каждого показателя без искажений, вызванных экстремальными значениями.

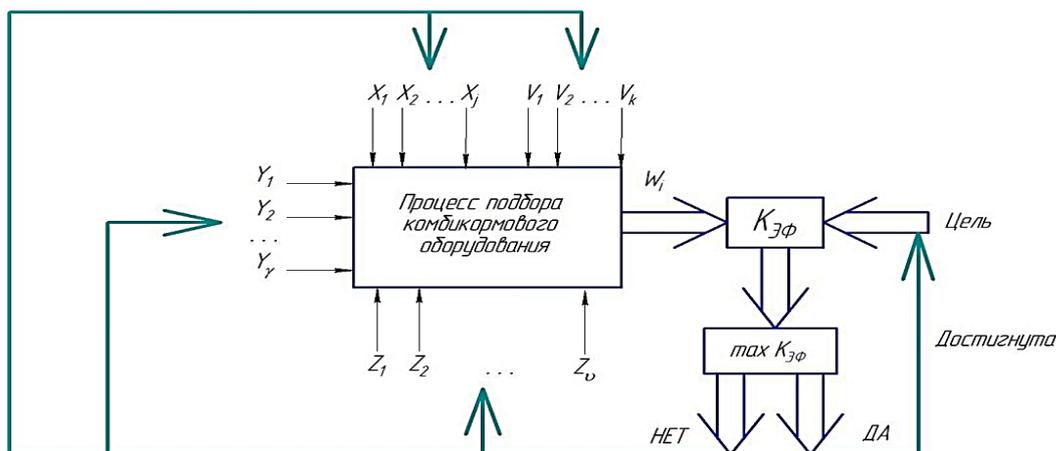


Рисунок 1 – Схема повышения эффективности подбора комбикормового оборудования

С целью обеспечения комплексного подхода к обоснованию выбора комбикормового оборудования разработана модель, устанавливающая связь между факторами, влияющими на эффективность подбора оборудования, и критериями его оценки (рисунок 2). Данная модель позволяет получить наиболее точные результаты подбора технологической линии или технических средств.

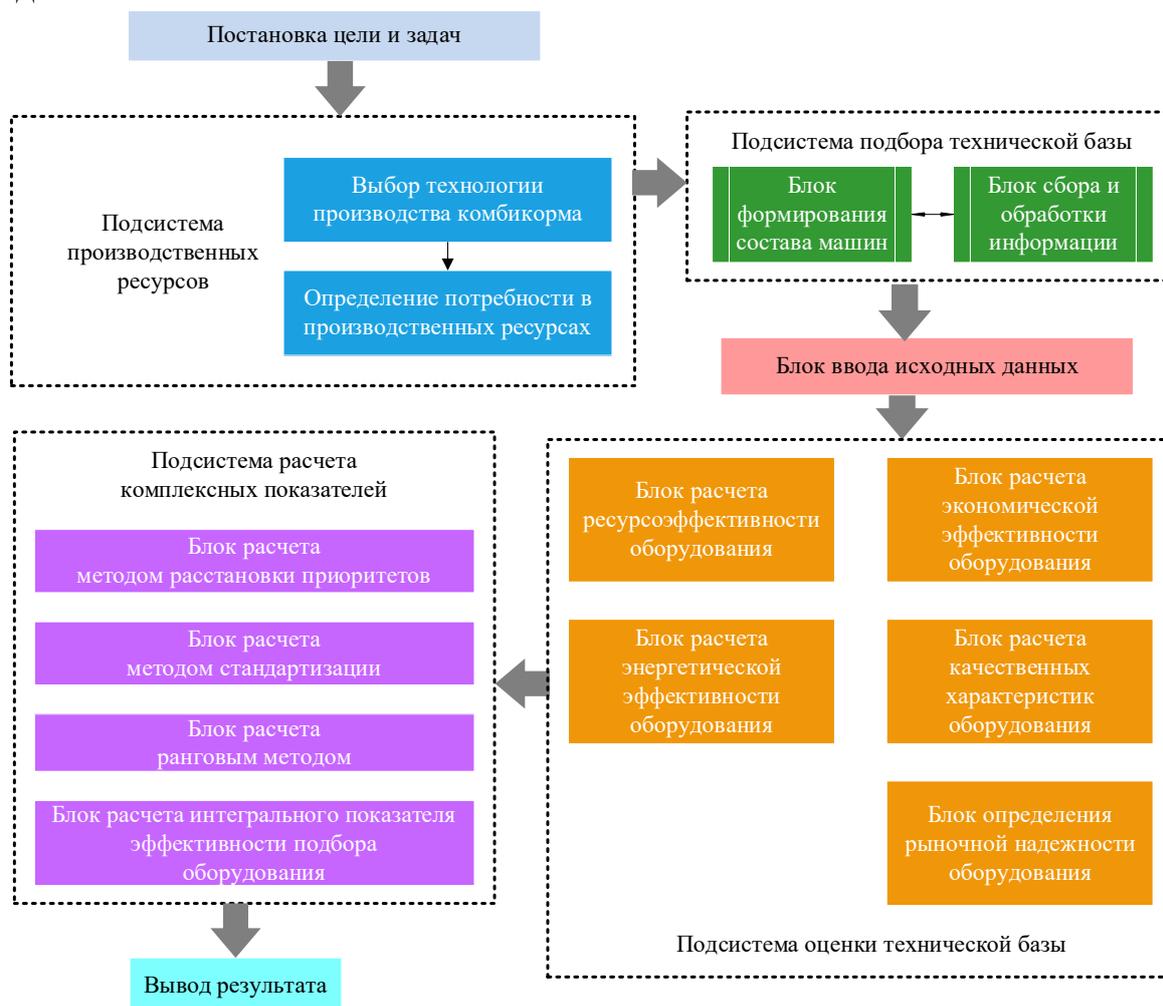


Рисунок 2 – Модель подбора комбикормового оборудования

В модели учтены факторы, влияющие на эффективность оборудования: номенклатура и объем выпускаемой продукции, доступные производственные площади, энергетические ресурсы предприятия. Оценку сравниваемого оборудования, согласно предлагаемой модели, предлагается осуществлять по экономическим показателям, показателям ресурсоэффективности, качества, рыночной надежности продавца, а также с применением комплексных показателей, в том числе интегрального показателя эффективности.

**В третьей главе** «Программа и методики исследования» представлена созданная на основании модели подбора комбикормового оборудования специальная программа для проведения оценки сравниваемых аналогов в автоматическом режиме (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024661687 РФ). Программа написана в доступной широкому кругу пользователей среде Microsoft Visual Studio Community 202 на языке программирования C# для операционной системы Windows с 7 по 11 версии и позволяет проводить комплексный анализ сравниваемых аналогов по техническим, технологическим, энергетическим и экономическим показателям эффективности, которые учитывают важные для потребителя критерии, их значимость и взаимосвязь друг с другом.

В дополнение к программе разработаны три взаимодополняющие методики, формирующие целостный подход к процессу выбора и внедрения комбикормового оборудования. «Методика подбора комбикормового оборудования на стадии его приобретения с помощью программы» определяет алгоритм действий для использования разработанной программы в процессе принятия решения о приобретении, обеспечивая структурированный и объективный анализ альтернативных вариантов. «Методика проверки работоспособности программы» обеспечивает верификацию программы, гарантируя ее корректное функционирование и точность выдаваемых результатов. «Методика подбора комбикормового оборудования для конкретных хозяйств с применением программы» представляет собой пошаговый алгоритм действий, направленный на выбор оптимального оборудования с учетом специфических потребностей и условий конкретного хозяйства. Применение данной методики с использованием разработанной программы позволяет значительно повысить эффективность и рентабельность производства комбикормов.

**В четвертой главе** «Результаты подбора комбикормового оборудования для хозяйств Нижегородской области» произведен подбор комбикормового оборудования для ООО ПЗ «Большемурашкинский», ООО СПК «Ждановский», ООО «Шатовка» и ООО «КМ АГРО» Нижегородской области. На первом этапе проведено детальное анкетирование хозяйств, которое позволило выявить ключевые параметры, определяющие выбор комбикормового оборудования. Опросный лист включал в себя разделы, охватывающие ключевые аспекты деятельности хозяйства, влияющие на выбор оборудования: структура поголовья, объемы потребления корма, наличие собственной кормовой базы, необходимость в дополнительных операциях (гранулирование, экструдирование и т. п.), ограничение

при подключении оборудования по потребляемой мощности, необходимость автоматизации процесса приготовления комбикорма, наличие или потребность в производственных площадях, их размеры, доступность оборудования к покупке на территории РФ, вопросы оригинальности конструкций оборудования и финансовые возможности.

Далее был выполнен поиск продавцов комбикормового оборудования, отвечающих потребностям хозяйств. Процесс поиска начинался с сегментации рынка продавцов комбикормового оборудования. Были выделены компании, специализирующиеся на различных типах оборудования. Далее следовал сбор информации о каждой компании: репутация на рынке, опыт работы, наличие сервисной поддержки, отзывы клиентов. По обратной связи с отобранными компаниями были получены коммерческие предложения. Оценена возможность адаптации оборудования к конкретным условиям хозяйств. Ключевым моментом данного этапа стало сопоставление предложений продавцов с требованиями, указанными в опросных листах. Окончательный выбор вариантов продавцов основывался на комплексном анализе, учитывающем совокупность приоритетных показателей для каждого конкретного хозяйства.

Финальным этапом стала автоматизация процесса подбора комбикормового оборудования посредством разработанной программы, позволяющая значительно оптимизировать работу и повысить точность принимаемых решений. Программный продукт выступил в роли экспертной системы, аккумулирующей варианты по различным типам оборудования и их характеристикам. Проведено сравнение отобранных вариантов приобретаемого оборудования по показателям энергетической эффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности, показателям качества и рыночной надежности. Рассчитаны комплексные показатели по методу расстановки приоритетов, ранговому методу, методу стандартизации, а также интегральный показатель эффективности подбора оборудования для каждого из сравниваемых вариантов линий. Принято решение о выборе оптимального варианта, учитывающего все приоритетные для руководства предприятия факторы и обеспечивающего максимальную эффективность производства.

Установлено, что для ООО СПК «Ждановский» Кстовского муниципального округа и ООО ПЗ «Большемурашкинский» Большемурашкинского муниципального округа Нижегородской области, в приоритете руководства которых обозначены паспортная производительность, энергопотребление, стоимость оборудования, из пяти рассмотренных линий (КПК-1 продавца «Доза-Агро», РК-1 продавца НМК-Агро, ПРОК – 1,5 продавца Агрпоставка, АТМ-1,5 продавца АТМ и ПРОК-1,3 продавца Агрпост 50) наибольшей эффективностью, оцененной по интегральному показателю, обладает комбикормовый мини-завод ПРОК-1,3 производства Агрпост 50. ООО «Шатовка», расположенному в городском округе Арзамас Нижегородской области и ориентированному на такие приоритеты, как компактность и технологичность, а также экономические показатели, при выборе оборудования из шести рассмотренных вариантов рекомендуется к приобретению мини-комбикормовый завод АТМ-5, обладающий

наибольшим значением интегрального показателя. Для ООО «КМ АГРО» Княгининского муниципального округа, высшим приоритетом которого является экономия денежных средств, из рассмотренных линий и заводов КПК-5 продавца Доза-Агро, ПРОК-5 т/ч продавца Агропоставка, линия продавца Агрокормресурс, РК-5 продавца НМК-Агро, АК-4 продавца Агрогрант к приобретению рекомендуется комбикормовое оборудование от продавца Агрокормресурс.

Анализ результатов показал, что предложенные программой конфигурации оборудования являются оптимальными по целому ряду ключевых параметров среди сравниваемых аналогов.

Производственную проверку программы для оценки комбикормовых линий осуществляли в условиях ООО ННПП-2 Большемурашкинского муниципального округа Нижегородской области. Существующее оборудование на свинокомплексе представлено европейскими производителями. А в условиях санкционного давления на российскую экономику вопрос обеспечения крупных заводов комбикормовым оборудованием приобретает особую актуальность.

Тщательно проанализированы возможности российских производителей, предлагающих аналоги импортного оборудования. Особое внимание обращено на наличие сервисной поддержки и доступность запасных частей.

Альтернативный вариант – приобретение оборудования из стран, не присоединившихся к санкциям. Однако в этом случае взяты во внимание вопросы, связанные с логистическими издержками и возможными задержками в поставках, а также риски, связанные с колебаниями валютных курсов.

Оборудование подбиралось с учетом суточной потребности в комбикормах в 250 тонн.

На рынке представлено множество компаний, предлагающих решения для выращивания свиней, однако основной ориентир в выборе был на оптимальное сочетание цены, производительности, уровня автоматизации процессов и функциональности. В нашем случае рассмотрено три основных игрока: две российские фирмы (ООО «ГрафКорм» – Линия 1 и ООО «Доза-Агро» – Линия 3) с производительностью линий 20 т/ч, и один китайский (Jiangsu BD Environmental Technology Co. – Линия 2) производительностью оборудования 40 т/ч.

Первоначально рассматривалась возможность использования оборудования от российских производителей, однако для обеспечения суточной потребности в 250 тонн требовалась установка нескольких линий, что значительно увеличивало требуемую производственную площадь. Размещение такого количества оборудования на имеющихся площадях оказалось невозможным.

Несмотря на привлекательность оборудования российских производителей с точки зрения доступности сервисного обслуживания и запасных частей, ограниченность производственных площадей и потребность в высокой степени автоматизации производства сделали выбор в пользу китайского поставщика оптимальным решением для данного свиноводческого комплекса.

Китайский производитель продемонстрировал готовность предложить более гибкие условия сотрудничества и адаптировать оборудование под конкретные задачи производства.

Выбор руководства предприятия в пользу данной линии также подтвержден результатами расчетов в программе (рисунок 3, 4).

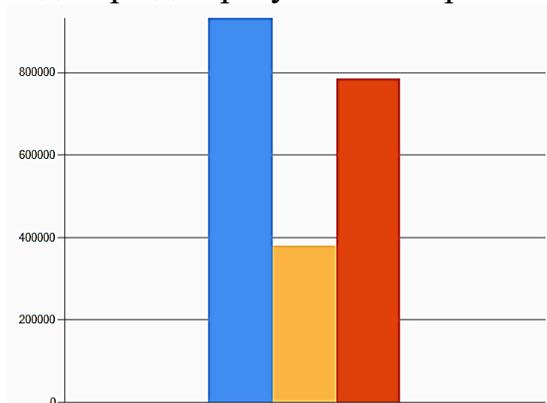


Рисунок 3 – Удельные капиталовложения на единицу произведенной продукции в варианты приобретаемого оборудования для ООО «ННПП-2», руб/т

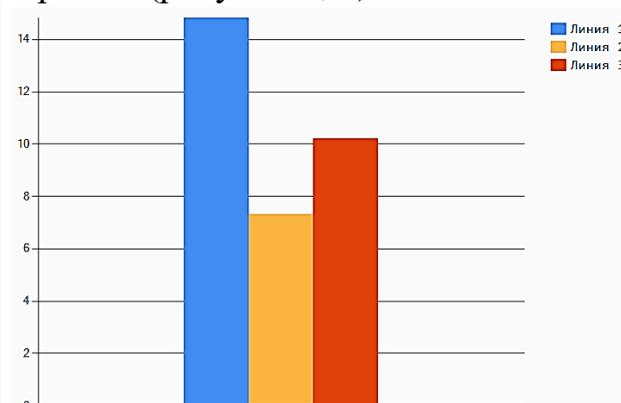


Рисунок 4 – Удельный расход электроэнергии на единицу произведенной продукции для ООО «ННПП-2», кВт·ч/т

Ключевым фактором, повлиявшим на выбор, стала высокая степень автоматизации производственных процессов (рисунок 5), предлагаемая китайской компанией. Полная автоматизация позволяет существенно сократить количество обслуживающего персонала, минимизировать человеческий фактор и повысить стабильность качества выпускаемой продукции. Кроме того, высокая производительность линии (40 т/ч) позволяет обеспечить необходимый объем комбикорма при относительно небольшом времени работы оборудования, что снижает энергозатраты и износ оборудования.

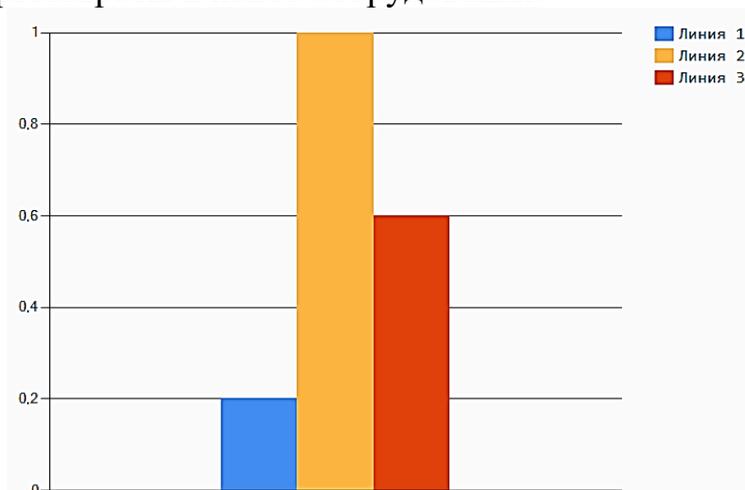


Рисунок 5 – Значения коэффициента уровня автоматизации для вариантов приобретаемого оборудования в ООО «ННПП-2»

Опираясь на результаты анализа подходящего комбикормового оборудования, в том числе результаты, полученные в разработанной программе, руководство ООО ННПП-2 приняло решение о покупке оборудования фирмы Jiangsu BD Environmental Technology Co.

Экономия трудозатрат при подборе оборудования с помощью программы в сравнении с ручным расчетом составила 30 чел.-ч. Расчетный экономический эффект от внедрения составил 18259 руб., что подтверждается соответствующими актами.

В пятой главе «Экономическая эффективность от использования программы для оценки комбикормовых линий» приведены экономические расчеты. Результаты экономической эффективности демонстрируют, что использование программы приведет к существенной оптимизации затрат и повышению рентабельности производства комбикормов. Внедрение программы является экономически целесообразным решением, позволяющим оптимизировать затраты и снизить риски по сравнению с применением ручного сбора информации. Расчетное значение экономии денежных средств за счет сокращения трудозатрат при подборе комбикормового оборудования с использованием программы при средней заработной плате специалистов агропромышленных предприятий 51 000 руб. составляет 14 433,6 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенного анализа разработана классификация оценочных показателей, оказывающих определяющее значение на эффективность подбора комбикормового оборудования. Классификация включает пять групп показателей: энергетической эффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности, качества и рыночной надежности. В рамках разработанной классификации, дополнительно к существующим показателям оценки комбикормового оборудования на этапе его подбора, предложено использовать коэффициенты комплектации, унификации, рыночной надежности, характеризующие соответственно доступность оборудования к приобретению на территории РФ, степень патентной чистоты оборудования и степень уверенности рынка в устойчивости и надежности продавца оборудования.

2. Разработан интегральный показатель эффективности, учитывающий важные для потребителя критерии, их значимость и взаимосвязь друг с другом, определяемый как отношение произведения критериев оценки эффективности, при сравнении стремящихся к максимуму к произведению критериев оценки эффективности, при сравнении стремящихся к минимуму, каждый из которых возведен в степень, определяемую отношением значимости каждого критерия к сумме степеней значимости соответствующей группы критериев оценки.

3. Разработана модель подбора комбикормового оборудования, состоящая из пяти основных блоков-подсистем: производственных ресурсов, подбора технической базы, ввода исходных данных, оценки технической базы и расчета комплексных показателей, позволяющая подобрать оптимальный комплект оборудования для производства комбикормов с учетом заданных параметров. В модели учтены факторы, влияющие на эффективность оборудования на этапе его приобретения: номенклатура и объем выпускаемой продукции, доступные производственные площади, энергетические ресурсы предприятия. Оценку

сравниваемого оборудования, согласно предлагаемой модели, рекомендуется осуществлять по экономическим показателям, показателям ресурсоэффективности, качества, рыночной надежности продавца, а также с применением комплексных показателей, в том числе интегрального показателя эффективности.

4. Создана программа для проведения оценки сравниваемых аналогов в автоматическом режиме (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024661687 РФ). Программа написана в доступной широкому кругу пользователей среде Microsoft Visual Studio Community 202 на языке программирования C# для операционной системы Windows с 7 по 11 версии и позволяет проводить комплексный анализ сравниваемых аналогов по четырем группам показателей: энергетическим, технологическим, экономическим, показателям качества, а также комплексным показателям.

5. На основании данных анкет сельскохозяйственных организаций Нижегородской области проведены подбор и анализ наиболее подходящих для каждого хозяйства вариантов комбикормового оборудования. Установлено, что для ООО СПК «Ждановский» Кстовского муниципального округа и ООО ПЗ «Большемурашкинский» Большемурашкинского муниципального округа Нижегородской области (в приоритете руководства которых обозначены паспортная производительность, энергопотребление, стоимость оборудования) из пяти рассмотренных линий (КПК-1 продавца «Доза-Агро», РК-1 продавца НМК-Агро, ПРОК – 1,5 продавца Агропоставка, АТМ-1,5 продавца АТМ и ПРОК-1,3 продавца Агропост 50) наибольшей эффективностью, оцененной по интегральному показателю, обладает комбикормовый мини-завод ПРОК-1,3 производства Агропост 50. ООО «Шатовка», расположенному в городском округе Арзамас Нижегородской области и ориентированному на такие приоритеты, как компактность и технологичность, а также экономические показатели, при выборе оборудования из шести рассмотренных вариантов рекомендуется к покупке мини-комбикормовый завод АТМ-5, обладающий наибольшим значением интегрального показателя. Для ООО «КМ АГРО» Княгининского муниципального округа, высшим приоритетом которого является экономия денежных средств, из рассмотренных линий и заводов КПК-5 продавца Доза-Агро, ПРОК–5 т/ч продавца Агропоставка, линия продавца Агрокормресурс, РК-5 продавца НМК-Агро, АК-4 продавца Агрогрант к покупке рекомендуется комбикормовое оборудование от продавца Агрокормресурс.

6. В результате производственной проверки программы, которая осуществлялась в ООО «ННПП-2» Большемурашкинского района Нижегородской области при сравнении оборудования фирм ООО «ГрафКорм», ООО «Доза-Агро» и Jiangsu BD Environmental Technology Co., Ltd, установлено, что наибольшее значение интегрального показателя эффективности подбора оборудования имеет линия фирмы Jiangsu BD Environmental Technology Co, что было принято во внимание руководством предприятия при его приобретении. При этом экономия трудозатрат при подборе оборудования с помощью программы в сравнении с ручным расчетом составила 30 чел.-ч.

7. Расчетное значение экономии денежных средств за счет сокращения трудозатрат при подборе комбикормового оборудования с использованием программного продукта при средней заработной плате управленцев среднего звена агропромышленных предприятий 51 000 руб. составляет 14433,6 руб.

**Рекомендации производству.** Для подбора комбикормового оборудования на стадии его приобретения первоначально хозяйствам необходимо определить приоритетные критерии выбора, учитывая как текущие потребности, так и планы развития на ближайшие годы. На втором этапе осуществляется поиск поставщиков оборудования. Это потребует детального анализа рыночных предложений и их сопоставления с потребностями хозяйства. Заключительный этап – автоматизация выбора оборудования с помощью разработанной программы, что позволит оптимизировать работу и повысить точность в принятии решений.

**Перспективы дальнейшей разработки темы.** Проведенные исследования могут быть применимы при решении комплексной задачи, охватывающей все этапы производства комбикормов от закупки оборудования до реализации готовой продукции путем интеграции предлагаемых решений с другими системами управления сельскохозяйственным производством.

### **Основные результаты диссертационной работы изложены в следующих публикациях:**

#### **Публикации в рецензируемых изданиях**

1. Симачкова, М. С. Анализ технологических линий и оборудования для приготовления комбикормов / М. С. Симачкова // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 6 (145). – С. 18–36.

2. Симачкова, М. С. Анализ показателей эффективности использования комбикормового оборудования / М. С. Симачкова, А. Е. Крупин // Техника и технологии в животноводстве. – 2022. – № 3(47). – С. 108–115.

3. Симачкова, М. С. Анализ программ для оценки комбикормового оборудования / М. С. Симачкова // Техника и технологии в животноводстве. – 2023. – № 3(51). – С. 87–91.

4. Симачкова, М. С. Особенности производства комбикормов в условиях сельскохозяйственных организаций в современных реалиях / М. С. Симачкова, С. Ю. Булатов, А. Г. Сергеев [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 10(137). – С. 59–67.

5. Симачкова, М. С. Оценка рыночной надежности фирм-продавцов комбикормового оборудования / М. С. Симачкова // Техника и технологии в животноводстве. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 99–106.

6. Симачкова, М. С. Интегральный показатель эффективности подбора комбикормового оборудования на стадии его покупки / М. С. Симачкова // Техника и технологии в животноводстве. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 42–47.

7. Симачкова, М. С. Последовательность оценки эффективности комбикормового оборудования на стадии его покупки / М. С. Симачкова, С. Ю. Булатов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 7(249). – С. 71–78.

8. Симачкова, М. С. Результаты подбора комбикормового оборудования по интегральному показателю на примере сельскохозяйственных предприятий Нижегородской области / М. С. Симачкова, С. Ю. Булатов // Техника и технологии в животноводстве. – 2025. – Т. 15. № 2. – С. 74–83.

#### **Статьи в сборниках и других научных изданиях**

9. Симачкова, М. С. Многокритериальный подход к подбору комбикормового оборудования на этапе его приобретения / М. С. Симачкова // 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. 125–129.

10. Симачкова, М. С. Модель подбора комбикормового оборудования / М. С. Симачкова // EurasiaScience: Сборник статей LXX международной научно-практической конференции, Москва, 30 июня 2025 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Актуальность.РФ», 2025. – С. 106–109.

#### **Патенты и свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ**

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024661687 Российская Федерация. Программа для оценки комбикормовых линий на стадии их покупки: № 2024619266: заявл. 27.04.2024: опубл. 21.05.2024 / М. С. Симачкова, С. Ю. Булатов, Д. С. Иванченко; заявитель Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

Подписано в печать 04.09.2025 г.  
Формат 60x90, 1/16. Бумага писчая. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 1,00. Уч.-изд. л. 1,00. Тираж 100 экз. Заказ № 23.

---

Отпечатано в ИПЦ НГИЭУ с оригинал-макета  
606340, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22а.