

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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»

**Диссертация**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, доцент  
Булатов Сергей Юрьевич

Княгинино – 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	11
1.1 Современное состояние комбикормовой отрасли в России .....	11
1.2 Анализ показателей эффективности использования оборудования .....	18
1.3 Обзор и анализ программ для оценки комбикормового оборудования .....	35
1.4 Обзор и анализ научных работ по исследованию технологических линий и технических средств приготовления комбикормов .....	36
1.5 Выводы по главе .....	40
Глава 2 ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИКОРМОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	42
2.1 Особенности производства комбикормов в условиях сельскохозяйственных организаций в современных реалиях .....	42
2.2 Показатели оценки эффективности комбикормового оборудования .....	44
2.3 Обоснование алгоритма функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования .....	71
2.4 Выводы по главе .....	77
Глава 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	79
3.1 Общие сведения о программном обеспечении (ПО) .....	79
3.2 Методика оценки работоспособности и верификации программы .....	80
3.3 Методика оценки эффективности комбикормового оборудования в лабораторных условиях .....	85
3.4 Методика подбора комбикормового оборудования для конкретных хозяйств с применением программы .....	94
3.5 Выводы по главе .....	95
Глава 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	97
4.1 Результаты оценки работоспособности и верификации программы .....	97
4.2 Результаты оценки эффективности комбикормового оборудования в лабораторных условиях .....	104
4.3 Результаты подбора комбикормового оборудования для хозяйств Нижегородской области .....	113
4.4 Результаты производственной проверки программы для оценки комбикормового оборудования в условиях ООО «ННПП-2» .....	127

4.5 Выводы по главе .....	134
Глава 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОМБИКОРМОВЫХ ЛИНИЙ .....	137
5.1 Расчет экономических затрат на внедрение программы для подбора комбикормового оборудования в производство .....	138
5.2 Сравнение экономической эффективности машинного и ручного способов подбора комбикормового оборудования .....	138
5.3 Обоснование эффективности разработанной программы путём сопоставления с существующими коммерческими системами .....	142
5.4 Выводы по главе .....	145
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	146
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	149
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	177
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	178
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	187
ПРИЛОЖЕНИЕ Д .....	188
ПРИЛОЖЕНИЕ Е .....	199
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж .....	200
ПРИЛОЖЕНИЕ З.....	201
ПРИЛОЖЕНИЕ И .....	202
ПРИЛОЖЕНИЕ К .....	204
ПРИЛОЖЕНИЕ Л .....	209
ПРИЛОЖЕНИЕ М .....	210
ПРИЛОЖЕНИЕ Н.....	214
ПРИЛОЖЕНИЕ О.....	215

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** 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 сбалансированное кормление животных, которое во многом определяется качеством кормов, в том числе комбинированных. Развитие данного направления регламентировано положениями Федеральной научно-технической программы (ФНТП) развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы.

По данным Росстата, по итогам 2024 года производство комбикормов увеличилось на 4% и составило 36,4 млн т. Наибольший прирост – на 6 %, до 16,1 млн т – отмечался в сегменте комбикормов для свиней, производство комбикормов для КРС прибавило 4 %, до 3,13 млн т [1]. В октябре 2025 года общий объем производства комбикормов вырос на 4 % относительно октября 2024 года, составив 3,203 млн т [2].

Общая мощность заводов составляет порядка 42 млн т в год, но существует потенциал увеличения до 45 млн т. Отрасль обеспечивается отечественным оборудованием на 75 %.

Однако существующая технологическая база многих предприятий требует модернизации и обновления. Многие предприятия используют устаревшие модели оборудования, что негативно сказывается на качестве конечной продукции и экономическом эффекте производственного процесса.

Анализ последних статистических данных позволяет сделать вывод о следующем:

- общий объем производства комбикормов ежегодно увеличивается благодаря росту поголовья животных и расширению сферы промышленного животноводства;

- возникают новые требования к качеству и составу комбикормов, обусловленные стремительным развитием биотехнологий и повышением стандартов пищевой безопасности;

– повышение конкуренции на рынке вынуждает производителей искать способы снижения себестоимости продукции без ущерба для её качественных характеристик.

Вместе с тем ряд ключевых проблем препятствует эффективному развитию отрасли: низкий уровень автоматизации технологических процессов на большинстве производств и отсутствие систематизированных методик анализа эффективности используемых технологических линий и технических средств.

Для преодоления указанных недостатков необходимы научно обоснованные рекомендации по выбору оптимального оборудования, учитывающие специфику конкретного региона, производственные условия и цели предприятия.

На рынке комбикормового оборудования РФ представлено более 90 компаний [3], 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 показатели применимы при оценке оборудования во время его эксплуатации. Проводя подбор, достаточно сложно оценить оборудование, а программ и критериев для его оценки на сегодняшний день не существует. В результате этого 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 в них 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. Мишуров, 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.

Вопросы эффективности работы комбикормовых линий рассматривались в ряде научных трудов 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.

А.В. Батищев, В.Е. Бердышев, Э.И. Ермолаев, Д.А. Жданко, Ю.П. Корнев, Я.С. Розенталь, Б.Д. Рубинштейн, Е.С. Свиридов, О.А. Щиголев занимались вопросами разработки и изучения комплексных показателей для оценки технических средств и заложили основу для широкого спектра методов оценки качества.

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 экономической эффективности использования комбикормового оборудования.

Среди наиболее значимых работ зарубежных ученых выделяются труды немецких специалистов А. Тэера, Э. Вольфа, Г. Армсби, занимающихся разработкой стандартов качества кормов и методов определения их питательной ценности, а также американских исследователей, таких как У.О. Этуотер и В.А. Генри, чьи научные достижения заложили основы современных методик оценки питательности кормов.

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 данных о качестве готовой продукции, а имеются только технические характеристики машин.

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

Для достижения данной цели поставлены следующие **задачи исследования**:

– провести анализ и разработать классификацию оценочных показателей эффективности комбикормового оборудования;

- разработать интегральный показатель эффективности комбикормового оборудования;
- составить алгоритм функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования;
- создать программу для оценки комбикормового оборудования, провести ее валидацию, верификацию и оценку надежности;
- выполнить оценку эффективности комбикормового оборудования в лабораторных условиях;
- осуществить подбор комбикормового оборудования для сельскохозяйственных организаций и оценить эффективность использования программы в производственных условиях;
- определить экономическую эффективность разработанной программы.

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

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

**Научную новизну работы составляют:**

- показатели качества комбикормового оборудования;
- интегральный показатель эффективности комбикормового оборудования, учитывающий важные для потребителя критерии, их значимость и взаимосвязь друг с другом;
- алгоритм функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования, устанавливающий связь между факторами, влияющими на эффективность оборудования, и критериями его оценки.

Научная новизна технического решения подтверждается свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024661687 Российской Федерации.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** 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 показатели качества.

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» Нижегородской области. Результаты производственной проверки и внедрения научных исследований программы подтверждены соответствующими актами (приложения М, Н).

**Методология и методы исследования.** Для проведения исследования использованы методы анализа, анкетирования, тестирования программного продукта, статистической обработки данных и планирования эксперимента. Оценка эффективности комбикормового оборудования проводилась в соответствии с установленными нормативными документами и стандартами отрасли.

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

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- классификация оценочных показателей эффективности комбикормового оборудования;
- интегральный показатель эффективности комбикормового оборудования;

- алгоритм функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования;
- программа для оценки комбикормового оборудования (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024661687 Российская Федерация);
- результаты валидации, верификации и оценки надежности программы;
- результаты оценки эффективности комбикормового оборудования в лабораторных условиях;
- результаты подбора комбикормового оборудования для сельскохозяйственных организаций Нижегородской области и производственной проверки программы в производственных условиях;
- результаты оценки экономической эффективности использования разработанной программы.

**Апробация.** 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.), V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и техники в современном мире» (Княгинино, 2025 г.) (приложение А).

**Связь темы исследований с государственными программами и НИР.**

Исследования выполнялись в соответствии с:

– «Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» (утверждена постановлением Правительства РФ 14 июля 2012 года № 717 (ред. от 22.05.2024));

– «Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы» (утверждена постановлением Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996 (в редакции постановлений Правительства РФ от 27.03.2025 г. № 395));

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 14 печатных работах, в том числе 10 работ, опубликованных в рецензируемых научных журналах, получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ (приложение Б).

**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, алгоритма функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования, программы для оценки комбикормового оборудования; реализация оценки эффективности комбикормового оборудования в лабораторных условиях; 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 165 страницах машинописного текста, включая библиографию из 149 наименований, 44 рисунка, 21 таблицу и 14 приложений.

# ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1 Современное состояние комбикормовой отрасли в России

На протяжении последнего десятилетия в России наблюдается положительная динамика в комбикормовой промышленности. По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, опубликованным в 2022 году, средние ежегодные темпы прироста производства комбикормов для сельскохозяйственных животных – 6,7 % [4]. По итогам 2024 года Россия остановилась на шестом месте в мире по объемам выпуска [1; 5]. Высокие темпы роста обусловлены, главным образом, постоянно увеличивающимся спросом на продукцию со стороны животноводческого комплекса.

Объемы производства комбикормов в России за первые два месяца 2025 года представлены в таблице 1.1. В данный период наблюдался рост производства лишь одного вида комбикормов – для сельскохозяйственной птицы. Объем производства составил 2,79 млн тонн, что на 3 % превышает прошлогодний показатель. Выпуск продукции для свиней, напротив, сократился на 3 % и составил 2,60 млн тонн. Производство кормов для крупного рогатого скота также уменьшилось на 2 %, достигнув отметки в 490 тыс. т [6].

Таблица 1.1 – Объем производства комбикормов в России

Вид комбикорма	2021	2022	2023	2024	2025	Темп роста (убыли), %
Производство комбикормов для сельскохозяйственной птицы, тыс. т	2 384	2 616	2 670	2 723	2 794	3 %
Производство комбикормов для свиней, тыс. т	2 116	2 281	2 458	2 684	2 599	-3 %
Производство комбикормов для КРС, тыс. т	387	445	493	499	490	-2 %
Производство прочих комбикормов, тыс. т	27	35	42	37	39	5 %
Всего произведено комбикормов, тыс. т	4 914	5 377	5 663	5 943	5 922	-0,4 %

Переориентация в приготовлении комбикормов объясняется колебаниями потребностей в животноводстве, включая мясное и яичное птицеводство, а также общую ситуацию на мясном рынке [7; 8; 9]. Также следует учитывать сезонные колебания в производственных показателях: как правило, в феврале наблюдается спад производства, однако к концу года объемы выпуска возрастают. В октябре 2025 года общий объем производства комбикормов увеличился на 4 % по отношению к октябрю предыдущего года, достигнув отметки в 3,203 млн тонн. В частности, для птицеводства было произведено 1,44 млн тонн (+1 %), для свиноводства – 1,45 млн тонн (+8 %), для крупного рогатого скота – 0,28 млн тонн (+5 %). Суммарная мощность предприятий по производству комбикормов составляет около 42 млн тонн в год, при этом есть возможность нарастить ее до 45 млн тонн. Важно отметить, что отрасль на 75 % оснащена оборудованием российского производства [2].

Качество отечественных комбикормов находится на высоком уровне, они успешно конкурируют на мировом рынке. Имеющиеся на данный момент объемы выпуска в полной мере обеспечивают потребности внутреннего животноводческого комплекса страны. Доля импорта готовых комбикормов крайне мала по сравнению с собственными объемами производства на территории Российской Федерации. Основным приобретателем российских комбикормов в последние годы стали Турция, закупившая 56 % от общего экспортного объема. В числе ключевых потребителей также оказались Китай и Белоруссия.

Рынок комбикормов в России уверенно переходит к концентрации производства в агрохолдинги, которые имеют планы по увеличению производства мяса и птицы, а соответственно, за этим будет следовать расширение производственных мощностей. Крупнейшие производители комбикормов кооперируются в пищевые холдинги, состоящие из структурных подразделений. Их основными функциями являются выполнение полного комплекса операций от выращивания сельскохозяйственных культур и производства комбикормов до реализации готовой продукции на внутренние и зарубежные рынки [10; 11; 12; 13; 14]. Независимые комбикормовые предприятия ввиду снижения спроса на свою продукцию будут вынуждены сокращать объемы производства. Интеграция комбикормовой и животноводческой

отраслей в России в целом соответствует мировым тенденциям, и ее доминирование ведет к ряду преимуществ:

- повышение качества готовых комбикормов за счет использования современного высокотехнологичного и наукоемкого оборудования;
- экономическая выгода от использования собственных исходных компонентов;
- независимость от поставщиков и сторонних организаций.

Согласно данным Росстата на апрель 2025 года, в Российской Федерации зарегистрировано свыше 50 тысяч предприятий, специализирующихся на растениеводстве, животноводстве и охоте (согласно коду ОКВЭД 01) [1; 5]. Эти компании характеризуются различным масштабом деятельности, технологиями производства и потребностями в кормовой базе [5]. По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, основное промышленное производство сосредоточено в Алтайском крае, Белгородской, Калужской, Курской, Ленинградской, Липецкой, Московской, Новосибирской, Ростовской, Ульяновской, Тверской областях и в Республике Мордовия (рисунок 1.1) [3].



Рисунок 1.1 – Распределение объема производства комбикормов по федеральным округам\*

\*Источник: составлено автором по данным [3]

Организационная и функциональная деятельность любого комбикормового завода базируется на ряде фундаментальных положений, имеющих под собой научное обоснование и апробацию. В соответствии с «Правилами организации и веде-

ния технологических процессов производства продукции комбикормовой промышленности» можно выделить наиболее важные положения, оказывающие решающее значение на эффективную работу данных заводов [15]:

1. По сравнению с поочередным скармливанием отдельных компонентов производство комбикормов является более целесообразным с экономической точки зрения: происходит снижение трудовых затрат на приготовление кормов за счет механизации и автоматизации процесса; увеличивается производительность труда.

2. Увеличение питательности комбикормов за счет применения комплекса биологически активных веществ, рассчитанных в соответствии с нормами питательности и химического состава, по научно обоснованной рецептуре и показателям качества.

3. Для качественной переработки исходного сырья в комбикорм необходимы глубокие знания исходных свойств данного сырья: физико-механических, биохимических, микробиологических, свойств самовозгорания и т. п.

4. К основным операциям при производстве комбикормов относят: измельчение, просеивание, взвешивание, смешивание, дозирование, гранулирование и т. д.

5. При проектировании техники и технологий производства комбикормов основываются на принципах, связанных с улучшением процессов и управления.

6. Основными критериями эффективности технологического процесса являются: максимум высококачественной продукции, соответствующей зоотехническим требованиям; минимум энергетических и трудовых затрат на проведение технологических операций; минимум простоев техники; минимум потерь исходного сырья в процессе производства.

Основываясь на вышесказанном, оценку современного состояния техники и технологий производства комбикормов нужно проводить с учетом следующих факторов [16; 17; 18; 19; 20; 21]:

– соответствие техники и технологии показателям качества комбикормов, свойствам перерабатываемого сырья;

– соответствие построения входящих в технологическую схему технологических линий производительности (мощности) комбикормового предприятия при выработке различных рецептов;

– соответствие характеристик и технических параметров машин требуемому качеству проведения технологических операций по переработке сырья в конечную продукцию.

В настоящее время наиболее актуальны направления по созданию и внедрению перспективной техники и технологий для механизации приготовления комбикормов. Особое значение приобретает внедрение прогрессивных технологических процессов переработки продуктов и более совершенных технологических средств, а на основе их – поточных технологических линий приготовления различных продуктов [22].

Анализ патентных решений в области использования технологических средств и оборудования для приготовления полнорационных комбикормов для различных половозрастных групп сельскохозяйственных животных показал, что наиболее оптимальный состав технологического оборудования для производства рассыпных комбикормов (таблица 1.2) и оборудования для их дополнительной обработки (таблица 1.3) включает в себя следующие позиции [23]:

Таблица 1.2 – Перечень оборудования, используемого при производстве рассыпных комбикормов

Прием сырья	Подготовка сырья	Обработка компонентов корма	Выгрузка готового комбикорма
<ul style="list-style-type: none"> <li>- загрузочный бункер</li> <li>- накопительный бункер</li> <li>- емкость для компонентов</li> <li>- бункер ворошитель-накопитель</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дозатор</li> <li>- сепаратор</li> <li>- аспиратор</li> <li>- увлажнитель</li> <li>- дробилка</li> <li>- эжектор</li> <li>- магнитная колонка</li> <li>- циклон</li> <li>- вентилятор</li> <li>- сушилка</li> <li>- камнеотборник</li> <li>- просеивающая машина</li> <li>- установка шоковой разморозки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- смеситель</li> <li>- измельчитель</li> <li>- устройство для гидротермической обработки сырья</li> <li>- кавитационная установка</li> <li>- установка ИК-облучения</li> <li>- реактор тепловой обработки</li> <li>- реактор баротермической обработки</li> <li>- ионизатор</li> <li>- парогенератор</li> <li>- кондиционер</li> <li>- вентиляторная камера</li> <li>- аэрационная камера</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- бункер-накопитель готовой продукции</li> <li>- приемная камера</li> </ul>

Таблица 1.3 – Оборудование, используемое при гранулировании, экструдировании и экспандировании комбикормов

Гранулирование	Экструдирование	Экспандирование
<ul style="list-style-type: none"> <li>- гранулятор</li> <li>- охладитель</li> <li>- циклон</li> <li>- вентилятор</li> <li>- парогенератор</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- экструдер</li> <li>- охладитель</li> <li>- пастоприготовитель</li> <li>- сушилка</li> <li>- дегазатор-паросорбер</li> <li>- дражировочный аппарат</li> <li>- кондиционер</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- экспандер</li> <li>- структуратор</li> <li>- вальцевой станок</li> <li>- просеиватель</li> </ul>

В результате увеличения санкционного давления Запада в отношении России рынок комбикормов испытывает неопределенность [24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35]. На фоне этого выявляется ряд серьезных проблем: нарушение логистических связей при приобретении оборудования и компонентов; неопределенность иностранных компаний по дальнейшему сотрудничеству с Россией; неопределенность на финансовом рынке [36; 37; 38; 39].

Для развития высокоэффективного сельского хозяйства и обеспечения животных высококачественными комбикормами необходим комплекс мероприятий, формирующих условия развития производственной и технологической базы в отрасли.

Данное направление развития невозможно без разработки действенных механизмов поддержки со стороны государства [40; 41; 42; 43; 44]. На регулирование этого вопроса направлена Федеральная научно-техническая программа (ФНТП) развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы. С её помощью планируется обеспечить российский рынок высококачественной и конкурентоспособной сельскохозяйственной продукцией отечественного производства. Среди ее целей – развитие отечественных технологий производства и использования комбикормов, их ингредиентов, позволяющих повысить сбалансированность кормления сельскохозяйственных животных и птицы [45].

В соответствии с [46; 47] одной из основных мер государственной поддержки является субсидирование процентных ставок по кредитам, привлекаемым предприя-

тиями для приобретения нового оборудования, строительства и реконструкции производственных мощностей. Это позволяет снизить финансовую нагрузку на производителей и стимулировать инвестиции в обновление технологической базы [48].

В рамках государственной политики стимулируется развитие экспорта российских комбикормов. Предприятиям, экспортирующим свою продукцию, предоставляются льготные условия кредитования, а также оказывается помощь в продвижении продукции на внешних рынках. Это позволяет расширить рынки сбыта и увеличить валютную выручку.

Важным аспектом государственной поддержки является создание благоприятной нормативно-правовой среды для развития комбикормовой отрасли. Государство постоянно совершенствует законодательство в области производства и обращения комбикормов, а также упрощает процедуры лицензирования и сертификации. Это позволяет снизить административные барьеры и создать более благоприятные условия для ведения бизнеса.

Государственная поддержка также проявляется в стимулировании инноваций и научных исследований в области комбикормового производства. Выделяются гранты на разработку новых рецептур комбикормов, улучшенных технологий производства и контроля качества. Особое внимание уделяется разработке комбикормов, обогащенных витаминами, минералами и другими полезными веществами, для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы.

Кроме того, государство активно содействует развитию отечественного производства оборудования для комбикормовой промышленности. Поддерживаются предприятия, разрабатывающие и производящие современные комбикормовые заводы, линии гранулирования, смесители и другое оборудование. Это позволяет снизить зависимость от импортного оборудования и обеспечить комбикормовые предприятия современными технологиями.

Таким образом, государственная поддержка является важным фактором, определяющим выбор комбикормового оборудования, способствуя модернизации производства, повышению качества комбикормов и, в конечном итоге, развитию

агропромышленного комплекса страны, оказывает существенное влияние на решения сельскохозяйственных предприятий при выборе комбикормового оборудования, стимулируя модернизацию и повышение эффективности производства. В связи с этим логично прогнозировать возникновение инновационных технических решений в области появления современного комбикормового оборудования. Подобное расширение ассортимента усложнит процесс принятия решения на этапе подбора, что обуславливает необходимость разработки четких критериев оценки оборудования уже на этапе его приобретения.

## **1.2 Анализ показателей эффективности использования оборудования**

Выбор оборудования, которое соответствует потребностям предприятия и позволяет эффективно выполнять свою работу, должен быть основан на использовании оценочных показателей, анализ которых в совокупности позволит принять обоснованное решение об эффективности использования оборудования [49].

Выполнив анализ эффективности использования сельскохозяйственного оборудования и техники, можно сформулировать ряд приоритетных целей и тенденций их развития [50; 51; 52; 53]:

- ресурсосбережение;
- увеличение энергооснащенности и энергообеспечения;
- повышение технического уровня, качества и надежности техники: внедрение новых технологий в производство сельскохозяйственного оборудования;
- создание комфортных и безопасных условий труда;
- широкое применение электроники, интеллектуальных, автоматизированных и роботизированных систем;
- новые технологии обслуживания и ремонта техники и оборудования;
- повышение профессионализма кадров.

Для того чтобы охарактеризовать процесс использования оборудования и техники, обосновать правильность выбора тех или иных параметров, применяются различные показатели, которые можно классифицировать по нескольким категориям: показатели энергетической эффективности использования оборудования, показатели ресурсоэффективности, экономические показатели, показатели качества готовой продукции и комплексные показатели эффективности (рисунок 1.2) [54].

Рассмотренные показатели эффективности отражают способность оборудования и технологических решений достигать поставленных целей при оптимальном использовании ресурсов, а также сделать обоснованный выбор на стадии их приобретения.



Рисунок 1.2 – Показатели оценки эффективности использования техники и технологий приготовления комбикормов

Тщательный анализ данных показателей позволит оценить успешность подбора техники и технологий приготовления комбикормов, выявить слабые места и принять меры по рационализации производственного процесса.

### **1.2.1 Показатели энергетической эффективности использования оборудования**

Увеличение энергетической эффективности производства напрямую связано с экономным расходом энергоресурсов. Используя критерии оценки энергоэффективности работы того или иного оборудования, устанавливаются некие ориентиры, к которым необходимо стремиться, определяются резервы, а также сла-

бые места в расходовании энергии. Единого показателя оценки энергоэффективности оборудования не существует. При расчетах используются различные критерии. Энергетический анализ дает возможность с помощью эквивалентов (коэффициент энергетических затрат, уровень интенсификации) определить эффективность технологического процесса [55; 56; 57; 58; 59].

Существующие стандартизированные показатели часто основываются на идеальных условиях эксплуатации. В реальном производственном процессе, где присутствуют переменные нагрузки, перепады температур и влажности, фактическая энергоэффективность оборудования может значительно отличаться от заявленной в лабораторных условиях. Это создает риск переоценки эффективности и, как следствие, недополучения ожидаемой экономии электроэнергии. Также данные показатели обычно рассматривают отдельные единицы оборудования, не учитывая их взаимосвязь и взаимодействие в рамках всей технологической линии. Снижение энергопотребления отдельных машин может не привести к общему снижению энергозатрат завода, если игнорировать системный подход. А главным образом необходимо отметить, что существующие показатели энергоэффективности ориентированы именно на оценку энергоэффективности оборудования в процессе эксплуатации, а не на этапе его подбора. Это связано с тем, что большинство показателей рассчитываются на основании реальных эксплуатационных данных. Поэтому на стадии приобретения оборудования полагаться исключительно только на существующие показатели энергоэффективности недостаточно.

### **1.2.2 Показатели ресурсоэффективности использования оборудования**

Ресурсоэффективность оборудования – это комплексное понятие, охватывающее минимальное потребление ресурсов (энергии, воды, сырья) при максимальной производительности и минимизации отходов. Показатели ресурсоэффективно-

сти играют важнейшую роль как при эксплуатации, так и при выборе оборудования. Выбор оборудования с высокими показателями эффективности приводит к снижению эксплуатационных расходов, уменьшению воздействия на окружающую среду и повышению конкурентоспособности предприятия.

Для эффективности работы технологического оборудования немаловажным является расчет следующих показателей: коэффициент загрузки, коэффициент эффективности загрузки, коэффициент производственной загрузки, коэффициент готовности, коэффициент потерь оператора (таблица 1.4) [60].

Таблица 1.4 – Показатели ресурсоэффективности использования оборудования<sup>1</sup>

КПЭ	Цель показателя	Расчет показателя
Коэффициент загрузки (Кз)	Оценка степени загрузки оборудования	Отношение времени производства продукции к фонду рабочего времени
Коэффициент эффективности загрузки (Кэз)	Оценка загрузки оборудования, когда оно работает	Отношение времени производства продукции к времени, когда оборудование работает
Коэффициент производственной загрузки (Кзп)	Определяет долю штучно-калькуляционного времени по отношению к фонду работы	Отношение времени производства продукции и производственного простоя к фонду рабочего времени
Коэффициент готовности (Кг)	Оценка вероятности того, что оборудование окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение оборудования по назначению не предусматривается	Отношение времени исправной работы к сумме времени исправной работы и вынужденных простоев оборудования
Коэффициент потерь оператора (Кпо)	Оценка простоя оборудования по вине оператора	Отношение времени нерегламентированного простоя к фонду рабочего времени

Значения коэффициентов, представленных выше, используются при оценке ресурсоэффективности технического средства, основываясь на данных, полученных в процессе его эксплуатации. Но на текущий момент отсутствуют общепринятые показатели для оценки эффективности использования ресурсоэффективности оборудования на этапе его приобретения. В связи с этим нашей целью является создание и внедрение таких показателей. Правильный подход к оценке и реализации позволит предприятиям не только снизить затраты и повысить конкурентоспособность, но и внести вклад в устойчивое развитие.

<sup>1</sup> Источник: составлено автором по данным [60].

### 1.2.3 Показатели экономической эффективности использования оборудования

Согласно положениям, описанным в [61], проектирование новых технических средств и технологий направлено на модернизацию уже существующего оборудования, а их экономическая эффективность может быть обусловлена факторами следующих категорий:

1) интенсификация технологического процесса, технологической оснастки, в том числе рабочих органов оборудования, техники применения. Это позволит снизить время одного технологического цикла и увеличить ресурс рабочих органов, а как следствие, уменьшение большинства затрат по статьям технологической себестоимости продукции, цеховые и общепроизводственные расходы;

2) экономия средств предприятия, связанных с уменьшением затрат на приобретение, восстановление, утилизацию, эксплуатацию технологических средств;

3) повышение качества получаемого продукта.

Экономический эффект от применения новой техники и технологий возможен даже при выполнении одного из вышепредставленных показателей. Максимальное значение показателя эффективности будет достигаться при условии совместного действия критериев: например, увеличение срока работоспособности технического средства при одновременном увеличении рабочих органов и снижении количества бракованной готовой продукции [54].

Согласно «Методики определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники», информационной базой для экономической оценки технических средств и технологий являются следующие факторы [55]:

а) зональные условия ведения сельскохозяйственного производства (продуктивность животных, способы кормления и содержания, вид конечной продукции и т. п.);

б) технические, технологические, эксплуатационные, социально-экономические и экологические показатели использования сельскохозяйственной техники для производства продукции животноводства.

Источниками получения информации об основных технико-экономических параметрах оборудования могут являться: данные о производительности, расходу топлива, надежности и т. п. [62; 63; 64].

Как правило, экономическая эффективность техники и технологий определяется путем сравнения величины экономического эффекта проектируемого оборудования с величиной экономического эффекта существующего оборудования, которое принимают в качестве базового. Формула для определения экономического эффекта имеет вид [65]:

$$\mathcal{E}_{HT} = (ПЗ_{баз} - ПЗ_{нов}) \cdot N_{нов} = [(C_{баз} + E_n \cdot K_{баз}) - (C_{нов} + E_n \cdot K_{нов})] \cdot N_{нов}, \quad (1.1)$$

где  $\mathcal{E}_{HT}$  – экономический эффект от внедрения новой техники или технологии, руб.;  $ПЗ_{баз}$  – приведенные затраты на производство единицы продукции с помощью базового варианта техники и технологии, руб.;  $ПЗ_{нов}$  – приведенные затраты на производство продукции с помощью новой техники или технологии, руб.;  $N_{нов}$  – годовой объем производства продукции с помощью новой техники и технологии, ед.;  $C_{баз}$  – себестоимость продукции базового варианта, руб.;  $C_{нов}$  – себестоимость продукции на основе новой техники и технологии, руб.;  $K_{баз}$  – капиталовложения на единицу продукции базового варианта, руб.;  $K_{нов}$  – капиталовложения на единицу продукции на основе новой техники и технологии, руб.;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений [65].

На этапе подбора данные показатели могут быть применены путем проведения детального анализа затрат, связанных с приобретением оборудования. Необходимо оценить стоимость приобретения, установки, обучения персонала. Прогнозируемый объем производства, производительность, затраты на рабочую силу и материалы – все это факторы, которые следует учитывать при расчете экономической эффективности. На основе полученных данных можно принять обоснованное решение о целесообразности приобретения рассматриваемого оборудования.

### 1.2.4 Комплексный показатель эффективности использования оборудования

Оценка эффективности использования оборудования может быть основана на применении KPI-показателей (KPIЭ, ключевые технико-экономические показатели для управления производственными (технологическими) операциями) [54; 66].

Одним из основных ключевых показателей при оценке эффективности работы технологического оборудования является комплексный показатель ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness) – коэффициент общей эффективности использования оборудования. ОЕЕ учитывает готовность (доступность) оборудования, его эффективность (производительность) и качество продукции, выпускаемой на данном оборудовании [67].

Оценка работы оборудования при помощи коэффициента ОЕЕ основана на совокупности показателей, характеризующих различные аспекты работы оборудования, включающие простои, снижение скорости работы и потери качества. Благодаря показателю ОЕЕ можно своевременно выявлять и устранять потери, проводить сравнительный анализ прогресса и повышения производительности оборудования. Если показатель эффективности равен 100 % – это означает, что оборудование производит только качественную продукцию без дефектов, с максимальной производительностью и без остановок [66, 67].

Общая эффективность оборудования (ОЕЕ) включает в себя 3 критерия: доступность, производительность и качество (рисунок 1.3) [68].

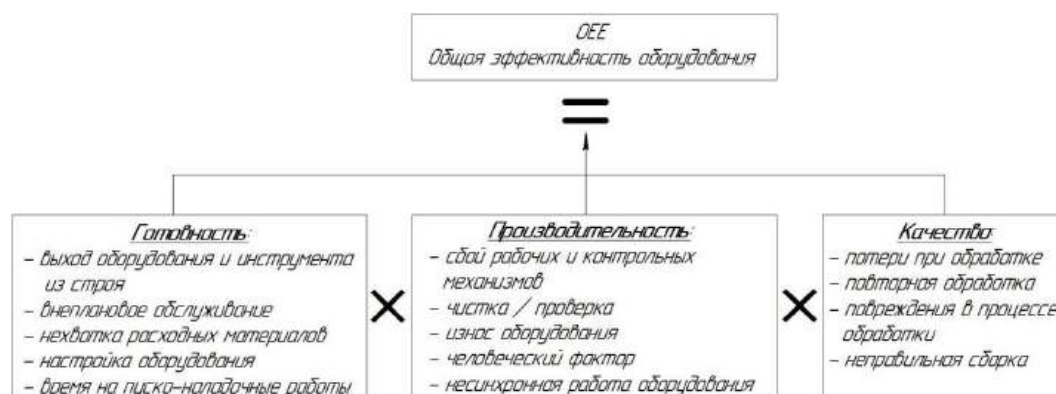


Рисунок 1.3 – Методика расчета показателя ОЕЕ по данным консалтинговой компании First National Consulting Group\*

\*Источник: составлено автором по данным [68]

Критерий «Доступность (готовность) оборудования» ( $A$  – Availability) – время доступности (готовности) оборудования для выпуска продукции по отношению к плановому времени работы. На показатель доступности влияют остановки, поломки, наладка, отсутствие исходных материалов и компонентов, места для размещения продукции и т. д. – это все время незапланированного простоя оборудования, которое могло быть использовано для производства продукции. Таким образом, критерий «Доступность (готовность) оборудования» рассчитывается как отношение между фактическим временем производства продукции и запланированным временем [67]:

$$A = \frac{T_{МАШ}}{T_{ФОНД}}, \text{ ч/ч}, \quad (1.2)$$

где  $T_{МАШ}$  – фактически отработанное время (операционное время – рабочее время, оставшееся после учета остановок), ч;  $T_{ФОНД}$  – фонд времени работы оборудования [67], ч.

$$T_{МАШ} = T_{ФОНД} - T_{П.ОСТ.}, \text{ ч}, \quad (1.3)$$

где  $T_{П.ОСТ.}$  – время плановых и внеплановых остановок оборудования (время, которое исключают из анализа эффективности в связи с тем, что производство в данный момент невозможно), ч.

Критерий «Производительность (эффективность)» ( $P$  – Performance) отражает, насколько фактическая работа оборудования близка к номинальной производительности. Данный показатель сравнивает фактический выпуск готовой продукции с расчетным (планируемым). На показания критерия эффективности влияют факторы, снижающие рабочую скорость оборудования по сравнению с заданной [67].

Производительность рассчитывается как отношение произведенного количества продукции на время, когда оборудование работало, и разделенное на время цикла для изготовления одной единицы продукции. По аналогии рассчитывается

производительность как отношение фактического количества произведенной продукции к плановому не будет ошибкой [67]:

$$P = \frac{T_{ц.ед}}{T_{маш}} \cdot Q_{\phi}, \text{ кг}, \quad (1.4)$$

где  $Q_{\phi}$  – объем фактически произведенной продукции, выпущенной за время  $T_{маш}$ , кг;  $T_{ц.ед}$  – идеальное время цикла, теоретическое минимальное время, необходимое для выпуска единицы продукции, ч [67].

Для расчета критерия «Производительность» важно наличие достоверной информации по идеальному (расчетному) машинному времени для каждой технологической операции. В противном случае неверно будет рассчитана не только «Производительность», но и показатель ОЕЕ.

Критерий «Качество» (Q – Quality) означает качество и определяется общим количеством продукции, соответствующей установленным требованиям, по сравнению с общим количеством выпущенной продукции [67]:

$$Q = \frac{Q_{кач}}{Q_{\phi}}, \text{ кг/шт.}, \quad (1.5)$$

где  $Q_{кач}$  – выпуск продукции, соответствующей установленным требованиям, за время  $T_{маш}$ , кг.

В некоторых производствах данный показатель характеризует потери времени на производство бракованной продукции и исправления брака. Также его можно рассчитать как отношение разности машинного времени и времени на выпуск некачественной продукции для всех технологических операций, где был обнаружен брак, и времени исправления брака к машинному времени [67]:

$$Q = \frac{T_{маш} - T_{бр} - T_{испр.бр}}{T_{маш}}, \quad (1.6)$$

где  $T_{бр}$  – время, затраченное на выпуск бракованной продукции, ч;  $T_{испр.бр}$  – время, затраченное на исправление брака, ч.

Исходя из вышеизложенного, показатель общей эффективности оборудования (ОЕЕ) опирается не на номинальную мощность и время работы оборудования, а оценивает эффективность с трех сторон: готовность (А), эффективность (Р) и качество (Q) и рассчитывается по формуле [67]:

$$ОЕЕ = \text{Доступность (A)} \cdot \text{Производительность (P)} \cdot \text{Качество (Q)}. \quad (1.7)$$

Уровень эффективности производства и оборудования выше 80 % считается наиболее хорошим. Менее эффективным считается использование оборудования при значении показателя ОЕЕ в пределах 65–75 %. При данных значениях наблюдается неиспользуемый резерв в использовании технических средств производства. При значении показателя менее 65 % эффективность использования оборудования считается низкой и необходимо принимать меры по улучшению качества его использования. Движение показателя общей эффективности производства и оборудования позволяет отслеживать происходящие улучшения/ухудшения за конкретный промежуток времени. Снижение значения коэффициента может свидетельствовать о неиспользуемой мощности технологического процесса.

Данный показатель оптимален для анализа эффективности оборудования в процессе его работы, но мало полезен при принятии решения на стадии приобретения нового оборудования.

### **1.2.5 Комплексная оценка качества оборудования на машинно-испытательных станциях**

Оценка оборудования на машинно-испытательных станциях (МИС) – это процедура всестороннего испытания сельскохозяйственной техники, проводимая специально аккредитованными организациями для подтверждения заявленных производителем характеристик и соответствия установленным нормам и правилам. Целью таких испытаний является проверка качества и работоспособности техники в реальных полевых условиях.

В заключении машиноиспытательных станций (МИС) отражается одно из трех решений о соответствии машин пункту 24 Положения № 740 [69; 70]:

а) сельскохозяйственная техника (оборудование) соответствует установленным критериям определения эффективности, ее функциональные характеристики соответствуют характеристикам, указанным заявителем;

б) сельскохозяйственная техника (оборудование) соответствует установленным критериям определения эффективности, но ее функциональные характеристики не соответствуют характеристикам, указанным заявителем;

в) сельскохозяйственная техника (оборудование) не соответствует установленным критериям определения эффективности.

Испытание комбикормового оборудования на машиноиспытательных станциях (МИС) является важным этапом в обеспечении его надежной и эффективной работы в сельскохозяйственном производстве. Эти испытания позволяют оценить соответствие оборудования заявленным техническим характеристикам, выявить недостатки конструкции и определить оптимальные режимы эксплуатации [70].

Система государственных зональных машиноиспытательных станций (ФГБУ МИС) в РФ включает в себя 10 машиноиспытательных станций: Алтайскую, Владимирскую, Кировскую, Кубанскую, Подольскую, Поволжскую, Северо-Западную, Северо-Кавказскую, Сибирскую, Центрально-Черноземную [70].

Основной целью испытаний, проводимых МИС в отношении комбикормового оборудования, является подтверждение его соответствия требованиям нормативных документов и технических условий [71]. Задачи включают в себя:

- определение производительности и энергоэффективности оборудования;
- оценку качества измельчения и смешивания компонентов комбикорма;
- измерение уровня шума и вибрации;
- исследование надежности и долговечности узлов и агрегатов;
- определение безопасности эксплуатации оборудования.

МИС представляют собой комплекс специализированных стендов и измерительных приборов, позволяющих воспроизводить реальные условия работы комбикормового оборудования и регистрировать широкий спектр параметров [70].

Испытания на МИС проводятся в соответствии с разработанными методиками, которые включают в себя как лабораторные, так и полевые испытания. Методики учитывают особенности конкретного типа оборудования и предъявляемые к нему требования (в соответствии с Положением № 740) [69; 70].

Этапы испытаний включают в себя [70]:

1. Подготовительный этап: изучение технической документации, подготовка оборудования и измерительных приборов.

2. Предварительные испытания: оценка работоспособности оборудования, выявление явных дефектов.

3. Основные испытания: проведение измерений и наблюдений для определения основных характеристик оборудования.

4. Обработка результатов: анализ полученных данных, составление протокола испытаний.

5. Заключительный этап: формулирование выводов о соответствии оборудования требованиям нормативных документов.

Результаты испытаний служат основанием для принятия решений о допуске оборудования к эксплуатации, его сертификации и включении в реестр рекомендованной техники. Они также используются для совершенствования конструкции оборудования и разработки новых технологий производства комбикормов. Проведение испытаний на МИС обеспечивает уверенность в качестве и безопасности комбикормового оборудования, что, в свою очередь, способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства [70].

Оборудование, успешно прошедшее тестирование в рамках МИС и получившее одобрение по результатам протокола, характеризуется гарантированно высоким уровнем качества и отказоустойчивости. Его соответствие заданным нормативам и требованиям подтверждено, что сводит к минимуму потенциальные риски возникновения неисправностей или других проблем в процессе эксплуатации. Любая техника, прошедшая проверку МИС на предмет соответствия ключевым показателям, отличается оптимальными параметрами и функциональными возможностями.

стями, необходимыми для решения поставленных задач АПК. Ее применение способствует повышению производительности труда сельхозтоваропроизводителей, увеличению общего объема производства в сельскохозяйственной отрасли и получению готового продукта нормированного качества [70].

### **1.2.6 Методы комплексной оценки эффективности новой техники и технологий**

Внедрение новых технологий и техники является ключевым фактором повышения конкурентоспособности и эффективности любого предприятия. Однако оценка целесообразности и результативности таких инвестиций требует комплексного подхода, учитывающего не только экономические, но и технологические, технические и другие аспекты. В этой связи разработка и применение комплексного показателя эффективности становятся необходимым инструментом для принятия обоснованных управленческих решений [72; 73].

Одним из подходов к формированию комплексного показателя является агрегирование различных частных показателей, характеризующих отдельные аспекты эффективности. Например, экономическая эффективность может оцениваться через показатели рентабельности инвестиций, срока окупаемости, снижения себестоимости продукции, а технологическая эффективность может быть оценена на основе показателей производительности, надежности оборудования, степени автоматизации производственных процессов.

Важным этапом является выбор весовых коэффициентов для каждого частного показателя, отражающих его значимость в общей оценке эффективности. Весовые коэффициенты могут быть определены экспертным путем, на основе анализа статистических данных или с использованием методов математического моделирования [74; 75; 76].

Взвешивание критериев в комплексной оценке при подборе оборудования помогает определить степень важности каждого критерия для принятия решения [76]. Это позволяет сделать более обоснованный выбор, учитывая все аспекты и приоритеты.

На данный момент существует три метода взвешивания критериев:

1. Ранговый метод. Данный метод предполагает установление приоритетов среди критериев путем ранжирования их по степени важности. Этот метод основывается на предположении, что некоторые критерии являются более важными или имеют больший вес в принятии решений, чем другие.

Шаги проведения рангового метода взвешивания критериев:

– определение критериев: необходимо определить все критерии, которые играют роль в оценке комбикормового оборудования, например, производительность, технологичность, комплектация и т. д;

– ранжирование критериев: проводится сравнительное ранжирование всех критериев на основе их важности для решения конкретной задачи. Назначается каждому критерию ранг: для значений коэффициентов энергетических и экономических затрат – меньшее значение получает меньший ранг; для значений остальных критериев – большее значение получает меньший ранг;

– суммирование весов: необходимо сложить ранги, присвоенные каждому критерию, чтобы получить общий показатель важности для каждого критерия;

– использование результатов: по завершении процесса ранжирования и присвоения весов получим информацию о самых лучших линиях по рассматриваемым показателям, что поможет сделать обоснованный выбор комбикормового оборудования.

Несмотря на то, что ранговый метод взвешивания критериев достаточно прост в использовании, у него есть некоторые недостатки, которые следует учитывать:

А. Ограниченность: ранговый метод не позволяет установить точные числовые значения весов для каждого критерия, что может быть недостаточно точным, особенно при принятии сложных решений.

Б. Неупорядоченность: при ранжировании критериев могут возникнуть ситуации, когда критерии имеют одинаковый или близкий ранг, что затрудняет различение между ними и оценку их важности.

В. Неучет взаимосвязей: ранговый метод не учитывает возможные взаимосвязи между критериями и их влияние друг на друга, что может привести к упрощенной или неточной оценке важности критериев.

Г. Относительность: результаты рангового метода могут быть относительными и зависеть от выбора и количества критериев, что усложняет сравнение результатов между разными альтернативами.

Из-за этих недостатков важно применять ранговый метод в сочетании с другими методами взвешивания критериев или с учетом дополнительных аспектов, чтобы получить более точные и надежные результаты при принятии решений.

2. Метод стандартизации. Данный метод используется для приведения данных к общему масштабу или стандартной форме путем преобразования их значений в соответствии с определенными критериями. Этот метод позволяет сравнивать и анализировать данные, которые изначально имели разные шкалы измерения или диапазоны значений.

Шаги проведения метода стандартизации:

- определение критериев: необходимо определить все критерии, которые играют роль в оценке комбикормового оборудования;
- стандартизирование значений критериев: все показатели необходимо привести к стандартизированным значениям по формуле:

$$y_i = \frac{x_i - x'}{\sigma}, \quad (1.8)$$

где  $x_i$  – значение  $i$ -го критерия;  $x'$  – величина среднего значения по  $i$ -му критерию для всех сравниваемых линий;  $\sigma$  – величина стандартного отклонения;

- суммирование весов: необходимо сложить все стандартизированные значения критерия по каждой из линий, чтобы получить общий показатель важности для

каждого критерия. Соответственно, чем меньше стандартизированное значение, тем лучше данный экземпляр техники по рассматриваемым критериям;

– использование результатов: по завершении процесса стандартизации и присвоения весов получим информацию о наиболее подходящих линиях по рассматриваемым показателям, что поможет сделать обоснованный выбор комбикормового оборудования.

Преимущества метода стандартизации:

А. Облегчает сравнение: приведение данных к общему масштабу позволяет более точно сравнивать и анализировать их, особенно если они имели разные исходные шкалы измерения.

Б. Улучшает интерпретацию: стандартизация позволяет лучше интерпретировать данные и оценивать их значимость, так как они находятся в стандартной форме.

В. Устраняет эффект масштаба: приведение данных к стандартной форме позволяет избежать эффекта масштаба, который может привести к искажению результатов анализа.

Недостатки метода стандартизации:

А. Потеря информации: при стандартизации данных может произойти потеря информации из-за преобразования их к новому масштабу.

Б. Усложнение интерпретации: стандартизация может усложнить интерпретацию данных, поскольку они изменяют свои значения и их оригинальное значение становится менее очевидным.

В целом метод стандартизации является важным инструментом для анализа данных и позволяет упростить их сравнение и интерпретацию. Однако перед его применением необходимо учитывать как преимущества, так и недостатки этого метода при подборе оборудования.

3. Метод расстановки приоритетов. Это метод анализа и принятия решений, который позволяет определить относительную важность критериев при выборе оборудования. Этот метод может быть использован для определения приоритетов

и весов критериев, которые следует учитывать при выборе определенного оборудования.

Шаги метода расстановки приоритетов при расчете оборудования включают следующее [76]:

- определение критериев: необходимо определить все критерии, которые играют роль в оценке оборудования;

- оценка критериев: определяется важность каждого критерия и оценивается их относительная значимость в выборе оборудования;

- присвоение весов критериям: необходимо присвоить каждому критерию вес, отражающий его относительную важность. Эти веса могут быть определены с помощью экспертных оценок, опросов или анализа данных;

- принятие решения: на основе проведенных операций принимается решение о выборе наиболее подходящего оборудования, которое наилучшим образом будет соответствовать установленным критериям и приоритетам.

Преимущества метода расстановки приоритетов при расчете оборудования включают возможность систематизации и учета всех важных критериев при выборе оборудования, а также возможность объективно оценить и сравнить альтернативы. Однако важно учитывать, что этот метод может быть подвержен влиянию субъективных оценок и предпочтений оценщиков, что может привести к искажению результатов. Разные люди могут по-разному оценивать важность критериев, что может повлиять на общую оценку. Поэтому необходимо проводить процесс принятия решений внимательно и объективно.

Комплексный показатель, полученный по одному из представленных выше методов, позволяет не только оценить текущую эффективность внедрения новых технологий и техники, но и проводить сравнительный анализ различных вариантов модернизации, прогнозировать будущие результаты и разрабатывать стратегии повышения эффективности производства. В конечном итоге применение комплексного показателя способствует принятию более обоснованных инвестиционных решений и повышению конкурентоспособности предприятия.

Несмотря на то, что многокритериальные подходы к анализу эффективности оборудования предлагают разностороннюю картину преимуществ машин и технологий, они обладают существенным недостатком: все три способа предполагают обезличивание степени значимости и вычисление комплексного показателя в относительных величинах, что приводит к искажению картины и потере исходной значимости критериев. Поэтому необходим комплексный показатель, который позволит не только более объективно оценить оборудование, но и обеспечит большую прозрачность и обоснованность процесса принятия решений с учетом реального веса каждого отдельного критерия и его влияния на другие. Это повысит доверие к результатам оценки. В конечном итоге это будет способствовать более эффективному распределению ресурсов предприятия и достижению поставленных целей.

### **1.3 Обзор и анализ программ для оценки комбикормового оборудования**

В настоящее время имеют место различные программные продукты для оценки эффективности работы комбикормовой отрасли, которые помогают оптимизировать процессы производства комбикормов и улучшать качество конечного продукта [77; 78; 79; 80].

Существуют программы для составления и анализа комбикормов, проектирования кормоцеха и расчета рационов для животноводства, которые помогают оптимизировать рационы, учитывая пищевую ценность ингредиентов и потребности животных. Есть программы для смешивания кормов, расчета рационов и анализа качества кормов, которые позволяют оптимизировать процессы подготовки комбикормов и контролировать качество продукции. Программы, предназначенные для расчета рационов и совершенствования кормления животных, которые проводят анализ качества кормов, помогают оптимизировать дозирование ингредиентов и

контролировать питание животных. Программы для анализа и управления производством комбикормов, позволяющие оптимизировать процессы смешивания, контролировать качество продукции и вести учет затрат [81].

Существует программа, разработанная с целью проектирования и выполнения расчетов для определения оптимального состава технологического оборудования, используемого в цехах по производству комбикормов [79]. Данная программа основана на использовании материалов базы данных, которая создана для сбора, сохранения и обработки данных, необходимых для проектирования и расчета компонентного состава оборудования комбикормового цеха [80]. Помимо названия и типа оборудования, база данных содержит дополнительные данные, позволяющие рассчитывать рейтинг. Этот рейтинг используется для рационализации состава цеха, учитывая заданную производительность и другие требования.

Рассмотренные программы обладают различными функциональными возможностями и подходят для различных типов предприятий, работающих с комбикормами. Но на данный момент не существует программы, которая позволит подбирать комбикормовое оборудование на стадии его приобретения. Разработка и внедрение специализированного программного обеспечения для оценки эффективности комбикормового оборудования на стадии его подбора станет важным шагом на пути к повышению конкурентоспособности и устойчивому развитию предприятий.

#### **1.4 Обзор и анализ научных работ по исследованию технологических линий и технических средств приготовления комбикормов**

Эффективность работы комбикормовой отрасли напрямую зависит от структуры и состава технологических линий по производству комбикормов. Количественная оценка продуктивности дает возможность сопоставить как однотипные, так и разнородные системы, выполняющие идентичные задачи, и выбрать для внедрения те, которые обеспечивают максимальный результат [22].

Значительный вклад в изучение технологий создания комбинированных кормов, а также в формирование теоретических основ для производственных линий, оборудования и машин для приготовления комбикормов внесли следующие ученые: В.А. Афанасьев, В.И. Земсков, Л.И. Кропп, Г.М. Кукта, Л.И. Лыткина, Н.П. Мишуров, 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 другие [6; 15; 16; 18; 19; 20; 22; 77; 78; 79; 80; 82-98].

Ряд научных трудов посвящен вопросам продуктивности и результативности работы поточных линий в комбикормовых цехах. К данным работам относятся работы следующих авторов: 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 др. [49, 84-86, 87, 88, 89, 93-98].

Для улучшения стабильности работы комбикормового оборудования В.И. Земсков предлагает ряд подходов [84–86]. К ним относятся: увеличение надежности оборудования для подготовки и перемещения кормов на этапе производства; сокращение количества машин в комплекте за счет уменьшения числа транспортирующих устройств; использование резервных машин без нагрузки для основных и наиболее уязвимых элементов; применение временного резервирования; организация многосекционных систем, если это допустимо исходя из условий хранения кормов; и обеспечение максимальной надежности ключевой подсистемы, отвечающей за подготовку и выдачу готовой смеси [84–86]. Улучшение показателей надежности, хотя и требует увеличения первоначальных инвестиций, компенсируется сокращением потерь и, как следствие, повышением технологической и экономической выгоды.

Совершенствование производительности комбикормовых цехов в агропромышленном секторе, по мнению В.В. Садова, достигается путем разработки комплекса взаимосвязанных моделей и подходов, позволяющих выполнить с использованием знаний экспертов непредвзятую многоаспектную оценку организации технологических цепочек в цехах по производству комбикормов [22]. Автором разработаны методики и алгоритмы для решения задач оптимизации комплектации оборудования, рассматриваемой как целостная технологическая система.

Серия исследований посвящена разработке комплексных показателей эффективности работы комбикормового оборудования. Авторы работ предлагают использовать для оценки комбинированный критерий, представляющий собой общую сумму издержек, рассчитанную по всем параметрам анализируемой линии [72; 99]. В исследовании [89] для определения эффективности работы машин предлагается использовать относительный критерий, основанный на объеме потребляемой электроэнергии. Во многих работах выдвигается идея оценки деятельности цехов по производству комбикормов, используя критерий, представляющий собой соотношение между фактической производительностью системы за определенный период времени и ее максимально возможной производительностью за тот же период, при условии, что линия подготовки и отгрузки готовой продукции находится в рабочем состоянии.

Обращают на себя внимание труды Жданко Д.А., который внес значительный вклад в разработку комплексных показателей оценки технических средств и систем. Основные направления его научной деятельности связаны с проблемами интеграции и гармонизации технических характеристик и критериальных показателей. Его работы касаются: теории принятия решений в условиях неопределённости и риска, методов анализа и синтеза многокритериальных задач, проблем качества и надёжности технических систем. Одной из значимых его разработок является концепция интегрального показателя эффективности технических средств (ИПС), основанная на множественности исходных данных и учет множества факторов (эксплуатационные свойства, надежность, стоимость жизненного цикла и т.п.). Эта методика нашла применение в системах контроля качества и сертификации оборудования. Кроме того, ученый продвигает идею информатизации технических процессов, подчеркивая важность информационной прозрачности и единства критериев оценки. Его подход позволяет избежать избыточности в сборе данных и облегчает интеграцию разнородных сведений о характеристиках и параметрах техники [100-102].

В.Е. Бердышев основывается на необходимости учитывать, что отдельные частные показатели эффективности зависят от множества факторов, и изменение одного из них может повлиять на общую оценку. Это подчеркивает необходимость системного подхода к анализу, где каждый фактор рассматривается в контексте его влияния на общую эффективность работы технического средства. Ученый предлагает использовать в качестве наиболее подходящей функции агрегирования для оценки качества работы технического средства функцию в виде отношения одних показателей к другим, подразумевая, что такая форма позволит более точно отразить взаимосвязь между различными показателями и их влияние на общую эффективность. Для решения проблемы неоднородности показателей В.Е. Бердышев использует эквивалентное преобразование, которое позволяет привести различные показатели к единой безразмерной форме. Это преобразование помогает устранить влияние различий в физическом смысле и размерности показателей, что, в свою очередь, позволяет более корректно интегрировать их в общий комплексный критерий оценки [103-105].

Среди исследований зарубежных учёных особо значимы работы немецких специалистов, А. Тэера, Э. Вольфа и Г. Армсби, сосредоточившихся на разработке критериев оценки качества кормовых продуктов и методологии расчёта их пищевой ценности. К числу ключевых фигур также относятся американские исследователи У.О. Этуотер и В.А. Генри, чьи научные достижения стали отправной точкой для формирования современных подходов к оценке питательных свойств кормов [106].

Существующие методы оценки оборудования ориентированы преимущественно на эксплуатационные показатели, которые справедливо отражают его эффективность и надежность в процессе работы. Однако на этапе подбора, когда предприятие принимает решение о приобретении новой техники, отсутствует четкий и стандартизированный механизм оценки технологических линий и технических средств. В этом случае целесообразно рассмотреть вариант, когда подбор оптимальных технических средств может производиться не только по критериям, основанным на показателях качества получаемого готового комбикорма, но и с использованием показателей, известных на стадии приобретения технологической

линии или технического средства. Оценка уровня подбора машины или оборудования в данном случае будет проводиться с учетом интересов приобретателей данного оборудования. Ее целью является выявление путей более полного использования всех полезных свойств и признаков, удовлетворяющих их потребностям.

На сегодняшний день отсутствует единая методика расчета. В результате принятие решения о приобретении становится скорее интуитивным, чем основанным на точных расчетах. В результате предприятия могут переплачивать за оборудование, не полностью соответствующее их потребностям, или приобретать технику, которая оказывается менее эффективной, чем ожидалось.

Для решения этой проблемы необходимо разработать комплексную методику оценки, опирающуюся на данные, которые известны на стадии приобретения технологических линий или технических средств. Только такой подход позволит предприятиям принимать обоснованные решения на этапе подбора комбикормового оборудования и оптимизировать процесс производства.

### **1.5 Выводы по главе**

В последние годы комбикормовая отрасль России демонстрирует стабильный рост, обусловленный увеличением поголовья скота и птицы, а также повышением требований к качеству производства комбикормов. В отрасли активно внедряются современные технологии, направленные на повышение эффективности производства и улучшение качества комбикормов. Но, несмотря на положительную динамику, комбикормовая отрасль сталкивается с рядом проблем, таких как зависимость от импортного сырья и недостаточная развитость логистической инфраструктуры. Перспективы развития отрасли связаны с импортозамещением, развитием производства отечественного оборудования, а также расширением экспортного потенциала. При решении данных вопросов ключевую роль играет государственная поддержка, оказывающая значительное влияние на принятие решений аграрными предприятиями. Вследствие этого можно ожидать появления новых, инновационных технических решений

в сфере современного оборудования для комбикормов. Расширение ассортимента, в свою очередь, усложнит процесс выбора, что подчеркивает важность разработки четких показателей оценки оборудования на стадии его приобретения.

Ключом к решению данной проблемы является создание унифицированной системы оценки, основанной на информации, доступной ещё до момента приобретения оборудования для производства комбикормов. Внедрение такой системы позволит предприятиям сделать осознанный выбор, опираясь на конкретные данные, и, как результат, повысить эффективность производственного процесса.

На основании проведенного анализа выделены группы оценочных показателей эффективности оборудования, которые могут быть использованы при оценке комбикормового оборудования на этапе его подбора: показатели энергетической эффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности и комплексные показатели. Расчет указанных показателей позволит получить объективную оценку эффективности оборудования и технологических решений в комбикормовой промышленности, выявить возможности для совершенствования 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 этапе его подбора.

## Глава 2 ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИКОРМОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 2.1 Особенности производства комбикормов в условиях сельскохозяйственных организаций в современных реалиях

Производство комбикормов в сельскохозяйственных организациях в современных реалиях характеризуется использованием современных технологий, автоматизацией процессов, учетом потребностей животных, соблюдением стандартов качества и безопасности, а также экологической устойчивостью производства [107].

Технологию производства комбикормов в современных реалиях можно представить в виде модели, состоящей из пяти блоков (рисунок 2.1). В результате анализа предложенной модели установлена взаимосвязь конечного блока оценки эффективности производства комбикорма  $V(R_f)$  от влияющих на него факторов [107]:

$$R_f = (M_P, F_P) = \int_{D_y} \int_{D_K} B(u, v) \cdot M_m(M_P - u, F_P - v) dudv, \quad (2.1)$$

где  $u, v$  – переменные интегрирования, определяемые областями  $D_y$  и  $D_K$ , т. е.  $u \in D_y, v \in D_K$ ;  $D_y$  – область управления производством, определяемая параметрами блока II ( $M_P$ );  $D_K$  – область условий производства комбикормов в хозяйстве, определяемая параметрами блока I ( $F_P$ ).

Анализ модели технологии производства комбикормов и выражения (2.1) показывает, что 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 показателей, которые позволяют повысить эффективность производства комбикормов и минимизировать влияние случайных факторов.

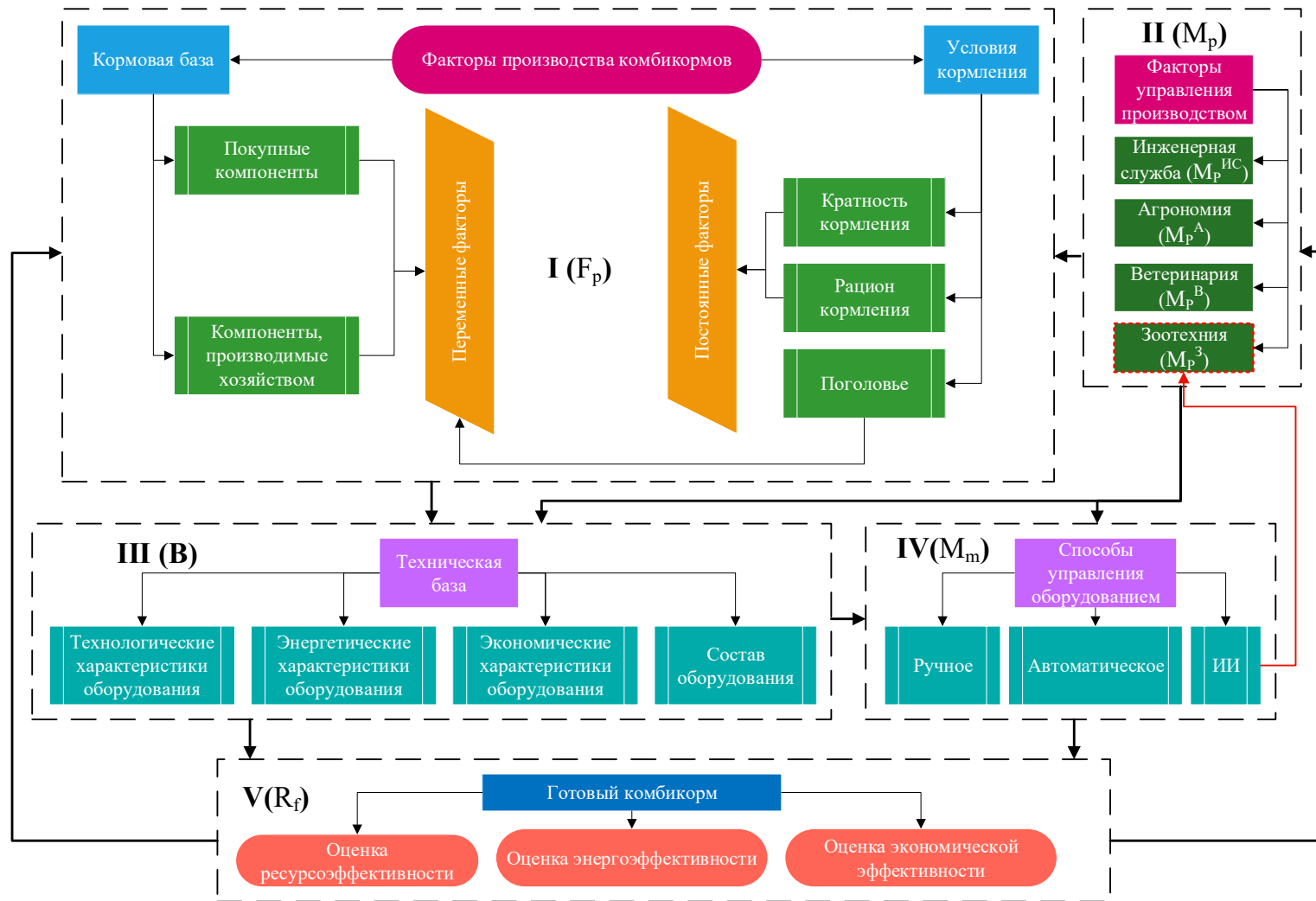


Рисунок 2.1 – Модель технологии производства комбикормов: I ( $F_p$ ) – блок факторов производства комбикорма; II ( $M_p$ ) – блок управления производством; III ( $B$ ) – блок комплектования технической базы; IV ( $M_m$ ) – блок способа управления; V ( $R_f$ ) – блок оценки эффективности производства комбикорма

## 2.2 Показатели оценки эффективности комбикормового оборудования

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 характеризуемых свойств; основных требований к показателям качества оборудования [108].

Современная техника для приготовления комбинированных кормов обладает бесконечно большим количеством свойств, а, исходя из этого, число показателей для оценки машин может быть бесконечно большим. Необходимо подобрать наиболее объективные показатели и в минимальном их количестве, которые максимально объективно отражают состояние комбикормовой линии на данный момент при данных конкретных условиях. Главное условие подбора показателей – их информативность и возможность сравнительной оценки [72].

На основании проведённого анализа предложена классификация оценочных показателей, упорядочивающая всю совокупность критериев, используемых для оценки эффективности комбикормового оборудования (рисунок 2.2) [109]. Ключевое преимущество разработанной классификации состоит в её гибкости и универсальности, что позволяет применять её как в научных исследованиях, так и в практической деятельности сельскохозяйственных предприятий и организаций. Каждая укрупненная категория является самостоятельной и имеет собственную специфику применения, позволяя эффективно решать конкретные исследовательские задачи. Кроме того, внутри каждой крупной группы выделены три ключевые подгруппы показателей, отличающиеся друг от друга формой представления данных: абсолютные, относительные и безразмерные показатели.

Данная система оценки даёт целостное представление о состоянии технологической линии или технического средства и может служить основой для разработки эффективных рекомендаций по улучшению производственных и организационно-экономических процессов.

Показатели качества	Показатели ресурсоэффективности		Показатели экономической эффективности	Показатели энергетической эффективности
	Технические	Технологические		
<b>Безразмерные показатели</b>				
Показатель качества технологической линии		Коэффициент компактности	Коэффициент комплектации	Коэффициент энергетических затрат
Показатель качества технического средства		Коэффициент технологичности	Коэффициент экономических затрат	Уровень интенсификации
Показатель качества продукции		Коэффициент использования оборудования в сутки		
Коэффициент патентной чистоты				
Коэффициент уровня автоматизации				
Коэффициент рыночной надёжности				
<b>Абсолютные показатели</b>				
	Масса оборудования	Паспортная производительность	Капиталовложения	Мощность электрооборудования
	Площадь, занимаемая оборудованием	Гарантийный период	Затраты на содержание производственного помещения	
		Время использования оборудования за гарантийный период	Заработная плата обслуживающего персонала	
		Время работы оборудования		
<b>Относительные показатели</b>				
		Удельная производительность	Удельные капиталовложения	Удельный расход электроэнергии
		Технологическая металлоёмкость		Совокупные затраты электроэнергии

Рисунок 2.2 – Классификация оценочных показателей эффективности комбикормового оборудования

### 2.2.1 Показатели качества

Группа укрупненных показателей «Показатели качества», применяемая для оценки комбикормового оборудования, предполагает применение 6 безразмерных показателей, выраженных через коэффициенты:

– показатель качества технических средств. Для оценки качества приобретаемых технических средств для приготовления комбикормов предлагаем использовать показатель  $k$ , который связан с результатами проверки машиноиспытательными станциями (МИС) и выражен функцией, описывающей соответствие приобретаемого оборудования установленным в Положении № 740 [69] критериям определения эффективности, являющийся дискретной величиной и способный принимать три значения [70]:

$$k = \begin{cases} 0 & \text{– не соответствует установленным критериям определения эффективности} \\ 0,5 & \text{– соответствует установленным критериям определения эффективности, но} \\ & \text{функциональные характеристики не соответствуют характеристикам,} \\ & \text{указанным заявителем} \\ 1 & \text{– соответствует установленным критериям определения эффективности, функ-} \\ & \text{циональные характеристики соответствуют характеристикам, указанным} \\ & \text{заявителем} \end{cases} \quad (2.2)$$

– показатель качества технологической линии. Так как технологические линии состоят из отдельных технических средств, каждое из которых может соответствовать одному из трех решений требований Положения № 740 [69], то данный показатель может быть определен через значения показателей качества отдельных технических средств и общее количество машин в линии [70]:

$$k_{\text{лин}} = \frac{\sum N_{i(1)}}{\sum N}, \quad (2.3)$$

где  $\sum N$  – общее количество технических средств в линии, шт.;  $\sum N_{i(1)}$  – количество технических средств в линии, имеющих заключение МИС о соответствии установленным критериям определения эффективности, их функциональные характеристики соответствуют характеристикам в соответствии с подпунктом А пункта 24 Положения № 740 [69].

Физический смысл показателя качества заключается в отражении доли технических средств, входящих в состав технологической линии, соответствующих требованиям подпункта А п. 24 Положения № 740 [69], от общего числа оборудования, входящего в данный производственный комплект оборудования. Значение  $k_{\text{лин}}$  должно стремиться к 1 [70];

– показатель качества продукции. Ряд сельхозтоваропроизводителей стремится к получению качественного готового продукта. Они готовы принять отклонение фактических значений параметров машин от паспортных. В этом случае стоит говорить не о качестве машины как таковой, а о качестве продукции, получаемой на данной машине. Тогда коэффициент  $k$  в выражении (2.2) может принимать значения 1 и 0,5, а показатель качества продукции  $k_{\text{кач.пр}}$ , получаемой на рассматриваемой технологической линии, по аналогии с выражением (2.3) можно рассчитать по формуле [70]:

$$k_{\text{кач.пр}} = \frac{\sum N_{i(1)} + \sum N_{j(0.5)}}{\sum N}, \quad (2.4)$$

где  $\sum N_{j(0.5)}$  – количество технических средств в линии, имеющих заключение МИС о соответствии установленным критериям определения эффективности, но с расхождением функциональных и заявленных характеристик в соответствии с подпунктом Б пункта 24 Положения № 740 [69].

Коэффициент  $k_{\text{кач.пр}}$  показывает долю оборудования в технологической линии, способного производить готовый продукт, соответствующий требованиям, прописанным в Постановлении Правительства РФ № 740 (пункт А и Б) [69; 70]. Чем ближе значение  $k_{\text{кач.пр}}$  к 1, тем выше качество готовой продукции, получаемой на рассматриваемой технологической линии [70];

– коэффициент патентной чистоты. Показатель характеризует насыщенность технологической линии по производству комбикорма стандартными, унифицированными и оригинальными составными частями [108; 110]. Данный показатель необходим для обоснования эффективности выбора того или иного оборудования по уровню патентной чистоты, то есть по возможности его беспрепятственного ис-

пользования внутри страны или за рубежом. Патентно-правовые показатели являются существенным фактором при определении конкурентоспособности машин. При определении патентно-правовых показателей предлагаем учитывать: наличие в технологической линии новых технических решений, на которые поданы заявки на изобретения; наличие технических решений, защищенных авторскими свидетельствами на изобретения, а также патентами или иными охраняемыми документами [108].

Коэффициентом патентной чистоты предлагаем оценивать удельный вес нового прогрессивного оборудования в общем количестве оборудования, входящего в технологическую линию по производству комбикормов:

$$K_{\text{униф}} = \frac{O_{\text{пат}}}{O_{\text{сум}}}, \quad (2.5)$$

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

– коэффициент уровня автоматизации. Данный показатель необходим для оценки технического процесса, который характеризуется непрерывным расширением автоматизации выполнения отдельных операций. При этом стремление к полной автоматизации производственного процесса неуклонно обеспечит наивысшую технико-экономическую эффективность комбикормового производства, сокращая использование трудовых, материальных и энергетических ресурсов. Автоматизирование производства снизит риск возникновения «человеческого фактора» и повысит гарантию постоянного качества выпускаемой продукции.

Показатель уровня автоматизации предлагаем вычислять по следующей формуле:

$$K_{\text{авт}} = \frac{C_{\text{авт}}}{C_{\text{общ}}} = \frac{t_{\text{авт}}}{t_{\text{сум}}}, \quad (2.6)$$

где  $C_{\text{авт}}$  – количество автоматизированных операций в линии;  $C_{\text{общ}}$  – общее количество операций в линии;  $t_{\text{авт}}$  – суточное время, затраченное на автоматическое управление, ч;  $t_{\text{сум}}$  – суточное время работы оборудования, ч;

– коэффициент рыночной надежности. Каждый покупатель комбикормового оборудования, независимо от того, планирует ли он приобрести отдельную машину или технологическую линию в целом, заинтересован в приобретении качествен-

ного, надежного и долговечного оборудования. Поэтому, если он ставит перед собой такие цели, то ему необходимо провести оценку рынка. Крупные предприятия-изготовители комбикормов, работающие в своей отрасли уже много лет, опираются в данном вопросе на свой опыт, а также могут иметь хорошую маркетинговую службу. Сложности с подбором комбикормового оборудования могут возникнуть у небольших предприятий, только начинающих свое дело, а также имеющих небольшие объемы производства.

В связи с этим при выборе фирмы поставщика комбикормового оборудования, рекомендуем учитывать ряд важных моментов: цели и задачи производства; качество предлагаемого оборудования; репутацию продавца; убедиться в наличии необходимого ассортимента и разнообразия моделей; четко определить свой бюджет; тщательно изучить условия гарантии и доступность сервисной поддержки. Это позволит убедиться в верности принятого решения и приобрести надежную технику на оптимальных условиях.

Проведен анализ фирм-продавцов комбикормового оборудования [111]. На основании данного анализа предлагаем оценивать компании через коэффициент рыночной надежности, который будет являться показателем, отражающим уровень доверия приобретателей к организации, а также выражающим степень уверенности рынка в ее устойчивости и надежности. Предлагаемый коэффициент рассчитывается в зависимости от надежности компании, которая выражается через ее юридическую чистоту, а также в зависимости от количества видов деятельности. Важно учесть отзывы и рейтинги компании от клиентов и экспертов в отрасли [111].

В таблице 2.1 приведены критерии, по которым производится расчет коэффициента рыночной надежности.

Таблица 2.1 – Критерии оценки коэффициента рыночной надежности фирмы

№ п/п	Наименование фирмы-производителя комбикормового оборудования	Оцениваемый показатель				
		Надежность		Вид деятельности		
		количество положительных параметров	количество отрицательных параметров	основной	неосновной	всего видов
1	Фирма 1	43	8	+	-	105
2	Фирма 2	1	190	-	+	2
3	Фирма 3	...	...	+	-	1

Исходя из сути критериев, составляющих показатель, разработаны следующие требования к функции, используемой при расчете коэффициента рыночной надежности [111]:

1. Функция от количества положительных отзывов должна быть монотонно возрастающей либо равной нулю при их отсутствии.

2. Функция от количества отрицательных отзывов должна быть монотонно убывающей, достигающей максимума при нулевом количестве отрицательных отзывов.

3. Функция от количества видов деятельности должна быть монотонно убывающей, достигающей максимального значения при количестве видов деятельности, равном 1.

4. При прочих равных условиях должно обеспечиваться большее значение коэффициента рыночной надежности у организаций, у которых необходимый тип деятельности – главный.

На основании данных требований была сформирована следующая формула для расчета коэффициента [111]:

$$k = \frac{x}{(1+y^2)\sqrt{z}} 2^{\text{sign}(t)}, \quad (2.7)$$

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

## 2.2.2 Показатели экономической эффективности

Укрупненная группа «Показатели экономической эффективности» включает в себя показатели, составленные на основе методики определения экономической эффективности улучшения качества подбора комбикормового оборудования и об-

щих положениях по методам определения экономической эффективности, изложенных в документах [112; 113; 114]. Выбираем для анализа и оценки только самые необходимые, которые характеризуют важнейшие экономические свойства [64].

К группе экономических показателей отнесем следующие подгруппы:

1. Абсолютные показатели:

– капиталовложения, в состав которых будут включаться единовременные вложения денежных средств, затраченные на приобретение отдельных машин либо линии в целом, стоимость доставки, затраты на осуществление их монтажа и производство пусконаладочных работ. Формула для расчета капиталовложений будет иметь следующий вид [113]:

$$KB = Ц + Д + ПН, \quad (2.8)$$

где  $Ц$  – цена оборудования, тыс.руб;  $Д$  – стоимость доставки оборудования, тыс.руб;  $ПН$  – стоимость монтажа и пусконаладочных работ, тыс.руб;

– заработная плата персонала, обслуживающего технологическую линию;

– затраты на содержание производственных помещений. В данную категорию расходов включены затраты на отопление и электроэнергию. Расчет показателя предлагаем вести по следующей формуле:

$$З_{пом} = N \cdot T_{ээ} \cdot t_{сут} \cdot 365 + F_{зд} \cdot T_{от} \cdot V_{от} \cdot t_{отопит}, \quad (2.9)$$

где  $N$  – суммарная мощность оборудования, входящего в линию / мощность оборудования, кВт;  $T_{ээ}$  – тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч;  $t_{сут}$  – суточное время работы оборудования, ч;  $F_{зд}$  – площадь производственного помещения, в котором располагается оборудование, м<sup>2</sup>;  $T_{от}$  – тариф на отопление, руб/Гкал;  $V_{от}$  – объем потребляемой тепловой энергии, Гкал/м<sup>2</sup>;  $t_{отопит}$  – отопительный период, ч.

2. Относительные экономические показатели. Для полноценной оценки качества подбора комбикормового оборудования считаем необходимым использовать относительные показатели, включающие в себя расчет удельных капиталовложений. Необходимость расчета данных показателей заключается в дальнейшем их ис-

пользовании для проведения сравнительного анализа различных линий комбикормового оборудования как по данным показателям, так и в комплексе с другими оценочными показателями.

### 3. Безразмерные экономические показатели:

– коэффициент комплектации. В современных условиях санкционной политики со стороны «недружественных стран» количество путей для импорта технологического оборудования в Россию ограничено. В связи с этим остро встает вопрос о доступности оборудования к приобретению на территории РФ, а также его своевременной укомплектованности без простоев производства. Предлагаем оценивать доступность оборудования коэффициентом комплектации, расчет которого осуществляется через количество оборудования и комплектующих, доступных к приобретению в нашей стране, двумя способами:

а) в ценовом выражении:

$$K_{\text{компл}} = \frac{Ц_{\text{д}}}{Ц} = 1 - \frac{Ц_{\text{нд}}}{Ц}, \quad (2.10)$$

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

б) в количественном выражении:

$$K_{\text{компл}} = \frac{O_{\text{РФ}}}{O_{\text{сум}}} = 1 - \frac{O_{\text{НД}}}{O_{\text{сум}}}, \quad (2.11)$$

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.

Чем выше будет значение коэффициента комплектации оборудования, тем больше вероятность безостановочного технологического процесса приготовления комбикорма и степень независимости предприятия от импортеров-поставщиков;

– коэффициент экономических затрат. На сегодняшний день данный коэффициент существует, но его нельзя рассчитать на этапе подбора оборудования. Поэтому для расчета экономии денежных средств предприятия, приобретающего комбикормовое оборудование, предлагаем сравнивать капиталовложения в одну линию и ее аналога. Таким образом, можно рассчитать экономическую эффективность приобретаемого оборудования. Формула для расчета данного коэффициента имеет следующий вид:

$$K_{KB} = \frac{KB_{n-1}}{KB_n}, \quad (2.12)$$

где  $KB_{n-1}$ ;  $KB_n$  – капиталовложения в  $(n-1)$  и  $n$  технологическую линию соответственно, тыс.руб.

### 2.2.3 Показатели ресурсоэффективности

Номенклатура критериев ресурсоэффективности разбита на две группы: технические и технологические показатели.

В качестве абсолютных технических показателей предлагаем принять массу оборудования и площадь, занимаемую им. На стадии подбора оборудования данные о его физической массе и габаритах являются важной оценочной характеристикой, которая будет обуславливать трудоемкость монтажа, а также оказывать существенное влияние на трудности его доставки. Также габаритные размеры машины необходимо учитывать при планировании и подборе размеров производственных площадей для размещения технологической линии.

Технологические показатели характеризуют свойства оборудования, обуславливающие оптимальное распределение затрат материалов, средств, труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации продукции [98]. Под технологическими показателями для оценки эффективности технологических линий и технических средств предлагаем понимать свой-

ства машин и оборудования, характеризующие полезный эффект от их приобретения, а также прогрессивность технических решений, заложенных в техническом паспорте.

Абсолютные технологические показатели ресурсоэффективности:

– паспортная производительность оборудования либо технологической линии в целом ( $Q$ ) – один из основных показателей оценки;

– гарантийный период. Ресурсоэффективность оборудования оценивается объемом выполненных работ. Здесь учитываются в том числе и показатели надежности машин. Однако на этапе подбора технологического оборудования сложно оценить эти показатели, так как зачастую даже производитель не обладает такими данными. Предлагаем ресурсоэффективность оценивать с учетом гарантийного периода, который дает производитель и в течение которого обязуется восстановить работоспособное состояние предлагаемого оборудования. То есть безотказность работы  $R$  на этапе подбора линии равна гарантийному периоду  $t_{\text{гар}}$ :

$$R = t_{\text{гар}}. \quad (2.13)$$

Она может быть выражена как в часах, так и в тоннах произведенного комбикорма.

В единицах наработки получим:

$$V_{\text{гар}} = S \cdot t_{\text{гар}}, \quad (2.14)$$

где  $t_{\text{гар}}$  – гарантийный период, который дает производитель оборудования, дни;  $S$  – суточный объем производимого комбикорма, т/день;

– время работы оборудования: суточное ( $T_{\text{сут}}$ ) и годовое ( $T_{\text{год}}$ );

– время использования оборудования за гарантийный период:

$$t_{\text{гар пер}} = \frac{t_{\text{гар}}}{24} \cdot \frac{S}{Q}, \quad (2.15)$$

где  $t_{\text{гар пер}}$ ,  $t_{\text{гар}}$  – время работы оборудования соответственно за гарантийный период, гарантийное, ч;  $S$  – суточный объем работ, т/день;  $Q$  – паспортная производительность оборудования, т/ч.

Относительные технологические показатели ресурсоэффективности:

– удельная производительность, приведенная к единице определяющего параметра оборудования. В современных технологиях комбикормового производства немаловажное значение имеет высокая удельная производительность технологического оборудования. При высоких значениях данного показателя существенно будут снижаться капитальные затраты. В связи с этим необходимо стремиться к высокопроизводительным технологическим процессам;

– технологическая металлоемкость (металлоемкость технологии производства комбикорма), расчет которой показывает, какое количество металла оборудования затрачивается на осуществление технологии приготовления единицы комбикорма за единицу времени. Формула для расчета данного показателя имеет вид:

$$Met = \frac{M}{Q}, \quad (2.16)$$

где  $M$  – масса оборудования, т;  $Q$  – паспортная производительность данного оборудования, т/ч.

Значение технологической металлоемкости должно стремиться к минимуму.

Безразмерные технологические показатели ресурсоэффективности:

– коэффициент компактности. Для достижения наибольшей производительности комбикормовой линии и с целью обеспечения эффективной организации технологического процесса стоит рассмотреть вопрос о рациональной компоновке оборудования, входящего в линию. В результате можно выявить оптимальную конфигурацию помещения, в котором оно будет располагаться. Чем выше компактность размещения оборудования на производственных площадках, тем меньше необходимые для их установки площадь и объем.

При компоновке оборудования в производственном помещении необходимо учитывать требования технологии, техники безопасности и охраны труда, санитарные, строительные, противопожарные нормы [115]:

а) размеры самого оборудования, его конфигурацию и возможность его установки на производственной площади;

б) нормы загрузки и производительности – необходимую производительность оборудования и обеспечение достаточного количества пространства для работы сырья и готового продукта. Если помещение имеет большие размеры, соответственно, нет никакой необходимости в спешности технологического процесса, но в то же время при таком раскладе увеличиваются затраты предприятия на содержание данного помещения. Если же помещение имеет недостаточные размеры, здесь может иметь место ускорение технологических процессов, что, в свою очередь, может повлечь за собой снижение качества готового комбикорма;

в) технологический процесс – этапы производства комбикорма, начиная с приемки и хранения сырья, его очистки и подготовки, смешивания компонентов, дополнительной обработки и упаковки готового продукта;

г) нормативы безопасности – необходимо предусмотреть достаточное количество свободного пространства для обеспечения безопасности работы персонала и обслуживания оборудования.

Для оценки эффективности использования здания, в котором располагается оборудование, предлагаем применять коэффициент компактности. При этом физический смысл вводимого коэффициента заключается именно в оценке размеров оборудования, входящего в состав линии: насколько компактно спроектирована линия с учетом размеров оборудования, входящего в линию. Поэтому коэффициент компактности линии предлагаем определять через отношение объемов оборудования, входящего в состав приобретаемой линии, и здания [115]:

$$K_{\text{комп}} = \frac{V_{\text{об}}}{V_{\text{зд}}}, \quad (2.17)$$

где  $V_{\text{об}}$  – суммарный объем всех машин, входящих в состав приобретаемой линии, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{зд}}$  – объем здания, в котором будет расположена линия по производству комбикорма, м<sup>3</sup>.

Принимая во внимание вышеуказанные параметры, объем оборудования в данном случае определяется в соответствии со следующей формулой:

$$V_{об} = \left( \sum_{j=1}^n V_j \right) = \sum_{j=1}^n (a_j \times b_j \times c_j), \quad (2.18)$$

где  $V_j$  – объем  $j$ -й машины, входящей в состав приобретаемой линии по производству комбикорма, м<sup>3</sup>;  $a_j, b_j, c_j$  – соответственно длина, ширина и высота  $j$ -й машины, входящей в состав приобретаемой линии по производству комбикорма, м<sup>3</sup>.

Оптимальным для эксплуатации установленного оборудования, а также для обслуживающего персонала считается значение коэффициента компактности в пределах  $0,7 \leq K_{комп} \leq 0,85$  [115]. Принятие данных значений обосновывается тем, что при завышении значения данного показателя выше 85 % может пострадать рациональная организация технологических процессов и ухудшится обзорность располагаемого оборудования. При значении коэффициента ниже 70 % будет иметь место нерациональное использование производственных площадей, что приведет к их необоснованным эксплуатационным затратам;

– коэффициент технологичности. Показатели технологичности производственного оборудования относятся к традиционным показателям его оценки. Расчет технологичности конструкции машины существенно влияет на технико-экономические показатели производственного процесса приготовления комбикормов, поэтому с целью рациональной его организации на всех стадиях, их расчет необходим [104, 105].

Коэффициент технологичности двух смежных машин  $K_{техн}^{смежн}$  определяется как отношение пропускной способности машины, стоящей впереди, к пропускной способности машины, следующей за ней:

$$K_{техн}^{смежн} = \frac{Q_i}{Q_{i+1}}, \quad (2.19)$$

где  $Q_i$  и  $Q_{i+1}$  – соответственно, пропускная способность предыдущей и последующей машины в приобретаемой линии по производству комбикорма, т/ч.

При этом оптимальным будет стремление данного коэффициента к 1. Таким образом получим общее выражение, определяющее технологичность смежных машин:

$$K_{техн}^{смежн} = \frac{Q_i}{Q_{i+1}}. \quad (2.20)$$

Технологичность всей линии можно определить через общий коэффициент технологичности:

$$K_{техн}^{общ} = \frac{Q_1}{Q_n}, \quad (2.21)$$

где  $Q_1$  и  $Q_n$  – соответственно, пропускная способность первой и последней машин в приобретаемой технологической линии, т/ч.

Общий коэффициент технологичности  $K_{техн}^{общ}$  также должен стремиться к выполнению условия:

$$K_{техн}^{общ} = \frac{Q_1}{Q_n} \rightarrow 1, \quad (2.22)$$

где  $n$  – количество машин, входящих в состав технологической линии по производству комбикормов.

Значение коэффициента технологичности вне заданных пределов будет говорить об отрицательном факте работы комбикормовой линии и, соответственно, будет требовать необходимости в выявлении причин и корректировке используемого оборудования;

– коэффициент использования оборудования. Данный показатель предполагает проведение оценки времени работы оборудования, а также позволит оценить степень эффективности использования оборудования в течение заданного периода времени, в том числе и за гарантийный период, предоставленный производителем [116, 117]:

$$K_{исп\ об} = \frac{t_{рабочее}}{t_{общее}} = \frac{t_{сут}}{24} = \frac{t_{год}}{365} = \frac{t_{гар\ пер}}{t_{гар}} = \frac{S}{24 \cdot Q}, \quad (2.23)$$

где  $t_{рабочее}$ ,  $t_{общее}$ ,  $t_{сут}$ ,  $t_{год}$ ,  $t_{гар\ пер}$ ,  $t_{гар}$  – время работы оборудования, соответственно, рабочее, общее, суточное, годовое, за гарантийный период, гарантийное, ч;  $S$  – суточный объем работ, т/день.

## 2.2.4 Показатели энергетической эффективности

Для оценки предлагаем принять абсолютный показатель – установленная мощность электродвигателей, отображаемая в паспорте технического средства ( $N$ ).

К относительным показателям энергетической эффективности, определяемым на этапе подбора технологического оборудования, считаем целесообразным отнести следующие коэффициенты:

– удельный расход электроэнергии. Показывает количество энергии, затрачиваемое на производство единицы комбикорма. Более эффективная работа оборудования с точки зрения энергозатрат означает, что для выпуска одного и того же объема продукции требуется меньший расход энергии. Данный показатель предлагаем рассчитывать по формуле, предложенной Мухамадьяровым Ф.Ф. [118]:

$$H_э = \frac{\sum N}{Q}, \quad (2.24)$$

где  $N$  – суммарная мощность всех электродвигателей, установленных на линии, кВт;  $Q$  – пропускная способность всей линии, т/ч;

– совокупные затраты электроэнергии за гарантийный период ( $E_c$ ) [118]:

$$E_c = E_n + \frac{E_{жс} + E_{об} + E_{пом}}{Q}, \quad (2.25)$$

где  $E_n$  – прямые затраты энергии, МДж/т;  $E_{жс}$  – затраты живого труда, МДж/ч;  $E_{об}, E_{пом}$  – энергоёмкости оборудования и производственного помещения, МДж/ч.

Скорректировав формулы, разработанные Мухамадьяровым Ф. Ф. [118], под условия выбора оборудования на этапе его приобретения, условимся проводить расчеты не за время годовой загрузки, а за гарантийный период работы оборудования.

Предлагаем проводить расчет совокупных затрат по следующим формулам:

– прямые затраты энергии [118]:

$$E_n = H_э \cdot K_э, \quad (2.26)$$

где  $H_э = N/Q$  – удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т;  $K_э$  – коэффициент перевода 1 кВт·ч в 1 МДж,  $K_э = 3,6$ ;

– энергозатраты живого труда:

$$E_{жс} = n_{ч} \cdot \alpha_{жс}, \quad (2.27)$$

где  $n_{ч}$  – количество обслуживающего персонала, чел.;  $\alpha_{жс}$  – энергетический эквивалент затрат живого труда,  $\alpha_{жс}=0,9$  МДж/чел-ч [118];

– энергоёмкость оборудования за гарантийный период:

$$E_{об} = \frac{\mathcal{E}_{об}}{V_{гар}}, \quad (2.28)$$

где  $V_{гар}$  – объем комбикорма, произведенный за гарантийный период работы оборудования, т;  $\mathcal{E}_{об}$  – общая энергоёмкость оборудования, МДж [118].

$$\mathcal{E}_{об} = \alpha_{об} \cdot M, \quad (2.29)$$

где  $\alpha_{об}$  – энергетический эквивалент оборудования,  $\alpha_{об}= 0,104$  МДж/т [118];  $M$  – масса оборудования, т;

– энергоёмкость производственных помещений за гарантийный период:

$$E_{пом} = \frac{\alpha_{пом} \cdot F_{л}}{100 \cdot t_{гар}}, \quad (2.30)$$

где  $\alpha_{пом}$  – энергетический эквивалент помещения,  $\alpha_{пом}= 5025$  МДж/м<sup>2</sup> [118];  $F_{л}$  – площадь, занимаемая оборудованием, м<sup>2</sup>;  $t_{гар}$  – гарантийный период работы оборудования, ч.

Понимание общих затрат на электроэнергию за гарантийный период поможет в дальнейшем более точно оценить эксплуатационные издержки и планировать бюджет на энергопотребление для производства комбикормов.

К безразмерным показателям энергоэффективности оборудования предлагаем отнести два показателя:

– коэффициент энергетических затрат. Данный показатель позволяет сравнить совокупные затраты электроэнергии за гарантийный период у двух вариантов технологических линий относительно друг друга и рассчитывается по следующей формуле [118]:

$$K_{э} = \frac{E_{с1}}{E_{с2}}, \quad (2.31)$$

где  $E_{с1}$  и  $E_{с2}$  – совокупные затраты электроэнергии линии 1 и линии 2 соответственно, МДж/т;

– уровень интенсификации, определяемый по формуле [118]:

$$I = (1 - K_Э) \cdot 100, \% \quad (2.32)$$

Уровень интенсификации в использовании комбикормового оборудования является показателем увеличения объема производства и улучшения производственных показателей при снижении энергозатрат. Повышение степени интенсификации напрямую связано с более рациональным использованием ресурсов и применяемых технологических процессов.

Рассчитав коэффициент энергетических затрат и уровень интенсификации, можно провести анализ энергопотребления и оптимизировать производственные процессы для повышения энергоэффективности оборудования.

Таким образом, для оценки эффективности подбора технологических линий и технических средств приготовления комбикормов предлагаем использовать следующие показатели: показатель качества, коэффициент рыночной надежности, коэффициент энергетических затрат; коэффициент компактности; коэффициент технологичности; коэффициент использования оборудования в сутки; коэффициент комплектации; коэффициент экономических затрат; коэффициент патентной чистоты; коэффициент уровня автоматизации.

### **2.2.5 Интегральный показатель эффективности подбора комбикормового оборудования**

На основе выбранных выше оценочных показателей разработан интегральный показатель эффективности комбикормового оборудования [119].

Из теории эффективности [120, 121] известно, что эффективность операции есть степень соответствия реального результата операции требуемому (желаемому, возможному, идеальному). В связи с этим, основываясь на том, что частные критерии подбора комбикормового оборудования имеют разнородную размерность и физический смысл [122, 123], для дальнейшего их использования в интегральном

показателе применим специальный прием эквивалентного приведения их к безразмерному виду. Степень соответствия реального значения рассматриваемого  $i$ -ого критерия  $W_i$  требуемому  $W_i^{TP}$  будет определена формулой:

$$C_i = \frac{W_i}{W_i^{mp}}. \quad (2.33)$$

Данная формула позволяет привести частные критерии к безразмерным значениям. В соответствии с выражением (2.33) для идеального варианта качества подбора комбикормового оборудования  $W_i = W_i^{TP}$ , т.е.  $C_i = 1$ .

Далее выбирается функция агрегирования, которая может быть аддитивной, мультипликативной, степенной функцией отношения одних показателей к другим или иметь другой вид [121].

Обзор научных работ [105; 106; 124] показал, что применительно к оценке эффективности подбора комбикормового оборудования наиболее приемлемой функцией агрегирования является функция вида [105]:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} W_i}{\prod_{i=m_1+1}^m W_i}, \quad (2.34)$$

где  $i=1, m_1$  – номера показателей  $W_i$ , которые желательно увеличивать при подбore оборудования;  $i=m_1+1, m$  – номера показателей  $W_i$ , которые следует уменьшать.

Выбор функции агрегирования обусловлен следующими факторами [105]:

- в отличие от других функций агрегирования (таких как сумма или произведение), отношение уменьшает вероятность перекосов в результате чрезмерного влияния какого-либо отдельного критерия;

- критерии подбора комбикормового оборудования имеют разные физические смыслы и размерности. Использование функции, которая учитывает отношения между показателями, позволяет нормализовать данные и привести их к единой шкале, что делает их более сопоставимыми. Это упрощает последующий анализ и интерпретацию результатов;

– функция должна принимать исключительно положительные значения либо равняться нулю;

– использование отношения позволяет лучше понять, насколько фактические значения показателей соответствуют требуемым или желаемым. Это делает результаты более понятными для анализа и принятия решений.

Выбранные частные критерии эффективности подбора комбикормового оборудования на стадии его приобретения, как правило, различаются по степени их влияния на эффективность выбора машин [54, 125]. Поэтому определяют коэффициенты относительной важности каждого частного критерия  $a_i$ , используя данные, полученные в результате экспертной оценки. При этом необходимо учесть, что [105]:

– при  $m > 1$ :  $a_i \neq 1$  и  $a_i \neq 0$ . Это следует из условия  $\sum_{i=1}^{i=m} \alpha_i = 1$

– если  $a_i \rightarrow 1$ , то степень влияния единичного критерия на комплексный показатель эффективности (на значение функции агрегирования) увеличивается, а при  $a_i \rightarrow 0$  – снижается. Однако в этом случае влияние данного  $i$ -го единичного критерия на комплексный показатель не отвергается полностью.

Функция агрегирования (2.34) является векторной величиной. Для преобразования ее в скалярную величину учтем в функции (2.34) зависимость (2.33). В результате получим функцию агрегирования в виде [105]:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} \frac{W_i}{W_i^{mp}}}{\prod_{i=m_1+1}^m \frac{W_i}{W_i^{mp}}}. \quad (2.35)$$

Принимаем в расчет коэффициенты относительной важности каждого частного критерия  $a_i$ . При этом функция агрегирования (2.35) преобразуется в функцию вида [105]:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} (\alpha_i \cdot \frac{W_i}{W_i^{mp}})}{\prod_{i=m_1+1}^m (\alpha_i \cdot \frac{W_i}{W_i^{mp}})}. \quad (2.36)$$

Обозначив

$$\begin{aligned}\prod_{i=1}^{m_1} \left( \alpha_i \cdot \frac{W_i}{W_i^{mp}} \right) &= K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_{m_1}, \\ \prod_{i=m_1+1}^m \left( \alpha_i \cdot \frac{W_i}{W_i^{mp}} \right) &= K_{m_1+1} \cdot \dots \cdot K_m.\end{aligned}\tag{2.37}$$

перепишем зависимость (2.36) [105]:

$$\varphi(W) = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_{m_1}}{K_{m_1+1} \cdot \dots \cdot K_m}.\tag{2.38}$$

Проблема ввода коэффициента относительной важности каждого частного критерия  $a_i$  заключается в том, что высокое значение одного критерия увеличивает его влияние на итоговый результат, обесценивая вклад остальных. Аналогично крайне низкое значение способно практически обнулить итоговый показатель вне зависимости от значений остальных. В связи с этим предлагается каждый критерий не умножать на коэффициент относительной важности, а возводить в него с последующим извлечением корня из произведения показателей, значение которого соответствует среднегеометрическому значению важности частных критериев  $a_i$ . Тогда выражение (2.36) примет вид:

$$\varphi(W) = \frac{\sum \alpha_i \sqrt{\prod_{i=1}^{m_1} \left( \frac{W_i}{W_i^{TP}} \right)^{\alpha_i}}}{\sum \alpha_i \sqrt{\prod_{i=m_1+1}^m \left( \frac{W_i}{W_i^{TP}} \right)^{\alpha_i}}}.\tag{2.39}$$

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. Без использования корня  $n$ -й степени, при расчете среднегеометрического, возникает риск потери общей значимости всех показателей на фоне неоправданно высокого (или, наоборот, низкого) значения лишь одного из них.

Чтобы избежать подобной ситуации и обеспечить более сбалансированную оценку, необходимо извлекать корень  $n$ -й степени из суммы значимостей отдельных критериев оценки. Эта операция позволяет привести итоговый результат к более адекватному масштабу, отражающему вклад каждого элемента в общую картину. Введение корня нормализует значения, предотвращая доминирование отдельных показателей и сохраняя значимость всей совокупности данных. Таким образом, получаем более объективную оценку, учитывающую вклад каждого показателя без искажений, вызванных экстремальными значениями.

Комплексный показатель эффективности подбора комбикормового оборудования есть математическое ожидание функции агрегирования [119]:

$$K_{\text{ЭФ}} = m\{\varphi(W)\}. \quad (2.40)$$

С учетом вышесказанного, формирование комплексного критерия эффективности подбора комбикормового оборудования выполняется по схеме [119], представленной на рисунке 2.3.

На основании данной схемы построена схема оптимальной эффективности подбора оборудования для приготовления комбикормов (рисунок 2.4) [119].

Повышение эффективности подбора комбикормового оборудования сводится к решению задачи [119]:

$$K_{\text{ЭФ}} = (X, Y, Z, V) \rightarrow \max K_{\text{ЭФ}} \text{ при } W_i \in f(W_i). \quad (2.41)$$

Помимо описанного выше решения, при комплексной оценке необходимо учитывать основной ее принцип – учет значений частных показателей. Чтобы учесть указанный принцип, необходимо выбрать совокупность частных критериев эффективности ( $K_1, K_2, \dots, K_m$ ) на основе изучения факторов, влияющих на эффективность выбора оборудования, и в дальнейшем составить уравнение, соответствующее функции агрегирования (2.38) [119].

Предлагается использовать интегральный показатель эффективности подбора комбикормового оборудования ( $\Pi_{\text{инт}}^{\text{эфф}}$ ), который будет являться математическим ожиданием функции агрегирования (2.38) [119]:

$$\Pi_{\text{инт}}^{\text{эфф}} = \varphi(m, k). \quad (2.42)$$

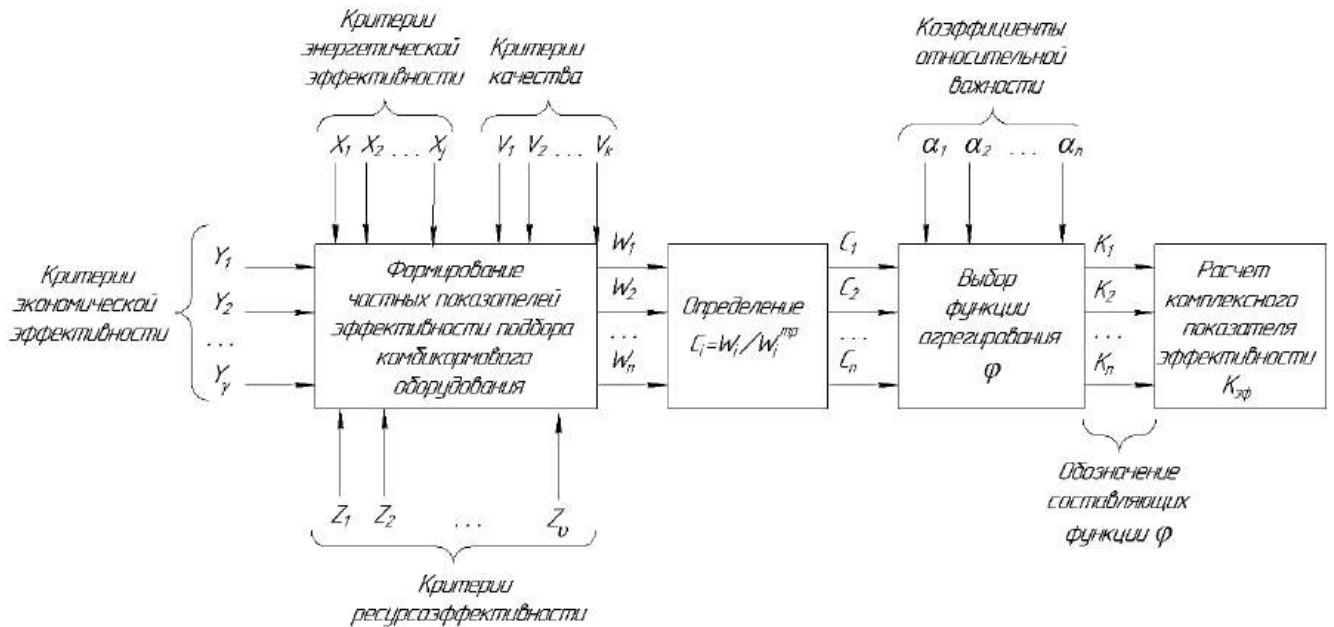


Рисунок 2.3 – Схема формирования комплексного критерия\*

\*Источник: составлено автором по данным [22]

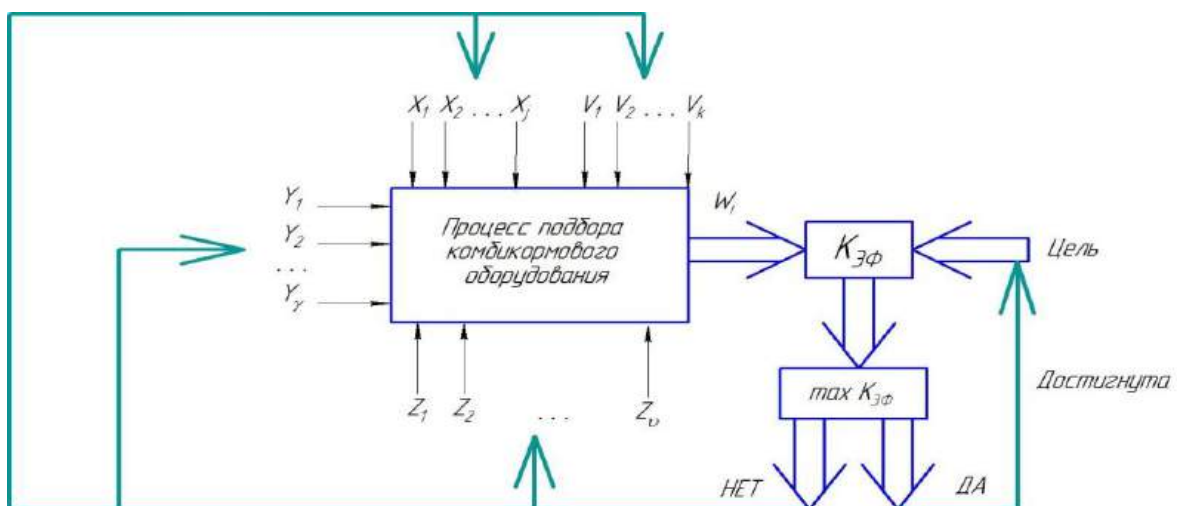


Рисунок 2.4 – Схема повышения эффективности подбора комбикормового оборудования\*

\*Источник: составлено автором по данным [22]

С учетом выражения (2.39) данная функция будет рассчитываться по следующей формуле [119]:

$$\varphi(m, k) = \frac{n_1+n_2+\dots+n_i \sqrt{m_1^{n_1} \cdot m_2^{n_2} \cdot \dots \cdot m_i^{n_i}}}{p_1+p_2+\dots+p_j \sqrt{k_1^{p_1} \cdot k_2^{p_2} \cdot \dots \cdot k_j^{p_j}}}, \quad (2.43)$$

где  $m_1, m_2, \dots, m_i$  – критерии оценки эффективности подбора оборудования, которые при расчете должны стремиться к максимуму;  $k_1, k_2, \dots, k_j$  – 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.

С учетом выбранных ранее важнейших частных показателей эффективного подбора оборудования: энергозатраты оборудования ( $E$ ), компактность оборудования при его расположении в производственном помещении ( $K$ ), технологичность ( $T$ ), коэффициент использования оборудования в сутки ( $K_{исп}$ ), доступность оборудования и его комплектующих к приобретению на территории РФ ( $D$ ), патентная чистота оборудования ( $P$ ), уровень автоматизации процесса производства комбикорма ( $A$ ), экономические затраты ( $\mathcal{E}$ ), математическое выражение интегрального показателя эффективности подбора комбикормового оборудования имеет вид [109]:

$$\varphi(m, k) = \frac{(n_K+n_T+n_{K_{исп}}+n_D+n_P+n_A) \sqrt{K^{n_K} \cdot T^{n_T} \cdot K_{исп}^{n_{K_{исп}}} \cdot D^{n_D} \cdot P^{n_P} \cdot A^{n_A}}}{(P_E+P_{\mathcal{E}}) \sqrt{E^{P_E} \cdot \mathcal{E}^{P_{\mathcal{E}}}}}, \quad (2.44)$$

где  $n_K, n_T, n_{K_{исп}}, n_D, n_P, n_A$  и  $P_E, P_{\mathcal{E}}$  – соответствующие степени значимости отдельных критериев оценки.

Проведено сравнительное исследование методов вычисления комплексного показателя:

- с применением уравнения (2.43) для расчета интегрального показателя;
- с использованием формулы В.Е. Бердышева путем умножения значимости критерия на его числовое значение [105; 106];
- путем возведения критерия в степень, соответствующую его значению важности (степенной комплексный показатель).

Анализ выполнен на примере технических характеристик оборудования производства фирмы Jiangsu BD Environmental Technology Co. (Китай). Исходные данные, используемые в расчетах, приведены в таблице 2.2. В процессе оценивания принимались во внимание ненулевые и отличающиеся от единицы критерии. Пример расчета представлен изменением значимости и величины коэффициента компактности, поскольку этот показатель являлся определяющим фактором при выборе оптимального варианта оснащения предприятия.

Таблица 2.2 – Исходные данные для расчета комплексных показателей по характеристикам оборудования Jiangsu BD Environmental Technology Co

Критерии оценки	Значение критерия	Значимость критерия $\alpha$
Показатели, стремящиеся к максимуму		
<b>Коэффициент компактности</b>	<b>0,048</b>	<b>8</b>
Коэффициент технологичности	1,25	8
Коэффициент использования оборудования в сутки	0,260	8
Коэффициент автоматизации	0,992	10
Показатели, стремящиеся к минимуму		
Коэффициент энергетических затрат	0,490	10
Коэффициент экономических затрат	0,815	10

В соответствии с исходными данными таблицы 2.2 выражение для расчета интегрального показателя  $\left( n_i^{\frac{\alpha_i}{\sum \alpha_i}} \right)$  примет вид:

$$\varphi = \frac{8+8+8+10 \sqrt{0,048^8 \cdot 0,1,25^8 \cdot 0,260^8 \cdot 0,992^{10}}}{10+10 \sqrt{0,490^{10} \cdot 0,815^{10}}}$$

В случае расчета по формуле В.Е. Бердышева  $(\alpha_i n_i)$  показатель будет иметь вид:

$$\varphi = \frac{0,048 \cdot 8 \cdot 0,1,25 \cdot 8 \cdot 0,260 \cdot 8 \cdot 0,992 \cdot 10}{0,490 \cdot 10 \cdot 0,815 \cdot 10}$$

При возведении критерия в степень его значимости  $(n_i^{\alpha_i})$  получим следующее выражение степенного комплексного показателя:

$$\varphi = \frac{0,048^8 \cdot 0,1,25^8 \cdot 0,260^8 \cdot 0,992^{10}}{0,490^{10} \cdot 0,815^{10}}$$

Далее при фиксированном значении коэффициента компактности  $K_{\text{комп}} = 0,048$ , изменяя его значимость  $\alpha$ , рассчитали величину комплексных показателей для всех трех случаев (таблица 2.3). Анализировали интервал значений показателя, охватывающий предел от 0,001 до 100. Далее определяли изменение значений интегрального показателя относительно минимального значения. Для интегрального показателя и комплексного показателя, рассчитанного по формуле В.Е. Бердышева, находили отношения  $n_i^{\frac{\alpha_1}{\sum \alpha_i}} / n_1^{\frac{\alpha_i}{\sum \alpha_i}}$  и  $\alpha_i n_i / \alpha_1 n_1$  соответственно, а для степенного показателя  $(n_i^{\alpha_i})$  – через соотношение  $n_1^{\alpha_1} / n_i^{\alpha_i}$  (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Расчетные значения относительного изменения комплексных показателей при  $K_{\text{комп}} = 0,048$  в зависимости от его значимости

№	Значимость	Комплексные показатели			Относительное изменение ( $\sigma$ )		
	$\alpha$	$n_i^{\frac{\alpha_i}{\sum \alpha_i}}$	$\alpha_i n_i$	$n_i^{\alpha_i}$	$n_i^{\frac{\alpha_1}{\sum \alpha_i}} / n_1^{\frac{\alpha_i}{\sum \alpha_i}}$	$\alpha_i n_i / \alpha_1 n_1$	$n_1^{\alpha_1} / n_i^{\alpha_i}$
1	0,001	1,117	0,399	$1,19 \cdot 10^{-8}$	1	1	1
2	0,01	1,116	3,995	$1,16 \cdot 10^{-8}$	1,001	10	1,028
3	0,1	1,106	39,951	$8,85 \cdot 10^{-9}$	1,011	100	1,350
4	1	1,011	399,509	$5,8 \cdot 10^{-10}$	1,104	1000	20,592
5	10	0,531	3995,087	$8,48 \cdot 10^{-22}$	2,105	10000	$1,409 \cdot 10^{13}$
6	100	0,133	39950,87	$3,8 \cdot 10^{-140}$	8,385	100000	$3,169 \cdot 10^{131}$

При увеличении значимости в  $10^5$  значение интегрального показателя изменяется в 8,385 раза в то время, как при возведении в степень значимости  $\alpha$  его значение изменяется в  $3,169 \cdot 10^{131}$ . В случае умножения критерия на его значимость (по формуле В.Е. Бердышева) величина показателя изменяется прямо пропорционально значимости критерия, а именно в  $10^5$  раз (таблица 2.3). Графики, приведенные на рисунке 2.5, наглядно показывают влияние значимости ( $\alpha$ ) коэффициента компактности на изменение показателей.

Аналогичным образом рассматривалось влияние величины коэффициента компактности при заданной постоянной значимости  $\alpha = 8$ . Диапазон изменения коэффициента составлял от 0,001 до 1000. Увеличение значения коэффициента в  $10^6$  раз ведет к изменению интегрального показателя в 25,8 раза. При умножении ко-

эфициента на величину значимости (формула В.Е. Бердышева), комплексный показатель увеличивается линейно согласно значению значимости, то есть также в  $10^6$  раз (таблица 2.4). При возведении коэффициента  $K_{\text{комп}}$  в степень значимости  $\alpha$  степенной комплексный показатель возрастает в  $10^{48}$  раз. Графическое отображение влияния коэффициента компактности на комплексные показатели представлено на рисунке 2.6.

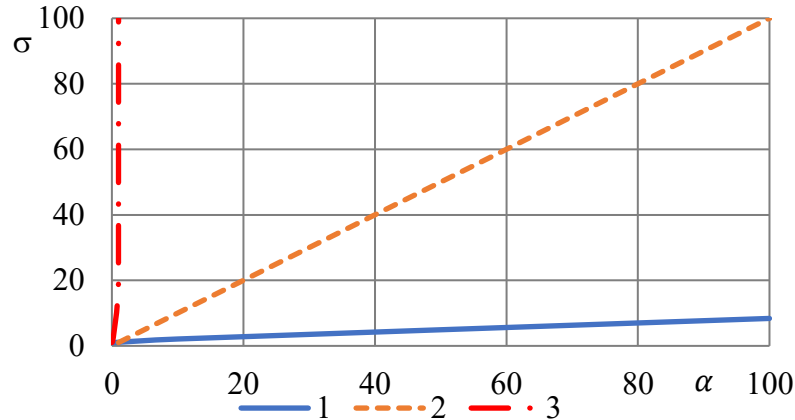


Рисунок 2.5 – Зависимость  $\sigma$  от значимости  $\alpha$  коэффициента компактности:

- 1 –  $n_i^{\frac{\alpha_i}{\sum \alpha_i}}$  (интегральный показатель эффективности комбикормового оборудования);  
 2 –  $\alpha_i n_i$  (комплексный показатель по формуле В.Е. Бердышева); 3 –  $n_i^{\alpha_i}$  (степенной комплексный показатель)

Таблица 2.4 – Расчетные значения относительного изменения комплексных показателей в зависимости от значения  $K_{\text{комп}}$  при его значимости  $\alpha = 8$

№	Значение коэффициента $K_{\text{комп}}$	Комплексные показатели			Относительное изменение ( $\sigma$ )		
		$\frac{\alpha_i}{n_i^{\sum \alpha_i}}$	$\alpha_i n_i$	$n_i^{\alpha_i}$	$\frac{\alpha_i}{n_i^{\sum \alpha_i}} / \frac{\alpha_1}{n_1^{\sum \alpha_1}}$	$\alpha_i n_i / \alpha_1 n_1$	$n_i^{\alpha_i} / n_1^{\alpha_1}$
1	0,001	0,239	66,014	$1,2 \cdot 10^{-32}$	1	1	1
2	0,01	0,410	660,144	$1,2 \cdot 10^{-24}$	1,719	10	$10^8$
3	0,1	0,705	6601,437	$1,2 \cdot 10^{-16}$	2,955	100	$10^{16}$
4	1	1,212	66014,37	$1,2 \cdot 10^{-8}$	5,080	1000	$10^{24}$
5	10	2,084	660143,7	1,198	8,733	10000	$10^{32}$
6	100	3,583	6601437	$1,2 \cdot 10^8$	15,013	100000	$10^{40}$
7	1000	6,159	66014367	$1,2 \cdot 10^{16}$	25,809	1000000	$10^{48}$

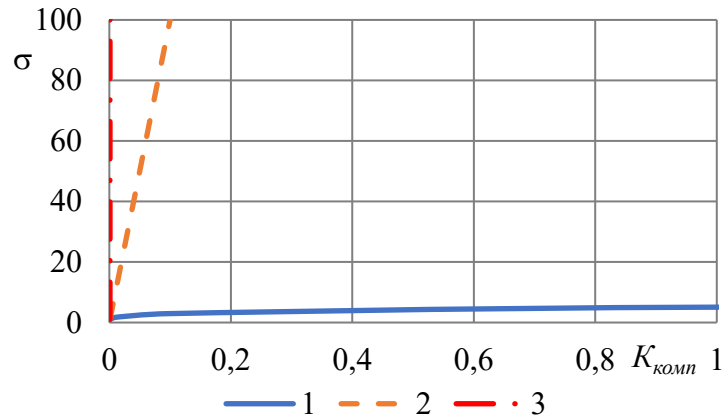


Рисунок 2.6 – Зависимость  $\sigma$  от изменения величины коэффициента компактности  $K_{\text{комп}}$ : 1 –  $\frac{\alpha_i}{\sum \alpha_i}$  (интегральный показатель эффективности комбикормового оборудования); 2 –  $\alpha_i n_i$  (комплексный показатель по формуле В.Е. Бердышева); 3 –  $n_i^{\alpha_i}$  (степенной комплексный показатель)

Таким образом, проведенные расчеты подтвердили преимущество предлагаемого интегрального показателя эффективности комбикормового оборудования перед существующими. Доказано, что интегральный показатель позволяет учесть вклад каждого коэффициента, сокращая доминирование тех из них, которые обладают экстремально высокими (низкими) значениями или значимостями, тем самым сохраняя значимость всех коэффициентов, входящих в формулу для расчета показателя.

### 2.3 Обоснование алгоритма функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования

Принцип подбора технологического оборудования для эффективного функционирования линии по производству комбикормов подразумевает под собой дифференцируемое использование технических средств. Данная методика должна учитывать различные факторы, оказывающие влияние на технологический процесс,

который, в свою очередь, основан на последовательности выполнения технологических, транспортных, погрузочно-разгрузочных операций, исполнение которых возможно различными способами и машинами [73].

В первую очередь необходимо учесть ряд показателей производственного процесса [73; 126], конкретно это: непрерывность, поточность или ритмичность; связи операций между собой (последовательность, параллельность, согласованность, сочетание и т. п.); производственные мощности и загрузка оборудования.

Для получения наиболее точного результата прогнозирования подбора технологического оборудования комбикормовой линии разработана модель, представленная на рисунке 2.7 [127]. Данная модель интересна тем, что недостаток нужной информации при выборе необходимого оборудования компенсируется за счет получения дополнительных данных путем расчета технологических, энергетических, экономических и качественных характеристик. Учет данных показателей, а также их влияние на оборудование необходимо для выбора наиболее оптимального варианта линии по производству комбикормов [127].

Модель подбора комбикормового оборудования содержит несколько подсистем. В подсистеме производственных ресурсов происходит уточнение цели и задач производства. Здесь с учетом кормовой базы предприятия, ее потребностей и возможностей происходит выбор технологии производства комбикорма и необходимых объемов производства [127].

Далее в работу вступает подсистема подбора технической базы, которая подразумевает взаимодействие блока формирования состава машин и оборудования и блока сбора и обработки информации [127].

Блок формирования состава машин включает в себя подбор типа оборудования, которое своим непосредственным воздействием позволяет получать комбикорм, а также оборудование, которое участвует в процессе обеспечения функционирования технологической линии. Область применения выбираемых машин должна соответствовать виду и параметрам получаемого комбикорма [127]. В процессе формирования комплекта оборудования решаются три вопроса: выбор со-

става (вида) оборудования; определение типоразмеров оборудования; количественное соотношение машин в технологической линии. Формирование комплекта оборудования может производиться как для конкретного технологического процесса, являющегося частью технологической цепи и учитывающего исходные параметры и рецепт будущего комбикорма, конкретные условия и технологию производства, объем перерабатываемых компонентов и темпы их выполнения, так и для технологической линии в целом. На данном этапе также происходит расчет технологических характеристик подобранных машин и оборудования, где уточняются необходимые технические параметры ведущих машин, их типоразмеры, а также выбирается состав вспомогательных машин и составляется перечень вариантов комплектов машин [127].

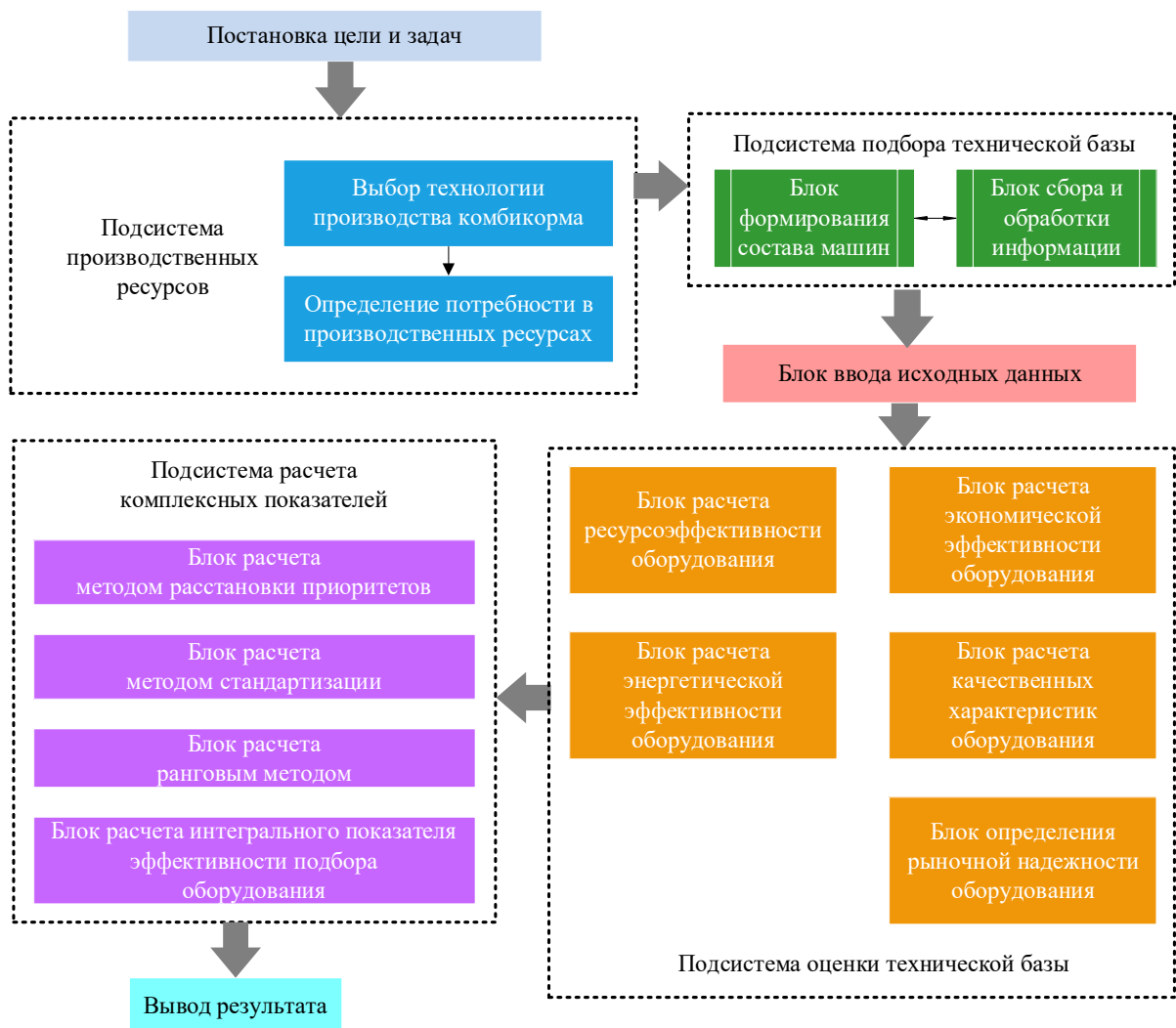


Рисунок 2.7 – Модель подбора комбикормового оборудования

При этом из перечня заранее исключаются машины, непригодные для использования в конкретных условиях ввиду несоответствия соотношения параметров машины и производственных площадей (стесненность производственной площадки, большая высота подъема компонентов и т. п.). Не рассматриваются машины, не соответствующие типоразмерам имеющихся машин, входящих в предложенный вариант комплекта (например, нории должны иметь высоту разгрузки больше, чем высота смесителя или дробилки), и другие неприемлемые варианты механизации работ [127].

Блок сбора и обработки информации производит сравнение эффективности использования комплектов машин и оборудования в конкретных условиях производства.

Результатом работы подсистемы подбора технической базы будет являться выбор наилучшего комплекта оборудования [127].

Дальнейшей операцией в подборе оптимального оборудования является расчет таких показателей эффективности технологической линии, как ресурсоэффективность, энергоэффективность, экономическая эффективность, рыночная надежность и показатели качества. За данный блок отвечает подсистема оценки технической базы [127].

Далее в работу вступает подсистема оценки эффективности подбора комбикормового оборудования с помощью комплексных показателей, рассчитанных методом расстановки приоритетов, ранговым методом, методом стандартизации, а также предложенного интегрального показателя эффективности [127].

Модель подбора комбикормового оборудования позволяет определить оптимальный состав технологической линии производства комбикормов с наиболее ожидаемыми выходными параметрами [127].

На основании данной модели разработан алгоритм функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования, который призван содействовать в выборе наиболее эффективных технологических линий и технических средств для производства (рисунок 2.8).

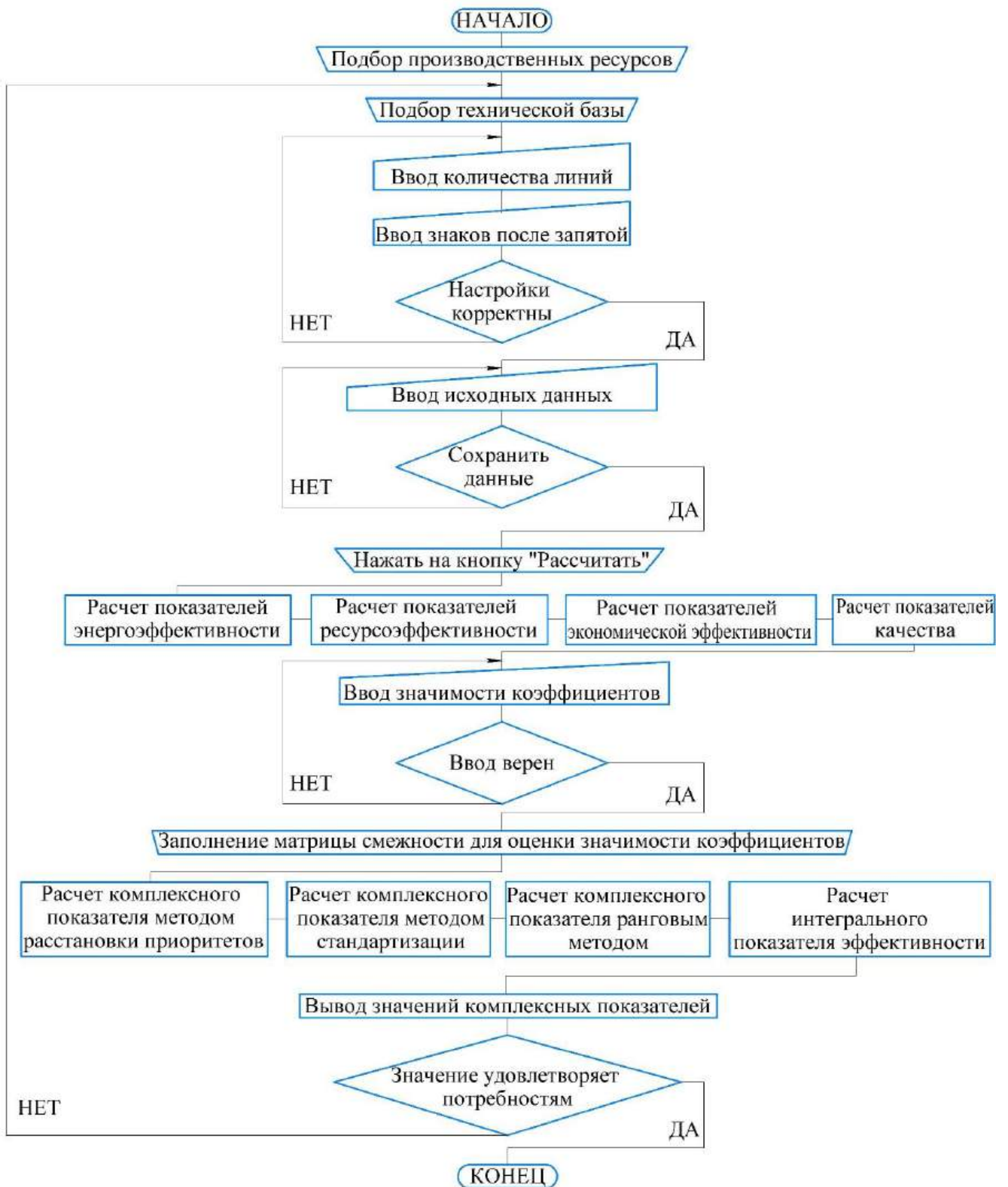


Рисунок 2.8 – Алгоритм функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования

Эргатическая система подбора комбикормового оборудования представляет собой человеко-машинный комплекс, направленный на оптимальный выбор оборудования для производства комбикормов с учетом технических, энергетических, технологических, экономических критериев и критериев качества [128].

Структура системы [128]:

- а) человеческий компонент (оператор) – специалист по подбору оборудования, технолог кормопроизводства и т. п.;
- б) машинный компонент – программа для подбора комбикормового оборудования;
- в) интерфейс взаимодействия – средства ввода/вывода информации.

Человеческим компонентом системы (оператором) формируются цели и задачи. На основании анализа кормовой базы, потребностей предприятия и его производственного потенциала осуществляется подбор оптимальной технологии приготовления комбикормов, а также определяется необходимый объем производства. В соответствии с производственными ресурсами следует подбор технической базы: выбор типа оборудования, которое напрямую участвует в создании комбикорма, а также оборудования, необходимого для обеспечения работы технологической линии [128].

Далее происходит переход к работе с машинным компонентом системы (оператор переходит к работе с программой) [128]. Оператор производит ввод настроек, необходимых для дальнейшего сравнения технологических линий/технических средств: ввод количества линий/оборудования, которое будет подлежать сравнению, а также количества знаков после запятой в результатах расчетов. Результатирующим действием является проверка оператором введенных данных параметров. Если настройки неточны, то производится их корректировка в соответствии с поставленными целями и задачами. Если настройки корректны, то следующий шаг – ввод исходных данных анализируемых линий/оборудования. В случае правильного заполнения данных – они сохраняются, в противном случае – производится их уточнение.

После этого машинный компонент приступает к расчету показателей эффективности сравниваемого оборудования: ресурсоэффективности, энергоэффективности, экономической эффективности и показателей качества. Оператор может оценить результаты расчетов по каждому из показателей [128].

Для дальнейшей оценки человеческий компонент системы производит выбор приоритетов критериев, устанавливая степень значимости каждого показателя. И, если выбор верен, то машинный компонент выводит матрицу смежности для оценки значимости критериев, необходимую для расчета комплексных показателей эффективности оборудования. Если оператора не устраивают выбранные приоритеты, то он производит их корректировку [128].

Расчет комплексных показателей машина производит по четырем методам: методом расстановки приоритетов, методом стандартизации, ранговым методом и расчетом интегрального показателя эффективности [128].

После вывода значений комплексных показателей оператор, в соответствии с поставленными целями и задачами, производит выбор наиболее оптимального оборудования. Если результаты расчетов не удовлетворяют заявленным требованиям, то он должен пересмотреть либо скорректировать состав оборудования и произвести расчеты в соответствии с алгоритмом заново, до тех пор, пока итоги расчетов не удовлетворят его потребностям [128].

Разработанный алгоритм является основой программы для оценки комбикормовых линий на стадии их покупки [128].

## 2.4 Выводы по главе

1. На основании анализа разработанной модели технологии производства комбикормов установлено, что на эффективность подбора кормоприготовительного оборудования во многом влияют принятые решения управленческого аппарата предприятия, определяемые вероятностным, субъективным характером, для снижения действия которых необходимы объективные показатели оценки оборудования, позволяющие повысить эффективность производства комбикормов.

2. На основании проведенного анализа разработана классификация оценочных показателей, оказывающих определяющее значение на эффективность подбора комбикормового оборудования. Классификация включает четыре группы показателей: качества, ресурсоэффективности, экономической эффективности, энергетической эффективности. В рамках разработанной классификации дополнительно к существующим показателям оценки комбикормового оборудования на этапе его подбора предложено использовать показатели качества (технического средства, технологической линии, продукции), коэффициент комплектации, коэффициент рыночной надежности, характеризующие степень соответствия заданным требованиям и критериям эффективности оборудования, доступность оборудования к приобретению на территории РФ, степень уверенности рынка в устойчивости и надежности продавца оборудования. Для комплексной оценки эффективности подбора комбикормового оборудования предложено использовать интегральный показатель эффективности, учитывающий важные для потребителя критерии, их значимость и взаимосвязь друг с другом, и 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. Разработан алгоритм функционирования эргатической системы для оценки сравниваемого комбикормового оборудования по показателям качества, ресурсоэффективности, экономической эффективности, энергетической эффективности, а также с применением комплексных показателей, в том числе интегрального показателя эффективности, исходя из паспортных характеристик оборудования, номенклатуры и объема выпускаемой продукции, доступных производственных площадей, энергетических ресурсов предприятия.

## Глава 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1 Общие сведения о программном обеспечении (ПО)

Для облегчения процесса подбора комбикормового оборудования на стадии его приобретения на основании предложенного алгоритма (рисунок 2.8) разработана и запатентована (приложение Б) специализированная программа, позволяющая на основе заданных параметров определять наиболее подходящий вариант среди рассматриваемых [129]. Программа учитывает перечисленные во второй главе показатели и предоставляет пользователю возможность сравнения технологического оборудования по заданным пользователем критериям. Использование программы позволяет значительно сократить время на подбор комбикормового оборудования, снизить риск ошибок и принять обоснованное решение, соответствующее потребностям и возможностям конкретного хозяйства.

Назначением настоящей программы является подбор комбикормового оборудования, базирующийся на технико-экономических расчетах [130]. Подбор осуществляется по четырем обоснованным в предыдущей главе группам показателей: энергетическим, технологическим, экономическим и показателям качества. На их основе несколькими методами рассчитывается комплексный показатель. Данное программное обеспечение предоставляет сделать это тремя известными методами: методом расстановки приоритетов, ранговым методом и методом стандартизации, а также с использованием разработанного интегрального показателя эффективности.

Написание программы осуществлялось в Microsoft Visual Studio Community 2022, язык программирования – C#. Использование программы возможно в операционной системе Windows с 7 по 11 версии.

### 3.2 Методика оценки работоспособности и верификации программы

Для подтверждения точности и надежности программы необходимо проведение верификации. Главная цель верификации – убедиться, что программа правильно реализует заложенные в неё алгоритмы и формулы. Для полноценной проверки программы были использованы следующие материалы:

- описание структуры программы: список глобальных и локальных переменных с их назначением; описание основных методов: расчёта показателей ресурсоэффективности, энергоэффективности, экономической эффективности и показателей качества, комплексных показателей и функционала интерфейса; основной программный код;

- исходные данные для расчётов: паспортные данные оборудования (технические характеристики, энергопотребление, производительность и т. д.); суточный объем работ; цена оборудования, стоимость его доставки и монтажа; показатели, характеризующие производственные помещения; количество обслуживающего персонала и его заработная плата; данные по рыночной надежности продавца (при наличии);

- алгоритмы и методы оценки: формулы или методики расчёта абсолютных, относительных и безразмерных показателей; реализация метода расстановки приоритетов, метода стандартизации, рангового метода и способ вычисления интегрального показателя эффективности;

- примеры входных данных и ожидаемых результатов: наборы реальных или тестовых параметров оборудования; соответствующие результаты расчётов в виде таблиц и графиков.

Оценка работоспособности программы проводилась в несколько этапов [131]:

1. *Анализ требований.* На данном этапе проводилась проверка учета программой оптимального количества показателей. Уточнялась корректность ввода данных комбикормового оборудования в зависимости от требований производства

(мощность, производительность и др.) и оценка возможности выбора приоритетов критериев через решение тест-кейса № 1 «Корректность ввода данных комбикормового оборудования в зависимости от требований производства» (Приложение В) [131]. В программу вводились значения технических характеристик заранее подобранного оборудования, условия производства и приоритеты критериев. Визуально оценивалась корректность ввода параметров на соответствие заданным значениям и возможность выбора приоритетов критериев оценки оборудования.

Также в рамках данного этапа оценивалась достаточность количества показателей для оценки комбикормового оборудования при его подборе. Для этого программа была передана в ООО «ННПП-2», ООО «ДОЗА-Агро», ООО «ГрафКорм» с целью проведения ее тестирования, по результатам которого организации дали свое заключение.

*2. Тестирование расчетных алгоритмов.* На текущем этапе проводилась проверка работоспособности формул и расчетов ключевых показателей, а также сравнение результатов с ручными расчетами. Была реализована математическая верификация, в рамках которой выполнены следующие процедуры: проверка правильности вычисления показателей ресурсоэффективности, энергоэффективности, экономической эффективности и показателей качества, а также вычисления комплексных показателей путем выполнения серии ручных расчетов на примере ряда конкретных тестовых наборов данных, после чего результаты сравнивались с итоговыми показателями, выданными программой; проверка правильности интерпретации единиц измерения (кг, т, ч и др.) [131].

Проведены тесты для оценки поведения программы при работе с экстремально малыми и большими значениями количества исследуемых производственных линий и количеством десятичных знаков после запятой [131]. Для фиксации результатов тестирования разработан тест-кейс № 2 «Работа при малых и больших значениях количеств рассматриваемых линий и количестве знаков после запятой»: имелся список оборудования с техническими характеристиками; параметры производственной задачи (объем, тип сырья, желаемая производительность и др.) для всех исследуемых линий одинаковы (Приложение В).

Рассмотрено два сценария.

а) с целью выявления возможных проблем с округлением чисел в программу были внесены данные по одной технологической линии. Количество знаков после запятой – 3 и 8 (8 – максимальное значение знаков после запятой, предусмотренное программой). Это объясняется тем, что числа с большим количеством десятичных знаков начинают терять свою точность вследствие ограниченности битового представления. Например, при представлении большого числа в двоичном формате неизбежно возникают ошибки округления, особенно заметные начиная с восьмого-девятого знака после запятой. Также в большинстве практических приложений высокая точность не требуется. Обычно достаточно трех-четырех знаков после запятой для большинства инженерных и экономических расчетов. Ограничивая точность восемью знаками, упрощается код и предотвращаются ненужные проблемы с точностью). Наглядно проверялась корректность ввода исходных данных и корректность расчета показателей эффективности, учитывая указанную точность расчетов как при трех, так и при восьми знаках после запятой.

б) Рассмотрен пример, когда в программу были внесены данные по 5 технологическим линиям. Количество знаков после запятой – 8. Визуально проверялась корректность произведения ввода и расчета исходных данных для всех линий, учитывая указанную точность расчетов.

Также на данном этапе, путем выполнения тест-кейса № 3 «Работа с ошибочными значениями исходных данных», оценивалась реакция программы на некорректные или отсутствующие значения ввода данных (Приложение В). Рассматривалось 3 сценария: введение в программу значений, имеющих недопустимый диапазон (например, отрицательная производительность); отсутствие значение параметра в ячейке; некорректность формата данных (например, буквы вместо цифр). Визуально оценивалась реакция программы на значения, выходящие за рамки допустимого диапазона; отсутствие значение параметра; несоответствие формата заданным требованиям [131].

3. *Проверка логики подбора оборудования* – проверка функциональности и корректности работы алгоритма подбора оборудования исходя из указанных критериев и условий выбора оптимального решения [131]. Процесс включал ряд последовательных шагов, позволяющих убедиться в правильности реализации механизма подбора через решение тест-кейса № 4 «Подбор комбикормового оборудования по техническим и производственным параметрам (в соответствии с заданными приоритетами)» (Приложение В). С учетом требуемого объема производства, а также указав требуемые показатели (например, желаемую энергоэффективность, степень автоматизации, габариты оборудования и т.д.), была запущена процедура поиска и фильтрации подходящего оборудования. При этом необходимо убедиться, что выбор осуществлялся с учётом приоритетов по каждому из выставленных критериев. После отбора, данные по оборудованию вносились в программу и производились расчёты показателей эффективности и, предварительно выбрав значения их приоритетов, были рассчитаны комплексные показатели. Необходимо визуально убедиться, что система выводит понятные результаты о рассчитанных показателях в соответствии с заданными приоритетами.

4. *Тесты на пользовательском интерфейсе*. Проводились для обеспечения правильного ввода данных, управления ошибками и понятного вывода результатов: валидация ввода; работа интерфейса; проверка удобства навигации и наглядности результатов; проверка корректного сохранения данных и возможности повторного использования [131]. При помощи решения тест-кейса № 5 «Анализ распределения классов» проводился анализ распределения классов в коде программы, а путем выполнения тест-кейса № 6 «Анализ распределения глобальных переменных» проводился анализ распределения глобальных переменных в коде программы (Приложение В). Полученные результаты показали, насколько эффективно распределение классов и переменных способствует структурированию и всестороннему анализу производственных показателей, учитывая особенности производства.

5. *Оценка надежности программы методом статистического подхода*. Использовался статистический подход: была собрана статистика по работе про-

граммы за определенный промежуток времени (30 дней). Она включала в себя: количество запусков программы; время непрерывной работы; количество выявленных ошибок; продолжительность исправления каждой ошибки. Фиксировалось количество ошибок, сбоев и незапланированных действий программы при обработке данных. Основываясь на статистике собранных данных, были определены следующие показатели: частота отказов (%); среднее время наработки на отказ (ч); средняя продолжительность устранения ошибки (ч); общая готовность системы (%) [131].

*б. Валидация данных.* Первая часть данного этапа представляет собой проверку корректности и адекватности результатов, выдаваемых программой для подбора комбикормового оборудования, путем сравнения теоретических данных с реальной информацией, полученной непосредственно с предприятий. Целью является оценка точности и надежности предложенного алгоритма подбора оборудования на практике. Было определено предприятие для проведения практической валидации. В нашем случае выбрано ООО «ННПП-2», поскольку данное предприятие закупило оборудование, подобранное именно нашей программой. Предприятие приобрело и установило предлагаемое программой оборудование в своей производственной цепочке. Оборудование эксплуатировалось в течение определенного периода времени, необходимого для сбора данных о его работе. В конечном итоге, теоретические прогнозы, сделанные программой, сопоставлялись с собранными фактическими данными. Рассчитывались абсолютные и относительные отклонения по основным показателям. И далее проводился подробный анализ выявленных отклонений, определялось их влияние на общую эффективность производства с дальнейшим выводом о валидности и точности программы [131].

Вторая часть этапа включала в себя сравнение расчета интегрального показателя эффективности подбора комбикормового оборудования, выполненного при помощи разработанной компьютерной программы, с аналогичным показателем, рассчитанным в лабораторных условиях, на основе реальных данных производства. Были проведены лабораторные замеры и испытания оборудования, позволяющие рассчитать показатель. Одновременно этот же интегральный показатель рассчитывался при помощи разработанной программы. Далее проводилось сопоставление

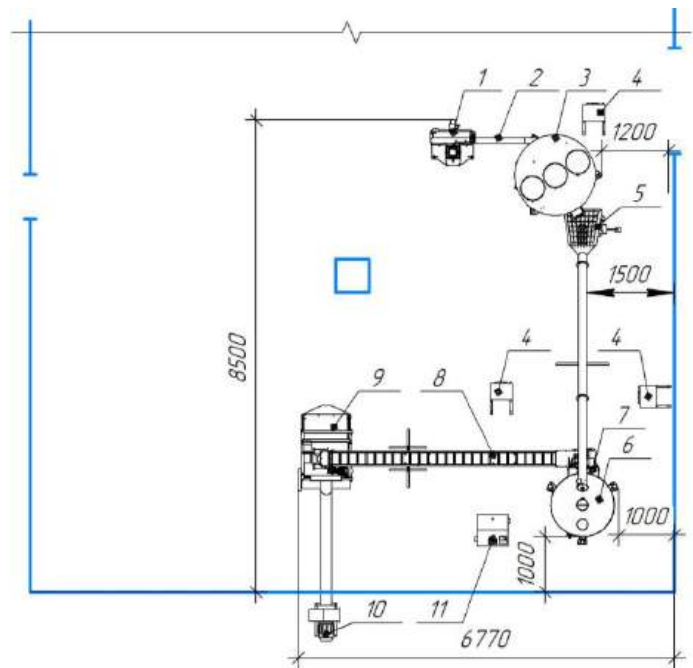
полученного лабораторного результата с расчетом, сделанным программой. Изучалась величина отклонения. Данная часть этапа предназначена для того, чтобы окончательно убедиться в корректности алгоритма подбора оборудования и согласованности вычислительной части программы с реально наблюдаемыми условиями производства [131].

### 3.3 Методика оценки эффективности комбикормового оборудования в лабораторных условиях

Лабораторные исследования проводились в научно-производственной лаборатории ГБОУ ВО НГИЭУ на линии ЛПКГ-0,9 [132]. Внешний вид и схема расположения в лаборатории представлены на рисунке 3.1.



а



б

Рисунок 3.1 – Линия ЛПКГ-0,9: а – внешний вид; б – схема расположения линии в лаборатории: 1 – дробилка роторная ДКР-1,5-Ф; 2 – материалопровод; 3 – смеситель шнековый ССК-2,3-Ф; 4 – пульт управления; 5 – транспортер шнековый ТШ-150-6-Ф; 6 – силос БП-1Д; 7 – пресс-гранулятор ДГ-0,9В; 8 – конвейер КЛ-С300-6-Ф; 9 – колонна охлаждения КО-3; 10 – вентилятор колонны охлаждения; 11 – парогенератор ПАР-30н

Линия ЛПКГ-0,9 позволяет производить комбинированные корма в двух формах: сыпучей и гранулированной. Процесс производства комбикорма на этой линии организован следующим образом. Сначала дробилка 1 измельчает требуемые ингредиенты, которые затем, посредством материалопровода 2, направляются в смеситель 3. Смеситель 3 оборудован системой весового контроля, определяющей необходимое количество измельчаемого сырья. После того как все компоненты измельчены, в смеситель добавляются микродобавки строго в соответствии с разработанной рецептурой, где происходит их тщательное перемешивание. Если необходимо получить рассыпной комбикорм, готовый продукт выгружается непосредственно из смесителя 3. Для производства гранулированного корма смесь из смесителя с помощью транспортера 5 переносится в силос 6, откуда она поступает в гранулятор 7. Полученные горячие гранулы конвейером 8 доставляются в охлаждающую колонну 9. Там под воздействием потока воздуха, создаваемого вентилятором 10, происходит их охлаждение до заданной температуры и удаление излишней влаги, образовавшейся в процессе гранулирования.

Проведена оценка показателей работы следующих машин в составе линии: дробилка ДКР-1,5Ф, смеситель ССК-2,3-Ф, пресс-гранулятор ДГ-0,9ВУ. Проверка осуществлялась с учетом требований нормативных документов [133; 134; 135; 136].

Анализ эффективности функционирования дробилки ДКР-1,5Ф производился по следующей схеме. В рабочую зону дробилки помещалось решето с ячейками диаметром 3 мм. Запускались дробилка и весовая система, интегрированная в смеситель ССК-2,3-Ф. Затем в зерновой борт погружался эжектор и, уменьшая зазор между его внешней трубой и внутренним патрубком, отслеживали параметры тока на экране системы управления линией (рисунок 3.2, а). При достижении предельно допустимого уровня тока регулировка зазора прекращалась, и его величина фиксировалась. После стабилизации работы дробилки и выхода ее на номинальный режим по показаниям весовой системы фиксировалась исходная масса сырья в смесителе. Одновременно запускался таймер, и процесс измельчения продолжался в течение 30 мин. По завершении этого времени определялась разница в массе в смесителе, что слу-

жило основой для вычисления производительности дробилки. В процессе измельчения зерна проводились измерения мощности, потребляемой электродвигателем дробилки, с использованием токоизмерительных клещей марки «Mastech MS2203» (рисунок 3.2, б). Одновременно осуществлялся отбор образцов измельченного продукта через специальный пробоотборник (рисунок 3.2, в).



а



б



в

Рисунок 3.2 – Оценка эффективности дробилки ДКР-1,5Ф: а – забор исходного материала эжектором; б – замер мощности, потребляемой электродвигателем дробилки; в – отбор дерти

После этого устанавливалось решето дробилки с ячейками 8 мм, и весь процесс измельчения повторялся. Испытания проводились при размоле озимой пшеницы сорта «Московская 38» влажностью 12,5 % и эквивалентным диаметром зерна 4,01 мм.

Качество измельченного зерна оценивалось согласно критериям, установленным ГОСТ 18221-2018, ГОСТ Р 51550-2000 и ГОСТ 9268-2015 [137; 138; 139]. Для проведения анализа из каждой пробы отбирали образцы весом 100 г. Эти образцы подвергались просеиванию на лабораторном рассеве РЛ в течение 5 минут (рисунок 3.3, а).



а



б



в

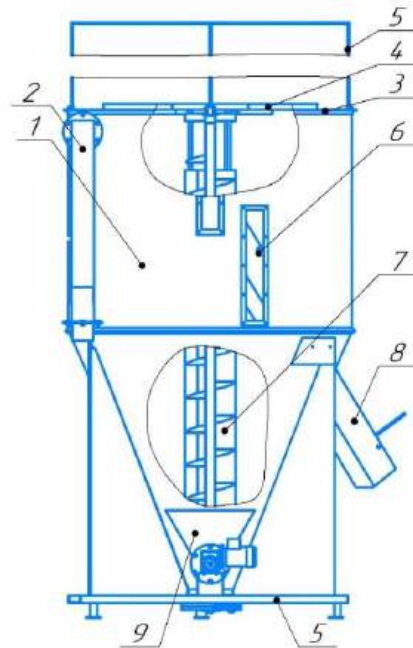
Рисунок 3.3 – Оценка качества измельченного зерна: а – общий вид рассева лабораторного РЛ; б – материал, оставшийся на ситах; в – взвешивание материала на весах ВК-300

Использовался набор сит с размерами ячеек: дно, 0,1; 0,2; 0,315; 0,5; 0,8; 1; 1,4; 2; 2,5 и 3 мм. Материал, оставшийся на каждом сите, взвешивался с точностью до 0,01 г на весах ВК-300 (рисунок 3.3, б и в). Процедура просеивания повторялась три раза для каждой пробы, после чего вычислялось среднее значение остатков.

Завершив анализ рабочих показателей дробилки ДКР-1,5Ф, проводили оценку функционирования смесителя ССК-2,3-Ф. Рисунок 3.4 демонстрирует внешний вид и принципиальную схему данного устройства.



а



б

Рисунок 3.4 – Смеситель шнековый ССК-2,3-Ф в составе линии ЛПКГ-0,9:  
 а – общий вид; б – схема; 1 – корпус; 2 – нагнетательный материалопровод;  
 3 – крышка; 4 – окна аспирации; 5 – механизм подвеса аспирационных мешков;  
 6 – смотровое окно; 7 – шнек; 8 – выгрузной патрубок; 9 – загрузочный бункер  
 микрокомпонентов

Для оценки эффективности смешивания смесителем ССК-2,3-Ф руководствовались информацией инструкции по эксплуатации. В ней указано, что при работе с четырёхкомпонентной смесью (равные части ячменной, пшеничной, овсяной дерти и подсолнечного жмыха) однородность достигает 85-95 % при загрузке 0,86 т смеси и 15-минутном перемешивании после добавления последнего компонента.

На основании этих данных был разработан следующий метод тестирования. С использованием дробилки ДКР-1,5Ф измельчали 0,645 т пшеницы, которое затем подавалось в смеситель по нагнетательному трубопроводу. Через загрузочное отверстие смесителя добавляли контрольный компонент – цельное зерно ячменя массой 0,215 т, что соответствовало 25 % от общей массы смеси. Затем включали смеситель и осуществляли перемешивание компонентов на протяжении 15 минут. По окончании смешивания производилась выгрузка готовой смеси. Во время выгрузки с помощью ковша отбирали 30 проб, которые помещали в отдельные упаковки.

Далее был выполнен детальный анализ взятых проб. С этой целью из каждого образца выделяли по три порции, весом в 100 г каждая. В каждой порции определяли ключевой компонент, вычисляли его процентное содержание в образце, а также среднее значение концентрации этого элемента по всем образцам. Собранные сведения заносили в таблицу и определяли коэффициент вариации [140]:

$$v = \frac{\sqrt{\frac{\sum(c_i - \bar{c})^2}{n-1}}}{\bar{c}} \cdot 100 \%, \quad (3.1)$$

где  $c_i$  – текущее значение концентрации контрольного компонента в пробе;  $\bar{c}$  – среднеарифметическое значение концентрации контрольного компонента по всем пробам;  $n$  – число проб.

Определение характеристик образцов проводили гравиметрическим методом [140] (рисунок 3.5). Замер расхода электроэнергии производился при помощи токоизмерительных клещей в процессе смешивания составляющих.



а

б

в

Рисунок 3.5 – Определение концентрации контрольного компонента: а – приборы для определения концентрации; б – просев образцов; в – взвешивание компонента

В руководстве по эксплуатации к пресс-гранулятору ДГ-0,9ВУ (рисунок 3.6) отмечено, что его максимальная производительность 0,45–0,65 т/ч достигнута при гранулировании комбикорма насыпной плотностью 0,45 т/м<sup>3</sup>, влажностью 15,5 % и жирностью 7 % на матрице с диаметрами отверстий 5 мм по рецепту: пшеницы 70 %, ячменя 12 %, жмыха 7 %, отрубей 5 %, кукурузы 5 %, премиксов 1 %. При этом суммарная установленная мощность электродвигателей гранулятора и дозатора составляет 15,55 кВт. Проверка осуществлялась при гранулировании смеси измельченного зерна пшеницы (70 %) и ячменя (30 %) влажностью 12,5 %. Замер потребляемой мощности также осуществлялся прибором «Mastech MS2203».

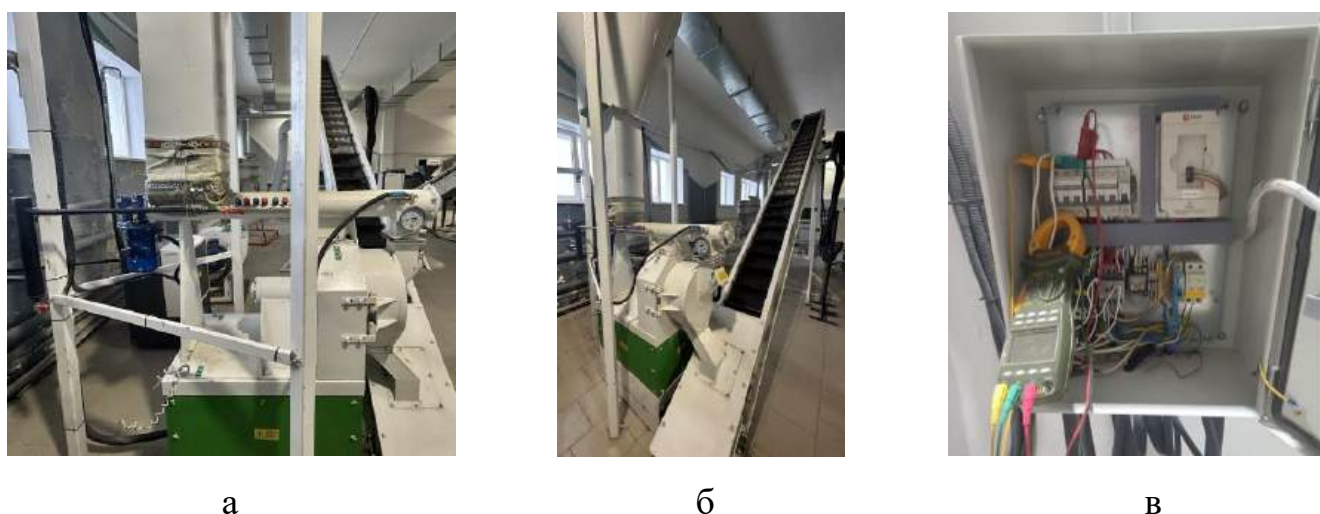


Рисунок 3.6 – Внешний вид гранулятора ДГ-0,9ВУ (а, б); замер потребляемой мощности (в)

После работы гранулятора были установлены показатели качества гранул:

- пробоотбор выполнен в соответствии с ГОСТ 13496.080 [141]. В процессе работы гранулятора были отобраны две выборки, каждая весом 4 кг. Первая выборка (№ 1) была изъята спустя 20 минут после стабилизации процесса гранулирования, вторая (№ 2) – через 40 минут. При помощи металлического ковша, способного вместить 0,5 кг продукта, производился отбор образцов готовых гранул после их прохождения через сито охладительной установки (рисунок 3.7);
- внешний вид и цвет гранул выверялись визуально в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51899-2002 [142]. Из каждой партии (№ 1 и № 2), используя весы ВК-300, отбирали по 200 г образца. Вес каждой пробы фиксировался (рисунок 3.7, б).

Затем взвешенное количество комбикорма высыпали на лист чистой белой бумаги. Тщательно перемешав, проводили визуальный анализ образца при дневном свете (рисунок 3.7, в);

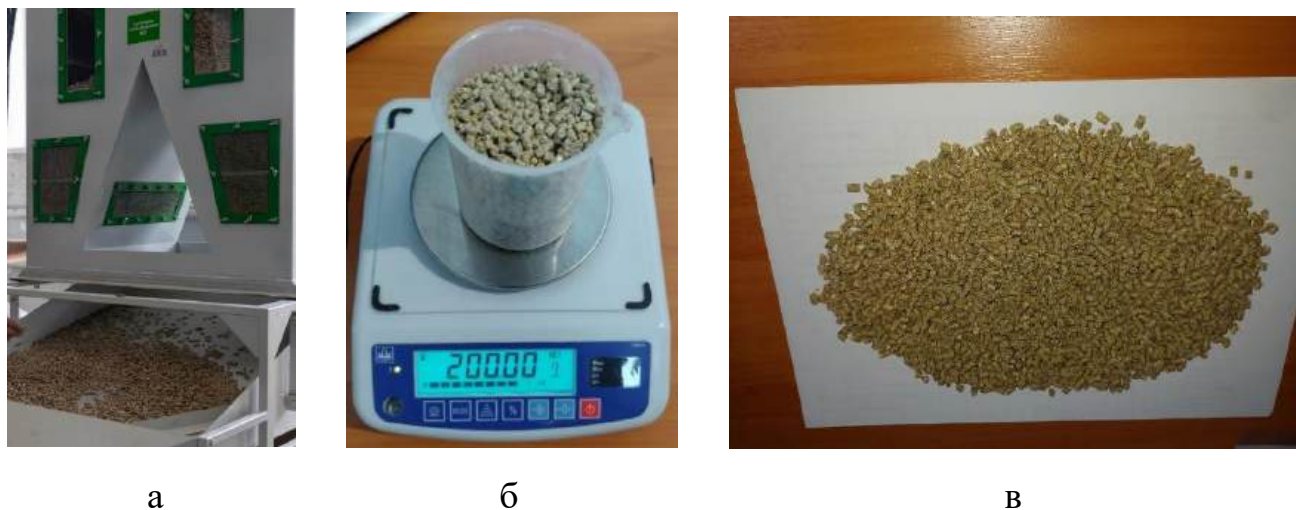


Рисунок 3.7 – Оценка качества гранул: а – место отбора точечных проб (просеивающее решето после охладительной колонки); б, в – исследование внешнего вида и цвета комбикорма

– проход частиц через сито диаметром 2 мм определялся методами, установленными ГОСТ Р 51899-2002 и ГОСТ 13496.8-72 [142; 143]. В соответствии со стандартом ГОСТ 13496.8-72 (с дополнениями по ГОСТ Р 51899-2002), регламентирующим методики оценки степени измельчения комбикормов и наличия недробленых семян, был установлен контроль прохождения материала через сито с размером ячеек 2 мм. От каждой партии комбикорма (№ 1 и № 2) в трех повторностях отбирались образцы весом по 200 г каждый. Данные образцы просеивались через сито с ячейками диаметром 2 мм (рисунок 3.8, а). Масса фракции, прошедшей через сито, определялась взвешиванием, а затем полученный вес делился пополам.

Стандартом ГОСТ Р 51899-2002 [142] определены допустимые размеры готовых гранул, а именно их диаметр и длина. Для анализа размеров из каждой партии случайным образом отбирались 10 гранул, после чего с использованием штангенциркуля измерялись их параметры. На основе полученных данных вычислялось среднее арифметическое значение диаметра и длины каждой гранулы;



а



б



в

Рисунок 3.8 – Оценка качества гранул: а – определение прохода через сито с отверстиями диаметром 2 мм; б – сушильный шкаф с бюксами; в – эксикатор (влагопоглотитель)

– запах проверяли в соответствии с ГОСТ 13496.13-2018 [144]. Оцениваемый показатель представляет собой органолептическую характеристику, определяемую посредством обоняния летучих ароматических соединений, выделяемых комбикормом. Анализ запаха производился как непосредственно из общей массы образца, так и после его нагревания. С целью усиления интенсивности запаха чашка с комбикормом подвергалась прогреванию в течение пяти минут, после чего осуществлялась оценка анализируемого параметра посредством вдыхания выделяющихся паров;

– массовая доля влаги в гранулах устанавливалась согласно ГОСТ 13496.392 [145]. В ходе анализа данного параметра использовались следующие приспособления: эксикатор, сушильный шкаф, бюксы и весы. Высушенные в сушильном шкафу бюксы (рисунок 3.8, б) охлаждались при помощи эксикатора (рисунок 3.8, в) и затем взвешивались. Далее их заполняли тонким слоем гранул весом 5 г, и открытые бюксы высушивались при температурном режиме 130 °С на протяжении 40 мин. После этого они охлаждались во влагопоглотителе до комнатной температуры и их взвешивали.

Полученные экспериментальные данные использовали для определения массовой доли влаги ( $W$ ):

$$W = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1 - m}, \quad (3.2)$$

где  $m_1$  – масса бюксы с навеской до высушивания, г;  $m_2$  – масса бюксы с навеской после высушивания и охлаждения, г;  $m$  – масса пустой бюксы, г;

– степень крошимости гранул определялась методом, предусмотренным ГОСТ 28497-2014 [146]. Данный показатель оценивался с использованием лабораторной установки (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Установка для определения крошимости

Навеска гранул массой 500 г, предварительно очищенная от мелких частиц и пыли, размещалась в установке. После завершения обработки (10 мин), неповрежденные гранулы аккуратно извлекались и переносились в отдельную емкость для взвешивания. Эксперимент повторялся трижды для обеспечения достоверности результатов. Полученные значения затем использовались в формуле для расчета крошимости:

$$X = \frac{(M - M_1) \cdot 100}{M}, \quad (3.3)$$

где  $M$  – масса гранул до испытания, г;  $M_1$  – масса гранул после испытания, г.

После проведенных исследований определялись показатели качества технологической линии, технических средств и продукции.

Определение интегрального показателя эффективности осуществлялось следующим образом. В разработанную программу вносились показатели из технических паспортов исследуемых технических средств и результаты замеров реальных значений исследуемых показателей и рассчитывались теоретический и экспериментальный интегральный показатель. Оценка сходимости результатов теоретических и экспериментальных исследований проводилась методом планирования эксперимента и по функции F-тест.

### **3.4 Методика подбора комбикормового оборудования для конкретных хозяйств с применением программы**

На первом этапе проводилось детальное анкетирование хозяйств Нижегородской области, которое позволило выявить ключевые параметры, определяющие выбор комбикормового оборудования. Учтены не только текущие потребности, но и планы развития хозяйства на ближайшие несколько лет. Анкета включала 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 приобретению на территории РФ, вопросы оригинальности конструкций оборудования и финансовые возможности (приложение Г).

Второй этап – поиск продавцов комбикормового оборудования, отвечающего потребностям хозяйств. Данная задача потребовала не просто ознакомления с ассортиментом, представленным на рынке, а систематического и глубокого анализа предложений, сопоставления их с конкретными требованиями, сформулированными в опросных листах. Процесс поиска начинался с сегментации рынка продавцов комбикормового оборудования. Были выделены компании, специализирующиеся на различных типах оборудования: от небольших установок для фермерских хозяйств до крупных производственных линий для агрохолдингов. 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 (приложение Д). Оценена возможность адаптации оборудования к конкретным условиям хозяйства, а также наличие дополнительных опций, позволяющих оптимизировать производственный процесс. Окончательный выбор вариантов продавцов основывался на комплексном

анализе, учитывающем совокупность приоритетных показателей для каждого конкретного хозяйства.

Финальный этап – автоматизация процесса подбора комбикормового оборудования посредством разработанной программы, позволяющей значительно оптимизировать работу специалистов и повысить точность принимаемых решений. Программный продукт выступил в роли экспертной системы, аккумулирующей варианты по различным типам оборудования и их характеристикам. Проводилось сравнение отобранных вариантов приобретаемого оборудования по показателям энергетической эффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности, показателям качества и рыночной надежности. Рассчитывались комплексные показатели по методу расстановки приоритетов, ранговому методу, методу стандартизации, а также интегральный показатель эффективности подбора оборудования для каждого из сравниваемых вариантов технологических линий или технических средств. В итоге принималось решение о выборе оптимального варианта, учитывающего все приоритетные для руководства предприятия факторы.

### **3.5 Выводы по главе**

1. На основании алгоритма функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования создана программа для проведения сравнительной оценки аналогов в автоматическом режиме. 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 качественным, техническим, технологическим, энергетическим и экономическим показателям эффективности, которые учитывают важные для потребителя показатели, их значимость и взаимосвязь друг с другом. На основе данных показателей возможен

расчет комплексных показателей. Программа поддерживает три классических подхода при их расчете: метод расстановки приоритетов, ранжирование и стандартизацию. Кроме этого, включает расчет при помощи разработанного интегрального показателя эффективности.

2. В дополнение к программе разработаны три взаимодополняющие методики, формирующие целостный подход к процессу выбора и внедрения комбикормового оборудования. «Методика оценки работоспособности и верификации программы для подбора комбикормового оборудования», представляющая собой последовательность действий, направленных на проверку правильности функционирования программного продукта и подтверждение его пригодности для решения поставленных задач. «Методика определения интегрального показателя в лабораторных условиях», предназначенная для сравнения паспортных данных оборудования с фактическими характеристиками, измеренными в лабораторных условиях. Основной задачей является вычисление интегрального показателя эффективности, позволяющего оценить сходимость результатов экспериментальных и теоретических результатов по функции F-тест. «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.

## Глава 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 4.1 Результаты оценки работоспособности и верификации программы

Оценка работоспособности и верификации была выполнена в соответствии с основными этапами п. 3.2.

1. С целью проведения тестирования разработанная программа была передана для применения ООО «Графкорм». В результате получен положительный отклик: программа предоставляет возможность проводить параллельное сравнение различных вариантов оборудования по множеству значимых параметров. Использование данной программы обеспечивает ряд существенных преимуществ для бизнеса: профессиональный подбор оборудования позволяет предложить клиентам оптимальные решения, соответствующие их требованиям и бюджету; точные рекомендации способствуют увеличению числа успешных сделок благодаря четкому соответствию предложенных решений потребностям заказчика; автоматизация процесса подготовки коммерческих предложений сокращает временные затраты менеджеров на рутинные операции; использование программного продукта повышает доверие клиентов к квалификации персонала и надежности предлагаемого оборудования. Менеджеры компании активно применяют рекомендации программы в своей работе для подбора оптимального оборудования, учитывающего специфику потребностей каждого конкретного клиента, а также проводят анализ различных комплектов оборудования, выявляя наиболее выгодные варианты. Руководство ООО «Графкорм» дало положительное заключение о целесообразности внедрения разработанной программы (приложение Е).

Справка, подтверждающая рациональность использования программы с представленным набором расчетных показателей, также получена от руководства ООО «ННПП-2»: обосновывается достаточность предлагаемого перечня показателей для подбора комбикормового оборудования (приложение Ж). Опыт ООО «ННПП-2» подтверждает, что данное программное средство оказалось удобным, простым в использовании и эффективным инструментом, способствующим правильному выбору оборудования и повышению общей эффективности производства комбикормов.

Широкий диапазон параметров, представленный в программе, позволяет проводить детальный анализ оборудования на основе множества предлагаемых переменных, что подтверждено актом внедрения в ООО «Доза-Агро» (приложение З). Компания подтверждает, что использование расширенного набора показателей обеспечивает ответственный и профессиональный подход к процессу подбора, гарантируя достижение максимальных положительных эффектов от капиталовложений и улучшение общего результата хозяйственной деятельности. Программа используется при сравнительном анализе производственных линий ООО «Доза-Агро» и оборудования компаний-конкурентов с целью оптимального подбора решений для потенциальных заказчиков. Внедрение специализированной программы для подбора комбикормового оборудования представляется руководству высокоэффективным решением, направленным на укрепление рыночных позиций компании ООО «Доза-Агро», улучшение качества предоставляемых услуг и повышение доходов от реализации технологических линий и технических средств для приготовления комбикормов.

2. Для оценки работоспособности и верификации программы было разработано 6 тест-кейсов, предназначенных для проверки корректности выполнения программой различных условий и сценариев (приложение В). Каждый тест-кейс представлял собой определенный набор входных данных и ожиданий по поведению программы. В результате проведенных тест-кейсов были получены доказательства работоспособности программы (таблица 4.1) [131].

Таблица 4.1 – Результаты проверки работоспособности программы при помощи тест-кейсов [131]

№ и название тест-кейса 1	Описание 2	Результат 3
ТЕСТ-КЕЙС 1 «Корректность ввода данных комбикормового оборудования в зависимости от требований производства»	<p>1. Подобрать оборудование, соответствующее параметрам производственной задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- объем производства (т/ч)</li> <li>- требуемые функции (измельчение, смешивание, гранулирование и т. д.)</li> <li>- требуемые приоритеты оценки.</li> </ul> <p>2. Ввести параметры выбранного оборудования в программу.</p> <p>3. Проверить корректность ввода параметров оборудования на соответствие заданным параметрам.</p> <p>4. Проверить возможность выбора приоритетов критериев оценки оборудования в программу</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ввод исходных данных рассматриваемого типа оборудования соответствует заявленным требованиям (входные данные);</li> <li>– корректность ввода параметров оборудования на соответствие заданным параметрам подтверждена;</li> <li>– система позволяет выбирать заданные приоритеты критериев оценки оборудования в программу и задавать их значимость;</li> <li>– время отклика системы находится в пределах нормы (без задержек).</li> </ul> <p>Данный тест-кейс подтверждает работоспособность и корректность системы подбора комбикормового оборудования, обеспечивая правильное выполнение задания в рамках реальных производственных ситуаций</p>
ТЕСТ-КЕЙС 2 «Работа при малых и больших значениях количеств рассматриваемых линий и количестве знаков после запятой»	<p>Сценарий 1: с целью выявления возможных проблем с округлением чисел в программу были внесены данные по одной технологической линии. Количество знаков после запятой – 3 и 8 (8 – максимальное значение знаков после запятой, предусмотренное программой)</p> <p>Сценарий 2. Рассмотрен пример, когда в программу внесены данные по 5 технологическим линиям. Количество знаков после запятой – 8</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– программа корректно произвела ввод и расчет исходных данных для одной линии, учитывая указанную точность расчетов, как при трех, так и при восьми знаках после запятой;</li> <li>– расчет показателей эффективности выполнен корректно;</li> <li>– обращает внимание, что при большом количестве знаков после запятой программа выдает некоторые показатели в более точном формате (например, энергоемкость, приходящаяся на 1 час работы оборудования);</li> <li>– комплексные показатели рассчитаны, отчет выведен в наглядном формате. Исключение составил расчет комплексного показателя по методу стандартизации, так как вычисление по данному методу основано на сравнении значений минимум двух технологических линий: величина стандартного отклонения (s) будет равна нулю, что при дальнейшем вычислении показателя недопустимо</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>– программа корректно произвела ввод и расчет исходных данных для 5 линии, учитывая указанную точность расчетов;</li> <li>– расчет показателей эффективности и комплексных показателей выполнен корректно. Программа демонстрирует корректность расчетов основных показателей эффективности комбикормового оборудования и не проявляет признаков нестабильности даже при значительных нагрузках</li> </ul>

## Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
ТЕСТ-КЕЙС 3 «Работа с ошибочными значениями исходных данных»	Сценарий 1. Введены значения, выходящие за рамки допустимого диапазона, например, отрицательную производительность оборудования. Такая ситуация является физически бессмысленной и может привести к некорректному поведению программы или выдаче неверных результатов анализа	– при введении значения производительности 0 – система никак не реагирует, при отрицательном значении – автоматически убирает знак минус
	Сценарий 2. Пользователь попытается запустить расчёт или провести операцию в программе, не заполнив одно или несколько обязательных полей. Например, пользователь забывает указать значение необходимого параметра, такого как производительность оборудования	– при отсутствии значения параметра «производительность» программа выдает всплывающее сообщение: «Заполните поле!» и выделяет соответствующее поле другим цветом, чтобы визуально привлечь внимание пользователя к незаполненному полю. Форму нельзя отправить дальше, пока недостающие данные не будут введены
	Сценарий 3. Пользователь вводит данные в неправильном формате. Типичный случай – попытка вставить буквенный символ туда, где должен стоять цифровой показатель (например, производительность оборудования: «три тонны в час» (слова вместе с единицами измерения вместо чистого цифрового значения)).	– система проверяет введённую информацию и определяет несоответствие формата заданным требованиям. Предоставляется наглядное уведомление о неправильно введённых данных: появится сообщение «Заполните поле!». Реализация подобных механизмов значительно улучшает опыт взаимодействия пользователя с системой и предотвращает получение неверных или отсутствующих результатов расчёта
ТЕСТ-КЕЙС 4 «Подбор комбикормового оборудования по техническим и производственным параметрам (в соответствии с заданными приоритетами)»	<p>1. Ввод исходных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- задать целевой объем производства (т/час).</li> <li>- дополнительные параметры: желаемая энергоэффективность, степень автоматизации, габариты оборудования.</li> </ul> <p>2. Запуск процедуры подбора: инициировать поиск и фильтрацию оборудования согласно заданным параметрам.</p> <p>3. Проверка результата подбора:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- убедиться, что список оборудования включает модели, полностью подходящие под технологические требования.</li> <li>- проверить правильность выбора приоритетов оценочных критериев</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– программа рассчитала комплексные показатели по всем рассматриваемым линиям;</li> <li>– расчет по предлагаемым 4 методам произведен корректно.</li> </ul> <p>Программа правильно выбирает подходящее оборудование на основании установленных приоритетов и их значимости. Пользователю предоставляются удобные возможности для изменения критериев и повторения процесса выбора. Данный тест позволяет определить, насколько эффективно программа справляется с задачей выбора оптимального оборудования, учитывая разнообразные факторы и предпочтения заказчика</p>

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
	4. Анализ расчётов: проверить корректность расчетов комплексных показателей в соответствии с выбранными приоритетами. 5. Проверка отображения и отчетности: убедиться, что система выводит понятные результаты о рассчитанных показателях в соответствии с заданными приоритетами	
ТЕСТ-КЕЙС 5 «Анализ распределения классов»	Пользователь проводит анализ классов ishDataCalc, energoEffectCalc и resursEffectCalc	– переменные первого класса задают исходную базу данных для расчётов; – второй класс оценивает энергоэффективность, позволяя анализировать энергозатраты как в сумме, так и в расчёте на продукцию и персонал – третий класс фокусируется на ресурсоэффективности – времени использования, производительности на различные параметры и технологических коэффициентах. Такое распределение переменных способствует структурированному и всестороннему анализу производственных показателей с учётом энергоресурсов и технологий
ТЕСТ-КЕЙС 6 «Анализ распределения глобальных переменных»	Пользователь проводит анализ классов ECONOMEFFECTCALC, QUALITYCALC, KOMPLPOKAZCALC, RINNAD, METHODSFORDATAGRID	– каждый класс и набор переменных чётко разграничены по функционалу: экономические показатели, качество, комплексные расчёты, рыночный анализ и управление таблицами. Такое разделение облегчает структурированный расчёт, поддержку и развитие программного комплекса.

3. Оценка надежности программы методом статистического подхода. В ходе многократных прогонов программы с разными наборами данных программа проявляла стабильность и надежность, демонстрируя крайне низкий уровень ошибок и сбоев; показатели надежности, такие как вероятность отказа и среднее время наработки на отказ, оказались на высоком уровне, свидетельствующем о надежности программного обеспечения.

#### ХОД ОЦЕНКИ:

Шаг 1. Сбор данных. Была собрана статистика по работе программы за определенный промежуток времени (30 дней). Она включала в себя: количество запусков программы; время непрерывной работы; количество выявленных ошибок; продолжительность исправления каждой ошибки.

За время работы программы были зафиксированы следующие значения:

- общее количество запусков:  $N=100$ ;
- количество успешных запусков:  $S=98$ ;
- количество отказов (ошибок):  $F=2$ .

Шаг 2. Расчёт базовой статистики.

Частота отказов и коэффициент надёжности:

А. Частота отказов ( $FR$ ) – доля запусков, завершившихся ошибкой:

$$FR = \text{frac}(F; N) = \text{frac}(2; 100) = 0,02. \quad (4.1)$$

Б. Коэффициент надёжности ( $CR$ ) – доля успешных запусков:

$$CR = \text{frac}(S; N) = \text{frac}(98; 100) = 0,98. \quad (4.2)$$

Шаг 3. Вычисление среднего времени наработку на отказ (МТТФ). Общее время работы программы (ОВР) без учета остановок на устранение ошибок составило 10 часов. По известному значению количества отказов за это время рассчитали среднее время наработки на отказ:

$$\text{MTTF} = \text{frac}(\text{ОВР}; F) = \text{frac}(100; 2) = 5 \text{ ч.} \quad (4.3)$$

Шаг 4. Интенсивность отказов ( $\lambda$ ) – показатель, характеризующий частоту отказов в единицу времени. Рассчитывается как обратная величина МТТФ:

$$\lambda = \text{frac}(1; \text{MTTF}) = \text{frac}(1; 5) = 0,2 \text{ отказ/ч.} \quad (4.4)$$

Шаг 5. Подсчет средней продолжительности устранения ошибки. Суммарное время (СВУ), затраченное на исправление двух имеющихся ошибок, составило 2 мин (0,03 ч). Тогда средняя продолжительность устранения одной ошибки:

$$\text{MTR} = \text{frac}(\text{СВУ}; F) = \text{frac}(0,03; 2) = 0,015 \text{ ч.} \quad (4.5)$$

Шаг 6. Коэффициент готовности системы (КГ) – показатель, отражающий долю времени, в течение которого система доступна для использования. Он учитывает как время нормальной работы, так и время на восстановление после отказов.

$$\text{КГ} = \text{frac}(\text{MTTF}; (\text{MTTF} + \text{MTR})) = \text{frac}(5; (5 + 0,015)) \approx 0,997. \quad (4.6)$$

Интерпретация результата: КГ = 0,997 означает, что примерно 99,7 % времени программа работает стабильно и готова к выполнению задач.

Основываясь на статистике собранных данных, были определены следующие показатели [131]:

- частота отказов составляет 2 %;
- среднее время наработки на отказ – 5 ч;
- средняя продолжительность устранения ошибки – 0,015 часа;
- общая готовность системы достигает 99,7 %.

4. Результаты верификации. В период с марта по апрель 2025 г. в ГБОУ ВО НГИЭУ была проведена проверка работоспособности программы для оценки комбикормового оборудования в рамках учебной дисциплины «Технологии, техника и оборудование в животноводстве» (приложение И) [131]. Проверка программы осуществлялась студентами при выполнении задания по расчету показателей эффективности комбикормового оборудования и дальнейшем сравнении полученных результатов ручным способом, с использованием сертифицированной программы Microsoft Excel и с помощью разработанной специализированной программы. В качестве исходных данных при выполнении расчетов использована следующая информация: характеристики планируемых объемов производства; параметры оборудования (стоимость, производительность, размеры и т. д.) и параметры производственных площадей.

Независимое тестирование показало, что программа точно воспроизводит результаты, близкие к ручным расчетам, что подтверждает правильность алгоритмов и корректность исходных данных:

- степень сходимости результатов автоматического расчета (с использованием разработанной программы) и проверочного счета вручную составила 98,9 % [131]. Незначительное различие объясняется погрешностью округления при ручном расчете;

- результаты расчетов, выполненные с использованием специализированной программы, полностью совпадают с аналогичными показателями, полученными в среде Microsoft Excel, что подтверждает правильность реализованного алгоритма и достоверность представленных результатов [131].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что программа успешно прошла процедуру оценки работоспособности и верификации, подтвердив свою пригодность для практического использования в подборе комбикормового оборудования.

Результаты тестирования по разработанной методике свидетельствуют о высокой надежности и точности программного обеспечения, подтвердив ее способность корректно функционировать в широком диапазоне условий эксплуатации. Результаты статистического анализа дали основания утверждать, что программа обладает достаточной степенью надежности для практического применения в реальных условиях.

#### 4.2 Результаты оценки эффективности комбикормового оборудования в лабораторных условиях

В результате проведенных лабораторных исследований дробилки роторной ДКР-1,5Ф выявлено, что пропускная способность ( $Q$ ) при измельчении зерна на решете с отверстиями диаметром ( $d_0$ ) 3 мм составила 684 кг/ч, а при измельчении на решете с отверстиями диаметром 8 мм – 1201 кг/ч (рисунок 4.1).

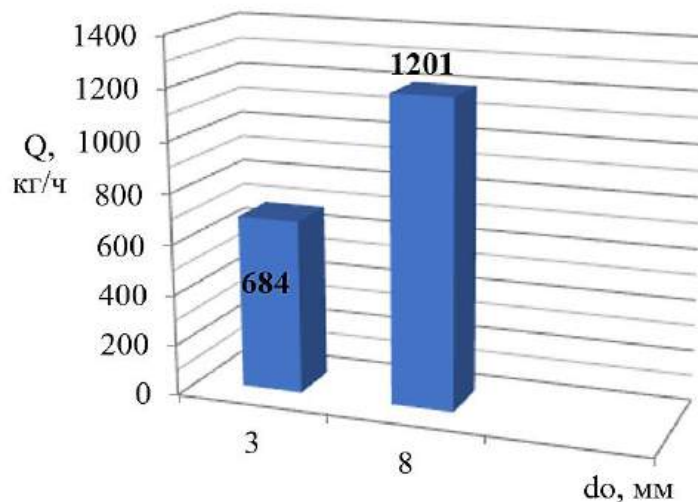


Рисунок 4.1 – Зависимость максимальной пропускной способности дробилки ДКР-1,5Ф от диаметра отверстий решета

С учетом максимальной пропускной способности дробилки получены следующие значения удельной потребляемой мощности электродвигателя ( $W_{уд}$ ): при  $d_{отв}=3$  мм – 16,1 кВт·ч/т, при  $d_{отв}=8$  мм – 9,2 кВт·ч/т (рисунок 4.2).

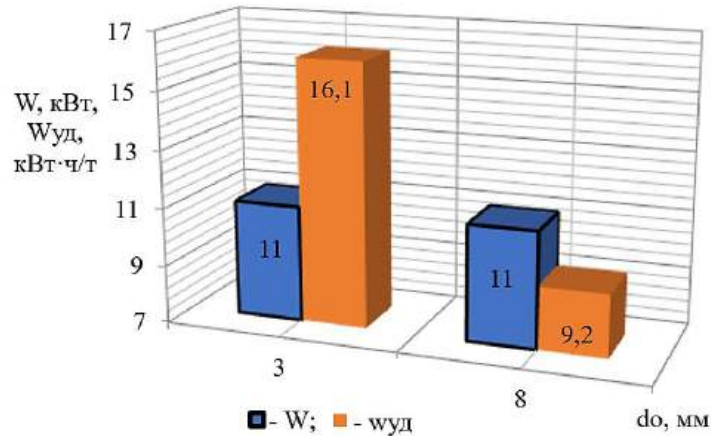


Рисунок 4.2 – Экспериментальные значения потребляемой мощности электродвигателя дробилки ДКР-1,5Ф и удельных энергозатрат при измельчении пшеницы

После отсева проб измельченной пшеницы построены дифференциальные помольные характеристики, отражающие качество готового продукта (рисунок 4.3).

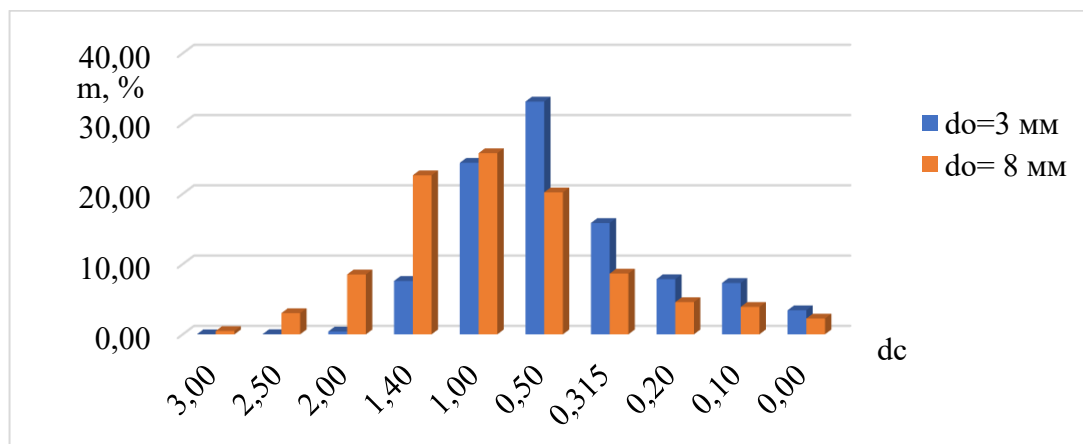


Рисунок 4.3– Дифференциальные помольные характеристики измельченного материала: m – остаток на лабораторных ситах, %; d<sub>c</sub> – диаметр отверстий лабораторных сит, мм

При измельчении пшеницы на дробилке ДКР-1,5Ф с решетом с отверстиями 3 мм получена дерть, которая соответствует следующим группам животных и птиц: цыплята в возрасте 1–4 дня; молодняк уток и гусей в возрасте 1–3 недель; молодняк

индеек в возрасте 1–8 недели; поросята в возрасте до 2 мес. и молодняк в возрасте 2–4 мес.; ремонтный молодняк поросят в возрасте 4–8 мес.; матки холостых и первых 2/3 супоростей; матки холостых и первых 1/3 супорости и подсосные; хряки-производители; свиньи на откорме; телята в возрасте до 4 мес.; молодняк КРС 6–18 мес.; дойные коровы, высокопродуктивные коровы, быки-производители и КРС на откорме; молодняк КРС 10–75 дней.

При измельчении пшеницы на дробилке ДКР-1,5Ф с решетом с отверстиями 8 мм получена дерть, которая соответствует следующим группам животных и птиц: молодняк уток и гусей в возрасте 1–3 недель; молодняк индеек в возрасте 1-8 недели; поросята в возрасте до 2 мес. и молодняк в возрасте 2–4 мес.; ремонтный молодняк поросят в возрасте 4–8 мес.; матки холостых и первых 2/3 супоростей; матки холостых и первых 1/3 супорости и подсосные; хряки-производители; свиньи на откорме.

Экспериментальные (фактические) значения показателей качества измельченного продукта находятся в рамках нормативных требований (таблица 4.2), следовательно, значение показателя качества технического средства  $k$ , рассчитанного по выражению 2.2, равно 1.

Таблица 4.2 – Фракционный состав измельченного зерна на дробилке ДКР-1,5Ф

Диаметр отверстий решета, мм	Количество целых зерен $m_{ц}$ , %		Остаток на сите 3 мм, $m_3$ , %		Остаток на сите 2 мм, $m_2$ , %		Средневзвешенный размер частиц, мм	
	теоретическое	экспериментальное	теоретическое	экспериментальное	теоретическое	экспериментальное	теоретическое	экспериментальное
3	< 0,3	0	0,41	0,00	9,79	0,43	1,1-1,8	0,78
8	< 0,3	0,18	18,36	0,44	15,69	11,53	1,1-1,8	1,19

В результате лабораторного исследования рабочего процесса смесителя шнекового ССК-2,3-Ф установлено, что при концентрации контрольного компонента 25 % (целое зерно ячменя) и времени смешивания 15 мин потребляемая мощность электродвигателя составила 1,63 кВт. При этом концентрация ключевого компонента в пробах варьировалась от 0,98 до 34,7 % (рисунок 4.4), среднеквадратическое отклонение составило 9,72 %, а коэффициент вариации 82,2 % (однородность смеси – 17,8 %).

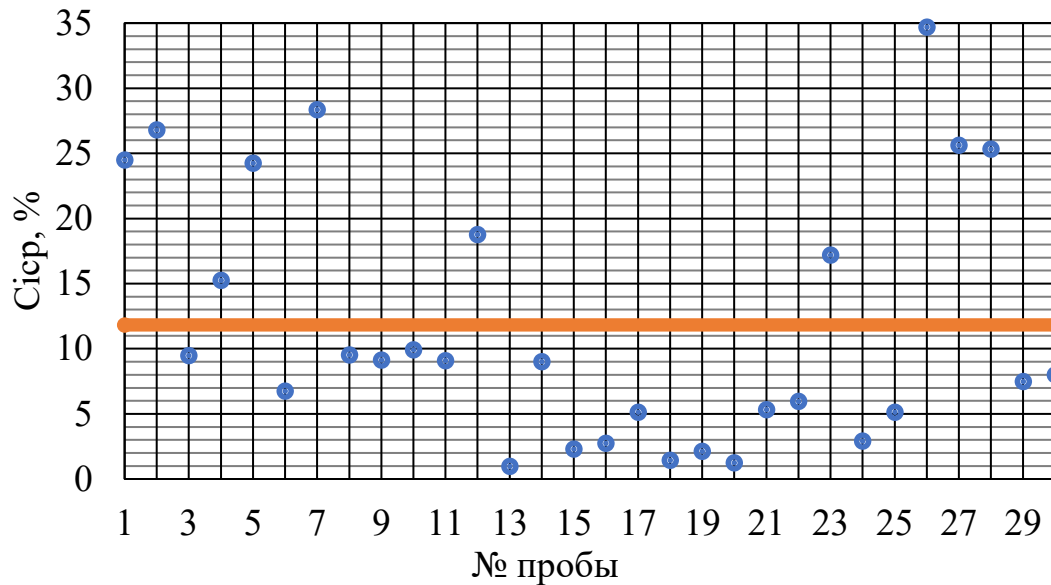


Рисунок 4.4 – Концентрация контрольного компонента в пробах комбикорма, полученного на смесителе ССК-2,3-Ф

В соответствии с Положением № 740 однородности смеси не должно быть ниже 80 % [69]. Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов устанавливают требования к степени однородности получаемых кормовых смесей: КРС и звери – не менее 80 %, свиньи – не менее 90 %, овцы – 75–80 %, птицы – 90 %, комбикорма собственного производства – 90–95 % [126]. Также данным документом регламентировано допустимое отклонение содержания минеральных добавок, которое не должно превышать значения 5 % [126; 147].

На основании полученных результатов можно сделать вывод о несоответствии однородности рассыпного комбикорма, полученного на смесителе ССК-2,3-Ф. Следовательно, значение коэффициента качества технического средства  $k$  в данном случае равно 0.

В результате испытаний пресс-гранулятора ДГ-0,9ВУ определена его максимальная производительность на матрице с диаметром отверстий 5 мм, которая составила 0,402 т/ч. При этом потребляемая мощность равна 10,5 кВт. Сравнение гранул по органолептическим и физическим показателям в соответствии с ГОСТ [142] подтвердило соответствие фактических показателей нормативным. Следовательно, коэффициент качества технического средства ДГ-0,9ВУ, рассчитанный по выражению 2.2 равен 1.

Таблица 4.3 – Сравнение нормативных и экспериментальных органолептических и физических показателей гранул

Наименование показателя	Характеристики и нормы по ГОСТ [142]	Фактические характеристики
Внешний вид	Гранулы цилиндрической формы с глянцевой или матовой поверхностью	Твердые частицы цилиндрической формы. Поверхность матовая, однородная
Цвет	Соответствует цвету рассыпного комбикорма, из которого готовят гранулы, или темнее	Соответствует цвету рассыпного комбикорма
Запах	Соответствующий набору доброкачественных компонентов исходного комбикорма, без затхлого, плесневелого и других посторонних запахов	Обладают приятным хлебным ароматом
Диаметр гранул, мм	5	4,9
Длина гранул, мм, не более	Два диаметра	9,8
Крошимость гранул для сельскохозяйственных животных, % не более	22	1,2
Проход через сито с отверстиями диаметром 2 мм, %, не более (для сельскохозяйственных животных)	10	0,9
Массовая доля влаги, %, не более	12 – 14,5	8,3

Значения теоретических и экспериментальных характеристик технических средств, входящих в линию ЛПКГ-0,9, представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Значения теоретических (паспортных) и фактических (экспериментальных) характеристик технических средств, входящих в линию ЛПКГ-0,9

Наименование технического средства	Производительность, т/ч		Потребляемая мощность, кВт		Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>		Соответствие готового продукта требованиям нормативных документов		Масса, кг	
	теоретическая	экспериментальная	теоретическая	экспериментальная	теоретическая	экспериментальная	По МИС	По ГОСТ	теоретическая	экспериментальная
Дробилка ДКР-1,5Ф: - диаметр отверстий решета 3 мм; - диаметр отверстий решета 8 мм	0,300-0,445 0,840-1,2	0,684 1,2	11	11	0,544	0,544	соответствует	+	250	250
Смеситель шнековый ССК-2,3-Ф	1,72	1,72	2,2	1,63	2,456	2,456	не соответствует	-	330	330
Пресс-гранулятор ДГ-0,9ВУ	0,45-0,65	0,402	15,55	10,5	0,853	0,853	нет данных	+	382	382
Итого по линии			28,75	23,13	3,853	3,853			962	962

По данным таблицы 4.4 наглядно видно, что при одинаковом значении потребляемой мощности 11 кВт характеристики дробилки по производительности соответствуют заявленным в паспорте как при использовании решета с диаметром отверстий 8 мм, так и с диаметром отверстий 3 мм. Качество дерти соответствует требованиям ГОСТ. Смеситель также успешно обеспечивает требуемый уровень производительности, соответствующий техническому паспорту, но при меньшем значении фактической потребляемой мощности на 25,9 % по сравнению с паспортным. Основной проблемой является низкая однородность смеси (всего 17,8 %), не удовлетворяющая требованиям нормативных документов. При исследованиях рабочих характеристик пресс-гранулятора выявлено небольшое снижение фактического выхода продукции относительно нижнего предела паспортных значений (0,402 т/ч против 0,45 т/ч), существенное сокращение потребляемой мощности на 32,5 % компенсирует этот недостаток и создает предпосылки для дальнейшего увеличения экономической выгоды, качество гранул соответствует требованиям ГОСТ.

Для оценки уровня соответствия достигнутых результатов заданным требованиям были рассчитаны значения теоретического и экспериментального показателей качества технологической линии (формула 2.3) и качества готовой продукции (формула 2.4) (рисунок 4.5).

Исходные данные							Оценка энергоэффективности		Оценка ресурсоэффективности		Оценка экономической эффективности		Оценка качества		Показатели качества техни	
Рассчитать																
№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Обозначение	Линия 1	Линия 2											
1	КОЭФФИЦИЕНТ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ	-	клин	0,333333	0,333333											
2	КОЭФФИЦИЕНТ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ	-	ккач. пр	0,333333	0,666667											
1	Количество технических средств в технологической линии	шт	N	3	3											
2	Коэффициент качества технического средства 1	-	k1	1	1											
3	Коэффициент качества технического средства 2	-	k2	0	0											
4	Коэффициент качества технического средства 3	-	k3	0	0,5											

Рисунок 4.5 – Значения показателей качества ЛПКГ-0,9 при экспериментальных значениях характеристик (Линия 2)

Теоретические и экспериментальные характеристики указывают на значение  $k_{\text{лин}} = 0,33$ , что свидетельствует о сравнительно низком уровне качества оборудования.

Значение экспериментального показателя качества готовой продукции  $k_{\text{кач.пр}} = 0,67$  говорит о том, что  $2/3$  оборудования, входящего в состав линии ЛПКГ-0,9, производят соответствующий нормативам корм. Отличие экспериментального от теоретического в 2 раза ( $k_{\text{кач.пр}} = 0,33$ ) связано с отсутствием данных по испытаниям гранулятора ДГ-0,9ВУ и смесителя ССК-2,3-Ф в базах данных МИС.

Оценку сходимости значений теоретического и экспериментального интегрального показателя осуществляли с помощью планирования эксперимента. Предварительный анализ полученных данных показал, что расхождения наблюдаются только в значениях коэффициента энергетических затрат, коэффициента технологичности и коэффициента использования оборудования (рисунок 4.6). С целью оценки сходимости теоретического и экспериментального интегрального показателя эффективности реализовали план Бокса-Бенкина для 3 факторов. В качестве факторов выбраны  $x_1$  – значимость коэффициента энергетических затрат,  $x_2$  – значимость коэффициента технологичности и коэффициента использования оборудования,  $x_3$  – значения коэффициента технологичности и коэффициента использования оборудования (таблица 4.5). Минимальное значение значимостей  $x_1$  и  $x_2$  принимаем равное 0, так как это поможет оценить влияние знаменателя либо числителя в отдельности, максимальное – 10. Влияние значений коэффициента технологичности и коэффициента использования оборудования оценивали путем их закодирования: 1 – соответствует выбору в программе коэффициента технологичности (кт), 2 – соответствует выбору в программе коэффициента использования оборудования (ки), 3 – с соответствует совместному выбору в программе кт и ки (кт+ки).

Таблица 4.5 – Факторы эксперимента при определении относительной ошибки

Наименование и обозначение факторов		Значимость знаменателя	Значимость числителя	Значения кт и ки
Нормированное обозначение факторов		$x_1$	$x_2$	$x_3$
Уровни варьирования факторов	-1	0	0	1 (кт)
	0	5	5	2(ки)
	+1	10	10	3(кт+ки)
Интервал варьирования факторов $\Delta x_i$		5	5	1

На основании данных таблицы 4.4 последовательно вводили в соответствующие поля разработанной программы теоретические и экспериментальные значения характеристик оборудования. Программа производила расчет показателей энергоэффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности и показателей качества. После чего, изменяя в соответствии с планом эксперимента значения приоритетов критериев оценки, произведен расчет интегрального показателя эффективности подбора оборудования при теоретических (Линия 1) и паспортных (Линия 2) значениях характеристик. Согласно комбинации факторов каждого опыта, во вкладке «Нормированные значения приоритетов критериев оценки» вводили значимость критерия и выбирали нужные критерии. Например, для опыта № 1 значимость числителя и знаменателя составила 5, а при расчете интегрального показателя выбирали строки «Коэффициент энергетических затрат» и «Коэффициент использования оборудования в сутки» (рисунок 4.6).

Показатели качества технологических линий и технических средств	Оценка рыночной надежности	Нормированные значения приоритетов критериев оценки		
Критерии оценки	Линия 1	Линия 2	Значимость	
Коэффициент энергетических затрат	1	0,984877	5	
Коэффициент компактности	0,039025	0,039025	0	
Коэффициент технологичности	2,666667	2,987562	5	
Коэффициент использования оборудования в сутки	0,092593	0,103648	5	
Коэффициент комплектации Од/Ц (по цене)	1	1	0	
Коэффициент комплектации Орф/Осум	1	1	0	
Коэффициент унификации	0	0	0	
Савт/Собц (по операциям)	0	0	0	
Тавт/Тсут (по времени)	0	0	0	
Коэффициент экономических затрат	1	1	0	

Рисунок 4.6 – Ввод значений факторов при реализации опыта № 1

После этого программа производила расчет значений интегрального показателя для Линии 1 и Линии 2 (рисунок 4.7).

Комплексные показатели оценки эффективности комбикормового оборудования		
Наименование показателя	Линия 1	Линия 2
Интегральный показатель эффективности подбора оборудования	3,286328	3,265313
Комплексный показатель по методу расстановки приоритетов	0,546296	0,504263
Показатель по ранговому методу	3	3
Показатель по методу стандартизации	2	1

Рисунок 4.7 – Расчет интегрального показателя при реализации опыта № 1

Итоговые результаты заносились в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Результаты эксперимента по определению относительной ошибки при реализации плана Бокса-Бенкина для 3 факторов

№ опыта	Факторы			Теоретические значения интегрального показателя $\varphi_p$	Фактические значения интегрального показателя $\varphi_s$
	$x_1$	$x_2$	$x_3$		
1	5	5	2(ки)	3,286	3,265
2	0	0	2(ки)	1	1
3	10	0	2(ки)	1	1,105
4	0	10	2(ки)	10,8	9,648
5	10	10	2(ки)	3,286	3,265
6	0	5	1(кт)	0,375	0,335
7	10	5	1(кт)	0,721	0,742
8	5	5	2(ки)	3,286	3,265
9	0	5	3(кт+ки)	28,8	28,824
10	10	5	3(кт+ки)	5,894	6,798
11	5	0	1(кт)	1	1,105
12	5	10	1(кт)	0,52	0,498
13	5	0	3(кт+ки)	1	1,105
14	5	10	3(кт+ки)	13,029	13,998
15	5	5	2(ки)	3,286	3,265
F-тест				0,9893	

По завершении внесения данных во все строки таблицы осуществлялась оценка согласованности полученных результатов посредством дисперсионного анализа Фишера (F-теста). Его значение составило 0,9893, что указывает на высокую степень близости между теоретическими и экспериментальными данными интегральных показателей. Рассчитанная величина приближается к единице, что ука-

зывает на низкую вероятность наличия существенных расхождений между дисперсиями сравниваемых выборок, что позволяет сделать вывод о хорошем совпадении теоретических и экспериментальных результатов исследования.

В результате проведенных лабораторных испытаний подтверждено, что разработанный интегральный показатель позволяет эффективно оценивать работу различных типов комбикормовых установок. Таким образом, предлагаемая методика оценки эффективности комбикормового оборудования легко адаптируется к различным видам технологического оборудования и применима как на этапе подбора оборудования, так и в процессе его эксплуатации. Показатель может применяться не только на этапе проектирования и выбора оборудования, но и в дальнейшем для мониторинга состояния эксплуатируемого оборудования.

### **4.3 Результаты подбора комбикормового оборудования для хозяйств Нижегородской области**

На основании результатов анкетирования нижегородских аграриев проведена оценка представленного на рынке комбикормового оборудования по методике, приведенной в 3 главе.

*Результаты подбора оборудования для ООО Племенной завод «Большемурашкинский» (МО Большемурашкинский, Нижегородская область).* Деятельность предприятия ориентирована на разведение крупного рогатого скота и направлена на улучшение их репродуктивных качеств и увеличение продуктивности. ООО ПЗ «Большемурашкинский» имеет в своей собственности комбикормовый цех, который занимается производством комбикормов для животноводства. Поголовье КРС составляет 2100 голов.

Учитывая ряд факторов, таких как технический прогресс и износ оборудования либо его отдельных частей, на предприятии встает вопрос о частичной или полной замене машин и механизмов для производства комбикормов. Для решения данного вопроса руководство проводит исследования рынка по выявлению технологий и моделей, подходящих для комбикормового производства завода. Данный мониторинг проводят с учетом оценки затрат на новое оборудование, возможные источники финансирования (государственные программы, кредиты, инвестиции), обучение персонала для обеспечения правильной установки нового оборудования и его эксплуатации.

Согласно данным опросного листа, приоритетными критериями при подборе комбикормового оборудования руководство завода считает: производительность, энергозатраты, компактность расположения, экономическую составляющую, а также доступность оборудования и его комплектующих к приобретению на территории РФ [приложение К]. Анализ оборудования, доступного на российском рынке, был проведен с учетом данных показателей и по следующим требованиям: необходимые ежедневные объемы производства комбикорма – 8,2 т; вид комбикорма – рассыпной; при подключении оборудования по потребляемой мощности – 20 кВт.

Изучив предложения различных производителей и поставщиков, их репутацию и отзывы, были запрошены каталоги и техническая документация на комбикормовое оборудование, а также информация о гарантиях, условиях поставки и сервисном обслуживании [приложение Д]. При проведении сравнения различных моделей и их технических параметров особое внимание уделено приоритетным критериям, обозначенным руководством завода (производительность, энергозатраты, стоимость и наличие оборудования и его комплектующих). Обращено внимание на возможность масштабирования и модульности комбикормовой линии. С целью экономии затрат на доставку оборудования были рассмотрены фирмы, расположенные в Нижегородской области либо недалеко за ее пределами и предлагающие комбикормовое оборудование с суммарной максимальной мощностью до 20 кВт и максимальной производительностью (таблица 4.7) [148].

Таблица 4.7 – Варианты комбикормовых линий, которые предлагает рынок и удовлетворяющие условиям в ООО ПЗ «Большемурашкинский»

№ п/п	Показатель	Линия КПК-1 (Доза-Агро)	Комплекс по приготовлению рассыпного КК РК-1 (НМК-Агро)	Комбикормовый мини-Завод ПРОК – 1,5 т/ч (Агропоставка)	Мини-комбикормовый завод АТМ-1,5 (АТМ)	Комбикормовый мини-завод ПРОК-1,3 (Агропост50)
		Линия 1	Линия 2	Линия 3	Линия 4	Линия 5
1	Масса оборудования в линии, т	0,57	0,56	0,704	0,55	0,527
2	Пропускная способность линии (производительность паспортная), т/ч	1	0,9	1,5	1,5	1,3
3	Суммарная мощность оборудования, входящего в линию, кВт	13,45	13,67	17,57	18	13,2
4	Габаритные размеры линии, м:					
	длина	3,415	3,15	2,7	1,5	2,4
	ширина	2,135	4,4	2,6	1,5	1,7
	высота	3,85	4,1	3,95	4,4	2,6
5	Площадь, занимаемая линией, м <sup>2</sup>	7,29103	13,86	7,02	2,25	4,08
6	Объем, занимаемый линией, м <sup>3</sup>	28,0704	56,826	27,729	9,9	10,608
7	Цена линии, руб.	575000	448000	368977	385000	280770
8	Стоимость доставки, руб.	36990	53630	143940	55368	62081
9	Стоимость монтажа, руб.	287500	224000	184488,5	192500	140385
10	Процентная составляющая монтажа, доли	50	50	50	50	50
11	Суточный объем работ, т/день	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
12	Гарантийный период, ч	8760	8760	8760	8760	8760
	Гарантийный период, т	71832	71832	71832	71832	71832
13	Заработная плата обслуживающего персонала, руб.	35000	35000	35000	35000	35000
14	Обслуживающий персонал, чел.	1	1	1	1	1
15	Цена оборудования, приобретаемого в РФ, руб.	575000	448000	368977	385000	280770
16	Пропускная способность 1 машины в линии, т/ч	1,5	1,5	1,7	1,8	1,3
17	Пропускная способность n-й машины в линии, т/ч	3,44	3	4,8	2	1
18	Количество запатентованного оборудования в линии, шт.	0	0	0	0	0
19	Общее количество оборудования в линии, шт.	4	4	3	3	3
20	Количество оборудования в линии, приобретаемое в РФ, шт.	4	4	3	3	3
21	Количество автоматизированных операций линии, шт.	0	0	0	0	0
22	Общее количество операций линии, шт.	5	4	4	4	4
23	Суточное время, затраченное на автоматическое управление, ч	0	0	0	0	0
24	Суточное время работы оборудования, ч	8,2	9,1	5,5	5,5	6,3
<b>Показатели, характеризующие производственные площади</b>						
25	Размеры производственных площадей, м:					
	длина	10	10	10	10	10
	ширина	30	30	30	30	30
	высота	6	6	6	6	6

Продолжение таблицы 4.7

26	Площадь производственного помещения, м <sup>2</sup>	300	300	300	300	300
27	Объем производственного помещения, м <sup>3</sup>	1800	1800	1800	1800	1800
28	Тариф на электроэнергию, руб/кВт*ч	10,52	10,52	10,52	10,52	10,52
29	Тариф на отопление, руб/Гкал	1371	1371	1371	1371	1371
30	Объем потребляемой тепловой энергии (средний по России), Гкал/м <sup>2</sup>	0,9342	0,9342	0,9342	0,9342	0,9342
31	Отопительный период, ч	0	0	0	0	0

С учетом суточной потребности в комбикормах в ООО (8,2 т/сут), например, при использовании Линии 3 и Линии 4, которые имеют производительность 1,5 т/ч, время работы оборудования в день составит 5,5 ч, тогда как при использовании Линии 2 (производительностью 0,9 т/ч) – время увеличивается до 9,1 ч. Хотя данный критерий подбора оборудования не в приоритете у рассматриваемой организации, но чем большее время работы оборудования, тем большие трудозатраты требуются.

Далее выбранные варианты оборудования были проанализированы в программе. Исходя из введенных данных (данные таблицы 4.7), программа выдала результаты по различным показателям:

### 1. Оценка энергоэффективности (рисунок 4.8) [148].



Рисунок 4.8 – Оценка энергоэффективности линий для ООО ПЗ «Большемурашкинский»

Рассчитав коэффициент энергетических затрат и уровень интенсификации, проведен анализ энергопотребления для повышения энергоэффективности оборудования. Максимальное значение уровня интенсификации, а следовательно, увеличение объема производства и улучшение производственных показателей при снижении энергозатрат на ООО будет наблюдаться при использовании Линии 5.

## 2. Оценка ресурсоэффективности (рисунок 4.9) [148].

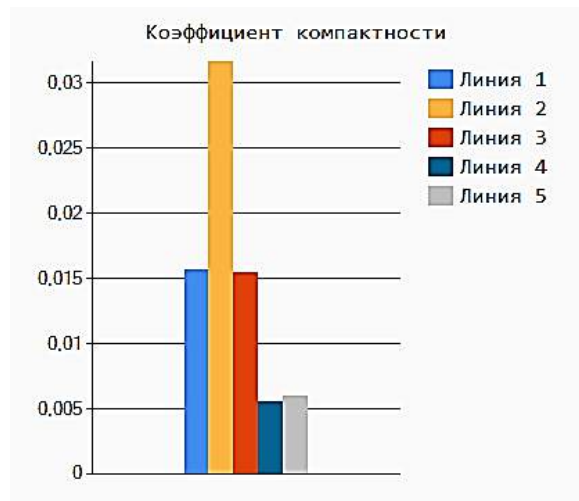


Рисунок 4.9 – Оценка компактности расположения линий в производственном помещении ООО ПЗ «Большемурашкинский»

Компактность оборудования при его расположении в производственном помещении является одним из приоритетных критериев при подборе комбикормового оборудования в ООО ПЗ «Большемурашкинский». Наиболее эффективно будет использоваться пространство при минимальном значении коэффициента компактности. Данное значение показателя минимально для Линии 4, который будет занимать минимум объема производственного помещения, тогда как, например, объем, занимаемый Линией 2, будет максимальным из рассматриваемых. Можно также отметить, что Линия 5 по данному показателю находится на 2 месте и лишь незначительно уступает Линии 4. Кроме вышесказанного, габариты машин и их масса играют значительную роль при расчете стоимости их доставки.

Производительность рассматриваемого оборудования варьируется в пределах от 0,9 до 1,5 т/ч. Анализируя параметры, полученные в программе (рисунок 4.10),

с учетом коэффициента технологичности, в приоритете к приобретению будет стоять Линия 4, имеющая значение данного коэффициента, близкое к 1. Расчетные значения, полученные для остальных рассматриваемых линий, по нашему мнению, говорят об отрицательном факте работы комбикормовой линии, поэтому для них с целью повышения производительности необходима правильная организация работы и эффективное планирование.

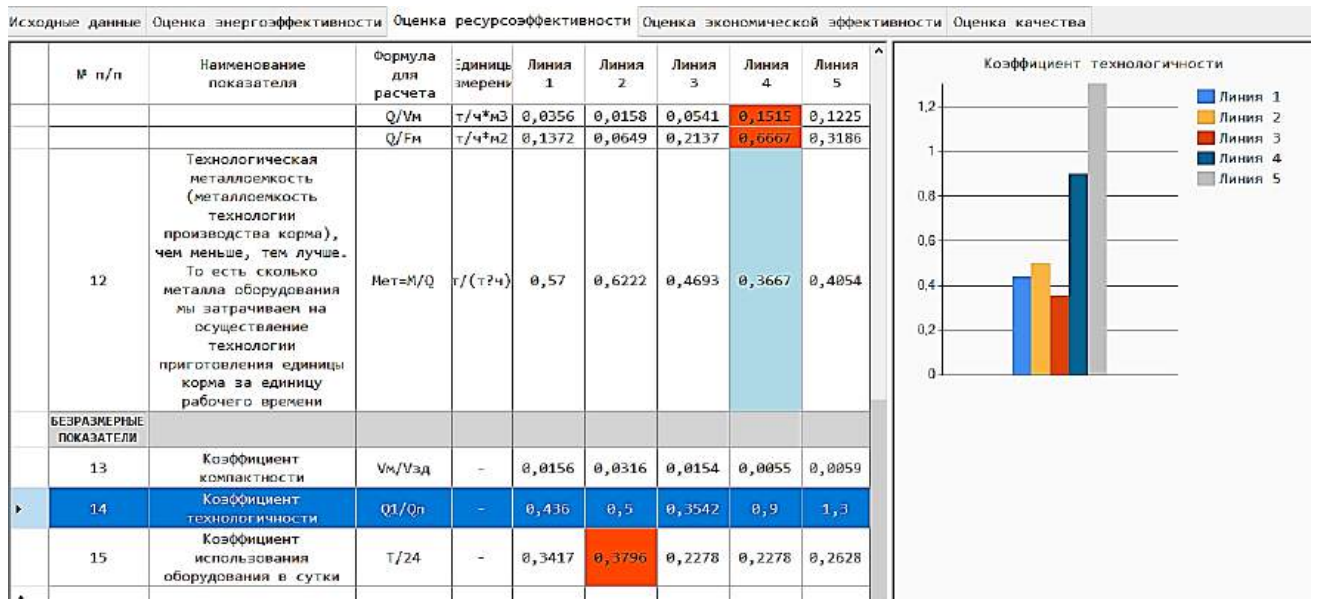


Рисунок 4.10 – Оценка производительности линий для ООО ПЗ «Большемурашкинский»

3. Оценка экономической эффективности. С точки зрения денежных затрат наиболее выгодным к приобретению является оборудование Линии 5. Даже несмотря на территориальную отдаленность продавца от ООО ПЗ «Большемурашкинский», капиталовложения в Линию 5 будут почти в 2 раза меньше, чем, например, у Линии 1, офис которой располагается на территории Нижегородской области. При этом такой немаловажный показатель, как пропускная способность, у Линии 5 также будет выигрывать по сравнению с Линией 1, а суммарная мощность оборудования, входящего в линию, даже немного ниже (рисунок 4.11) [148].

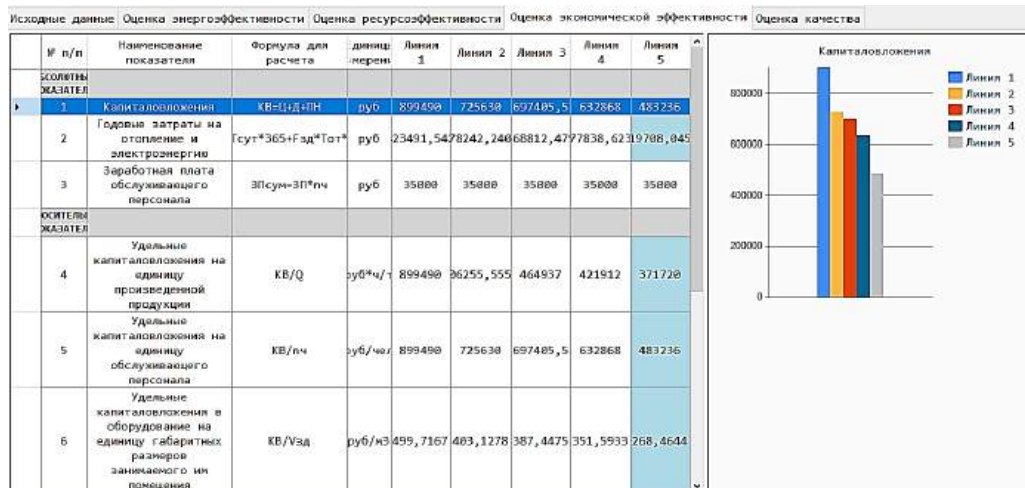


Рисунок 4.11 – Оценка экономической эффективности комбикормовых линий для ООО ПЗ «Большемурашкинский»

Далее линии оценивались по комплексным показателям с учетом значимости коэффициентов в соответствии с рисунком 4.12 [148].

Нормированные значения приоритетов критериев оценки	Матрица значимости для оценки значимости критериев					Ранговый подход	Метод стандартизации
Критерии оценки	Линия 1	Линия 2	Линия 3	Линия 4	Линия 5	Значимость	
Коэффициент энергетических затрат	1	1,1284	0,8684	0,8886	0,7557	9	
Коэффициент компактности	0,0156	0,0316	0,0154	0,0055	0,0059	9	
Коэффициент технологичности	0,436	0,5	0,3542	0,9	1,3	18	
Коэффициент использования оборудования в сутки	0,3417	0,3796	0,2278	0,2278	0,2628	1	
Коэффициент комплектации ОД/Ц (по цене)	1	1	1	1	1	1	
Коэффициент комплектации ОФ/Осух	1	1	1	1	1	1	
Коэффициент унификации	0	0	0	0	0	1	
Савт/Собд (по операциям)	0	0	0	0	0	1	
Тавт/Тсут (по времени)	0	0	0	0	0	1	
Коэффициент экономических затрат	1	0,8067	0,7753	0,7036	0,5372	18	

Рисунок 4.12 – Значения приоритетов коэффициентов оценки для ООО ПЗ «Большемурашкинский»

Получили значения комплексных показателей эффективности подбора комбикормового оборудования с учетом выбранной значимости различными доступными методами (рисунок 4.13) [148]:

- ранговый метод, по результатам которого наиболее выгодным к приобретению является оборудование Линия 5;
- метод стандартизации, по результатам которого также наиболее выгодной по совокупности оцениваемых критериев к приобретению является Линия 5;
- метод расстановки приоритетов, выделяющий к приобретению Линию 2.

Метод стандартизации	Комплексные показатели					
Комплексные показатели оценки эффективности комбикормового оборудования						
Наименование показателя	Линия 1	Линия 2	Линия 3	Линия 4	Линия 5	
Интегральный показатель эффективности подбора оборудования	0,178893	0,198295	0,17888	0,163255	0,203408	
Комплексный показатель по методу расстановки приоритетов	0,729164	0,748579	0,601913	0,723212	0,732617	
Показатель по ранговому методу	2,5	4	2,5	5	1	
Показатель по методу стандартизации	4	5	3	2	1	

Рисунок 4.13 – Результаты оценки комбикормовых линий для ООО ПЗ «Большемурашкинский» по комплексным показателям

В существующих методах оценки эффективности подбора комбикормового оборудования был выявлен существенный недостаток: неполное отражение значимости отдельных коэффициентов и их взаимосвязи. Поэтому предлагаем использовать интегральный показатель эффективности, учитывающий данные параметры. В рамках интегрального показателя включены параметры, находящиеся в приоритете руководства ООО ПЗ «Большемурашкинский» при подборе оборудования: паспортная производительность, энергопотребление, экономические затраты, компактность. Каждый из этих параметров взвешен с учетом его значимости для данного предприятия, в результате чего по данному показателю наиболее выгодным к приобретению видится оборудование, входящее в Линию 5 (значение интегрального показателя максимальное из рассматриваемых и равно 0,203). Следует обратить внимание, что к такому же результату пришли после расчетов по ранговому методу и методу стандартизации.

*Результаты подбора оборудования для ООО СПК «Ждановский» (МО Кстовский, Нижегородская область).* Результаты подбора комбикормового оборудования для данного предприятия аналогичны результатам подбора оборудования для ООО ПЗ «Большемурашкинский», описанному выше, так как хозяйства имеют схожие потребности в комбикормах и преследуют идентичные цели: ключевым фактором является сокращение экономических и энергетических затрат [приложение К]. Следовательно, для ООО СПК «Ждановский» также можно рекомендовать приобретение комбикормового мини-завода ПРОК-1,3 (Линия 5) [148].

*Результаты подбора оборудования для ООО «КМ АГРО» (МО Княгининский, Нижегородская область).* Предприятие поставило одной из своих первостепенных задач на ближайшую перспективу модернизацию существующего цеха по производству комбикормов. Определяющими аспектами данного мероприятия являются следующие:

– текущее оборудование морально и физически устарело, как следствие, его замена на современное позволит повысить эффективность производства, улучшить качество комбикорма и снизить затраты на обслуживание;

– новый цех будет спроектирован с учетом увеличения объемов производства, что позволит удовлетворить растущий спрос на комбикорм и улучшить финансовые показатели предприятия;

– современные технологии и автоматизация процессов помогут сократить время производства, повысить точность дозировки ингредиентов и снизить количество отходов;

– модернизированный цех обеспечит более высокое качество комбикорма за счет использования современных технологий и контроля качества на всех этапах производства;

– энергоэффективные технологии и совершенствование производственных процессов помогут снизить затраты на производство, что сделает бизнес более конкурентоспособным;

– улучшение условий труда: необходимо предусмотреть более комфортные условия для работников, что повысит их производительность и снизит текучесть кадров.

Поголовье в ООО «КМ АГРО», для которого производится комбикорм, составляет 2352 головы КРС. Приоритетными критериями при подборе комбикормового оборудования руководство предприятия считает: производительность, экономические затраты и доступность оборудования и его комплектующих к приобретению на территории РФ (приложение К). Анализ оборудования, доступного на российском рынке, был проведен с учетом данных показателей и по следующим требованиям: необходимые ежедневные объемы производства комбикорма – 11 тонн; вид комбикорма – рассыпной.

В отличие от ООО ПЗ «Большемурашкинский», данное предприятие не имеет ограничений при подключении оборудования по потребляемой мощности. Но мощные машины часто требуют более сложные системы управления, что может привести к увеличению затрат на автоматизацию. Для ООО «КМ АГРО» степень автоматизации процесса производства комбикормов непринципиальный критерий выбора. Руководство поставило высшим приоритетом показатель степени экономии денежных средств предприятия, поэтому подбор вариантов был основан на выборе оборудования с высокой степенью энергоэффективности, которая поможет снизить затраты на электроэнергию и улучшить общую экономику производства.

Проведен анализ рынка. Учитывались не только заявленные технические характеристики, но и реальные отзывы пользователей, информация из независимых источников, форумов и специализированных изданий. В ходе анализа особое внимание обращено на различия в применяемых технологических решениях. Например, важным аспектом для предприятия является точность дозирования компонентов. В итоге после всестороннего анализа было отобрано 5 моделей комбикормовых линий, наиболее полно соответствующих заданным критериям (таблица 4.8). Основные параметры, которые были учтены:

- производительность. Все линии имеют производительность от 3 до 5 т/ч, что существенно влияет на длительность рабочего времени. Важно учитывать, что увеличенное время работы оборудования прямо влияет на трудозатраты. Чем дольше будет работать линия, тем больше рабочих часов потребуется для ее обслуживания. Это может быть критичным фактором для организации;

- доступность оборудования. Все выбранные линии соответствуют критерию доступности комплектующих на территории РФ, что позволяет избежать дополнительных задержек и расходов на импорт;

- энергоэффективность. Выбор линии с более низкой потребляемой мощностью, с целью сокращения расходов, приведет к снижению энергозатрат в процессе работы;

Таблица 4.8 – Варианты комбикормовых линий для ООО «КМ АГРО»

№ п/п	Показатель	Линия КПК-5 (Доза-Агро)	ПРОК-5 т/ч (Агропоставка)	Агро-кормресурс (АКР)	РК-5 (НМК-Агро)	АК-4 (Агрогрант)
		Линия 1	Линия 2	Линия 3	Линия 4	Линия 5
1	Масса оборудования в линии, т	1,565	1,573	1,8	1,656	1,47
2	Пропускная способность линии (производительность паспортная), т/ч	5	5	3	5	3
3	Суммарная мощность оборудования, входящего в линию, кВт	71,74	48,74	38,27	51,7	42,12
4	Габаритные размеры линии, м:					
	длина	3,38	3,31	3,16	4,85	2,7
	ширина	4	3,79	2,7	6,05	1,6
	высота	4,25	4,4	3,96	4,35	3,55
5	Площадь, занимаемая линией, м <sup>2</sup>	13,52	12,54	8,532	29,34	4,32
6	Объем, занимаемый линией, м <sup>3</sup>	57,46	55,20	33,78	127,64	15,34
7	Цена линии, руб.	1518000	753877	905000	1110000	2293380
8	Стоимость доставки, руб.	56742	45863	45863	56252	130392
9	Стоимость монтажа, руб.	759000	376938,5	452500	555000	1146690
10	Процентная составляющая монтажа, доли	50	50	50	50	50
11	Суточный объем работ, т/день	11	11	11	11	11
12	Гарантийный период, ч	8760	8760	8760	8760	8760
	Гарантийный период, т	96360	96360	96360	96360	96360
13	Заработная плата обслуживающего персонала, руб.	40000	40000	40000	40000	40000
14	Обслуживающий персонал, чел.	1	1	1	1	1
15	Цена оборудования, приобретаемого в РФ, руб.	1518000	753877	905000	1110000	2293380
16	Пропускная способность 1 машины в линии, т/ч	4,1	5	3,3	5	3,5
17	Пропускная способность n-й машины в линии, т/ч	7,92	7,7	3,96	5	10
18	Количество запатентованного оборудования в линии, шт.	0	0	0	0	0
19	Общее количество оборудования в линии, шт.	5	4	5	7	4
20	Количество оборудования в линии, приобретаемое в РФ, шт.	5	4	5	7	4
21	Количество автоматизированных операций линии, шт.	0	0	0	0	0
22	Общее количество операций линии, шт.	5	5	5	5	5
23	Суточное время, затраченное на автоматическое управление, ч	0	0	0	0	0
24	Суточное время работы оборудования, ч	2,2	2,2	3,67	2,2	3,67
<b>Показатели, характеризующие производственные площади</b>						
25	Размеры производственных площадей, м:					
	длина	50,7	50,7	50,7	50,7	50,7
	ширина	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5
	высота	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
26	Площадь производственного помещения, м <sup>2</sup>	1039,35	1039,35	1039,35	1039,35	1039,35
27	Объем производственного помещения, м <sup>3</sup>	5508,555	5508,555	5508,555	5508,555	5508,555
28	Тариф на электроэнергию, руб/кВт*ч	10,83	10,83	10,83	10,83	10,83
29	Тариф на отопление, руб/Гкал	1371	1371	1371	1371	1371
30	Объем потребляемой тепловой энергии (средний по России), Гкал/м <sup>2</sup>	0,9342	0,9342	0,9342	0,9342	0,9342
31	Отопительный период, ч	0	0	0	0	0

– обсуждение альтернатив. Руководству можно рассмотреть следующий вариант: если производительность одной линии недостаточна для достижения целевых показателей, стоит рассмотреть возможность использования нескольких линий параллельно или более мощных моделей, несмотря на возможные трудозатраты;

– анализ данных. Проведен анализ выбранных вариантов оборудования в разработанной программе с целью получения более точных значений оценочных показателей ресурсоэффективности, энергоэффективности, экономической эффективности, качества, а также определения наиболее оптимального варианта при помощи вычисления интегрального показателя эффективности подбора комбикормового оборудования.

По показателям энергоэффективности, в частности по минимуму совокупных затрат на электроэнергию и, соответственно, минимуму экономических затрат, из рассматриваемых линий к приобретению можно рекомендовать Линию 3. Данная линия будет в приоритете также по показателю потребления электроэнергии на производство одной тонны комбикорма (рисунок 4.14).

Рассматривая анализ показателей ресурсоэффективности, при значениях паспортного значения пропускной способности линий от 3 до 5 т/ч, и принимая в особое внимание значение коэффициента технологичности – приоритет к приобретению можно отдать Линии 3 ввиду оптимального его значения из всех сравниваемых вариантов.

По итогам оценки экономической эффективности сравниваемых линий (рисунок 4.15) с учетом того, что данный критерий является определяющим для ООО «КМ АГРО», минимальные капиталовложения также будут при выборе комбикормового оборудования у фирмы Агрокормресурс – Линия 3.

Далее произвели расчет интегральных показателей эффективности для сравниваемых линий (рисунок 4.16). Оптимальным вариантом для предприятия ООО «КМ АГРО» представляется оборудование Линии 3, предлагаемое поставщиком «Агрокормресурс». Такой выбор обоснован тем, что марка оборудования, ото-

бранная согласно установленным приоритетным критериям, соответствует максимальному значению интегрального показателя (для Линии 3 его значение составляет 1,667).

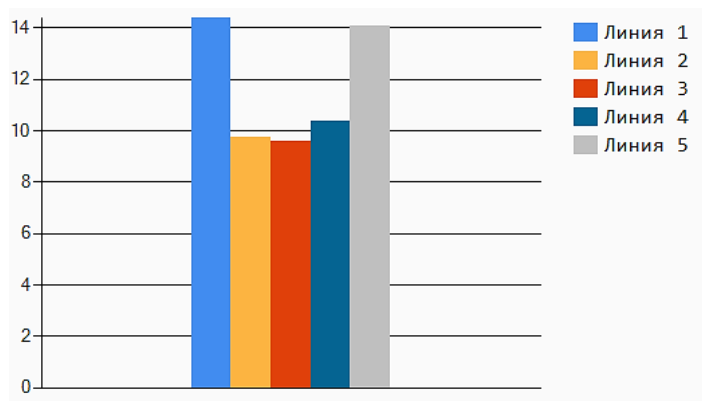


Рисунок 4.14 – Удельный расход электроэнергии на единицу произведенной продукции для ООО «КМ АГРО», кВт/т

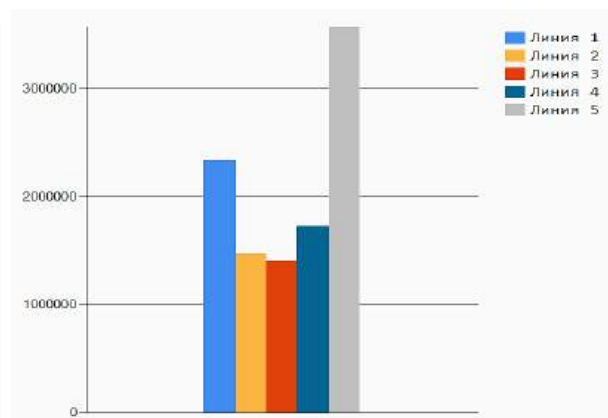


Рисунок 4.15 – Капиталовложения в рассматриваемые варианты линии для ООО «КМ АГРО», руб

Комплексные показатели						
Комплексные показатели оценки эффективности комбикормового оборудования						
Наименование показателя	Линия 1	Линия 2	Линия 3	Линия 4	Линия 5	
Интегральный показатель эффективности подбора оборудования	1	1,529776	1,667086	1,363222	0,779874	
Комплексный показатель по методу расстановки приоритетов	1	0,747809	0,708917	0,806943	1,237984	
Показатель по ранговому методу	4,5	2	1	3	4,5	
Показатель по методу стандартизации	3	3	3	3	3	

Рисунок 4.16 – Значения комплексных показателей для ООО «КМ АГРО»

*Результаты подбора оборудования для ООО «Шатовка» (г.о. Арзамас, Нижегородская область).* Оценка потребности хозяйства в комбикормовом оборудовании была проведена по нескольким ключевым аспектам:

а) анализ производственных нужд: количество скота – 2000 голов КРС; потребности в корме – 10 т/сут; вид комбикормов – рассыпной;

б) типы оборудования: используемые виды оборудования – дозатор, измельчитель, смеситель; оценка вопроса целесообразности приобретения готового оборудования либо возможности модернизации существующего – по мере выхода из строя;

в) экономические аспекты: стоимость оборудования – показатель, находящийся у руководства хозяйства в приоритете при подборе оборудования;

г) потенциал роста: учет планов по расширению поголовья и увеличению объемов производства и прогнозирование того, как это повлияет на потребность в комбикормовом оборудовании в будущем.

На момент оценки оборудование установлено в арочном складе 66x18x9, м. Занимает около 20 % этого помещения. Остальное место – для хранения компонентов.

Опираясь на данные опросного листа [приложение К], произведен подбор оборудования (таблица 4.9) [148].

Таблица 4.9 – Варианты комбикормовых линий, удовлетворяющие условиям в ООО «Шатовка»

№ п/п	Показатель	Линия 1 (КПК-5)	Линия 2 (КПК-1)	Линия 3 (АТМ-1,7)	Линия 4 (АТМ-5)	Линия 5 (РК-5)	Линия 6 (РК-1)
1	Масса оборудования в линии, т	1,565	0,57	1,05	1,5	1,656	0,56
2	Пропускная способность линии (производительность паспортная), т/ч	5	1	1,7	5	5	0,9
3	Суммарная мощность оборудования, входящего в линию, кВт	71,74	13,45	21,87	48	51,7	13,67
4	длина, м	3,38	3,415	4	1,5	4,85	3,15
	ширина, м	4	2,135	3	1,5	6,05	4,4
	высота, м	4,25	3,85	4,4	4,45	4,35	4,1
5	Площадь, занимаемая линией, м <sup>2</sup>	13,52	7,29	12,00	2,25	29,34	13,86
6	Объем, занимаемый линией, м <sup>3</sup>	57,46	28,07	52,80	10,01	127,64	56,83
7	Цена линии, руб.	1518000	575000	443000	810000	1110000	448000
8	Стоимость доставки, руб.	242997	98413	265289	66049	490117	186031
9	Стоимость монтажа, руб.	759000	287500	221500	405000	555000	224000
10	Процентная составляющая монтажа, доли	50	50	50	50	50	50
11	Суточный объем работ, т/день	10	10	10	10	10	10
12	Гарантийный период, ч	8760	8760	8760	8760	8760	8760
	Гарантийный период, т	87600	87600	87600	87600	87600	87600
13	Заработная плата обслуживающего персонала, руб.	50000	50000	50000	50000	50000	50000
14	Обслуживающий персонал, чел.	1	1	1	1	1	1
15	Цена оборудования, приобретаемого в РФ, руб.	1518000	575000	443000	810000	1110000	448000
16	Пропускная способность 1 машины в линии, т/ч	4,1	1,5	1,7	4,5	5	1,5

## Продолжение таблицы 4.9

17	Пропускная способность n-й машины в линии, т/ч	7,92	3,44	4,8	5	5	3
18	Количество запатентованного оборудования в линии, шт.	0	0	0	0	0	0
19	Общее количество оборудования в линии, шт.	5	4	3	5	7	4
20	Количество оборудования в линии, приобретаемое в РФ, шт.	5	4	3	5	7	4
21	Количество автоматизированных операций линии, шт.	0	0	0	0	0	0
22	Общее количество операций линии, шт.	5	5	4	3	5	4
23	Суточное время, затраченное на автоматическое управление, ч	0	0	0	0	0	0
24	Суточное время работы оборудования, ч	2	10	5,9	2	2	11,1

Подставив исходные значения всех параметров в программу и расставив их значимость для хозяйства, получили значения оцениваемых критериев. По совокупности всех показателей (рисунок 4.17) наиболее выгодной к приобретению из предложенных вариантов можно назвать Линию 4 – Мини-комбикормовый завод АТМ-5 [148].

Наименование показателя	Линия 1	Линия 2	Линия 3	Линия 4	Линия 5	Линия 6
Интегральный показатель эффективности подбора оборудования	2,3233	9,9437	5,4381	10,2106	2,6156	8,7796
Комплексный показатель по методу расстановки приоритетов	0,517	0,3233	0,2699	0,4442	0,599	0,334
Показатель по ранговому методу	6	2,5	4	2,5	5	1
Показатель по методу стандартизации	6	3	4	5	2	1

Рисунок 4.17 – Значения комплексных показателей для ООО «Шатовка»

#### 4.4 Результаты производственной проверки программы для оценки комбикормового оборудования в условиях ООО «ННПП-2»

Производственную проверку программы для оценки комбикормового оборудования осуществляли в условиях ООО «ННПП-2» Большемурашкинского муниципального округа Нижегородской области. Свинокомплекс входит в группу RВРІ

и занимается производством свинины. Данный комплекс фокусируется на современных методах животноводства и автоматизации процессов с целью обеспечения качественными продуктами. В комбикормовом цеху применяются современные технологии производства комбикормов, которые обеспечивают высокое качество и эффективность кормления животных. Завод располагает современным комбикормовым оборудованием, способным в полной мере обеспечить потребность в комбикормах. Но с течением времени любое оборудование подвергается износу, что неизбежно сказывается на его производительности и эффективности. В случае ННПП-2 ввиду выхода из строя составляющих линии необходима замена существующего оборудования.

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.

При выборе оборудования учтена специфика производства завода (приложение К): объем производства (250 т/сут), ассортимент выпускаемой продукции (гранулированные комбикорма), ограничение по подключаемой мощности (1400 кВт). Оценены предлагаемые технологии и выбраны наиболее эффективные решения, соответствующие потребностям предприятия. Особое внимание уделено совместимости нового оборудования с оборудованием, входящим в существующую технологическую линию. Интеграция нового оборудования должна быть плавной и бесшовной, чтобы не нарушить производственный процесс и не снизить общую производительность завода.

Значимость критериев, по которым велась оценка оборудования, представлена в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Значимость критериев оценки комбикормового оборудования

Критерии оценки оборудования	Значимость критерия (0...10)
Энергозатраты оборудования на производство единицы комбикорма	10
Компактность оборудования при его расположении в производственном помещении	8
Производительность оборудования	8
Время работы оборудования в сутки (степень загрузки оборудования)	8
Доступность оборудования и его комплектующих к покупке на территории РФ (наличие в оборудовании импортных составляющих)	6
Патентная чистота оборудования (оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охраняемыми документами)	5
Степень автоматизации процесса производства комбикорма	10
Экономические затраты	10

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 оборудование 3 продавцов: российские фирмы (ООО «Графкорм» – Линия 1 и ООО «Доза-Агро» – Линия 3), производительность которых 20 т/ч и китайская (Jiangsu BD Environmental Technology Co. – Линия 2), производительностью 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. Российские компании, безусловно, обладают преимуществом в понимании специфики местного рынка и наличии сервисной поддержки. Однако при детальном анализе предложенных ими вариантов выявились определенные недостатки (таблица 4.11). Во-первых, стоимость оборудования от отечественных производителей оказалась значительно выше (Линия 1 – 14 090 000 руб, Линия 3 – 11 876 000 руб), чем у китайского аналога (10 110 000 руб). Удельные капиталовложения на единицу произведенной продукции для сравниваемых линий представлены на рисунке 4.18. Во-вторых, некоторые предложенные решения (Линия 1 и Линия 3) не в полной мере соответствовали требованиям к энергоэффективности и автоматизации (рисунок 4.19 и 4.20).

Таблица 4.11 – Основные показатели и критерии оценки сравниваемого комбикормового оборудования

Показатель	ООО «Графкорм» (Россия)	Jiangsu BD Environmental Technology Co. (Китай)	ООО «Доза-Агро» (Россия)
Цена оборудования, млн руб.	14,090	10,110	11,876
Пропускная способность, т/ч	20	40	20
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	297	292	203
Совокупные затраты электроэнергии, МДж/т	54,21	26,57	37,16
Коэффициент компактности	0,13	0,05	0,09
Коэффициент использования оборудования в сутки	0,52	0,26	0,52
Удельные капиталовложения на единицу продукции, руб./т	931310	379413	784934
Коэффициент уровня автоматизации (по операциям)	0,2	1	0,6
Интегральный показатель эффективности подбора оборудования	0,343	0,596	0,522

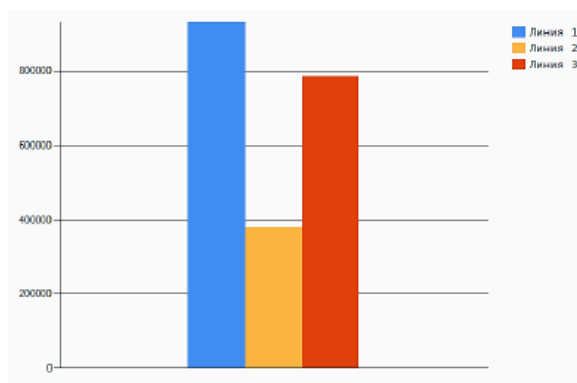


Рисунок 4.18 – Удельные капиталовложения на единицу произведенной продукции в варианты приобретаемого оборудования для ООО «ННПП-2», руб/т

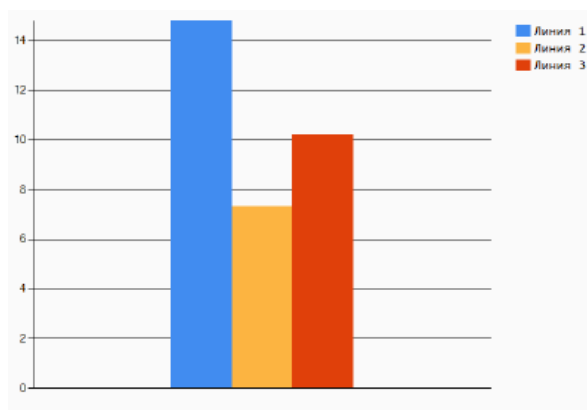


Рисунок 4.19 – Удельный расход электроэнергии на единицу произведенной продукции для ООО «ННПП-2», кВт/т

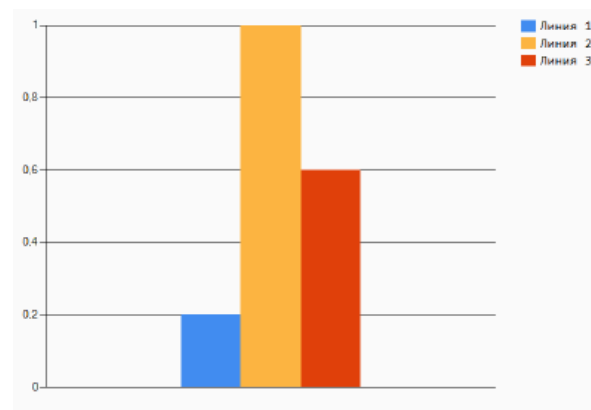


Рисунок 4.20 – Значения коэффициента уровня автоматизации для вариантов приобретаемого оборудования в ООО «ННПП-2»

Китайский производитель (Линия 2) продемонстрировал готовность предложить более гибкие условия сотрудничества и адаптировать оборудование под конкретные задачи производства. Предложенная им линейка оборудования отличается современным дизайном и соответствует международным стандартам качества. В результате анализа было принято решение в пользу оборудования китайского производителя (Линия 2), несмотря на наличие российских альтернатив. Выбор руководства предприятия в пользу Линии 2 также подтвержден результатами расчетов в программе – интегральный показатель, равный 0,596, выше у Линии 2 (рисунок 4.21).

Матрица смежности для оценки значимости критериев Ранговый подход Метод стандартизации Комплексные показатели				
Комплексные показатели оценки эффективности комбикормового оборудования				
	Наименование показателя	Линия 1	Линия 2	Линия 3
▶	Интегральный показатель эффективности подбора оборудования	0,343854	0,596015	0,522743
	Комплексный показатель по методу расстановки приоритетов	0,698266	0,677899	0,621716
	Показатель по ранговому методу	3	1	2
	Показатель по методу стандартизации	3	1	2

Рисунок 4.21 – Значения интегральных показателей для ООО «ННПП-2»

Ключевым фактором, повлиявшим на выбор, стала высокая степень автоматизации производственных процессов, 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.

Опираясь на результаты анализа подходящего комбикормового оборудования, в том числе результаты, полученные в разработанной программе, руководство ООО ННПП-2 приняло решение о выборе оборудования фирмы Jiangsu BD Environmental Technology Co (приложение Л). 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 (приложения М, Н).

После приобретения и монтажа оборудование сразу было введено в эксплуатацию. Оно используется для измельчения компонентов комбикорма для свиней.

При получении фактических данных работы комбикормового оборудования осуществлялась фиксация показателей, послуживших основой при анализе оборудования на стадии его подбора (приложение О). В период работы оборудования осуществлялось измельчение компонентов комбикорма и производился замер потребляемой мощности и производительности оборудования. В результате измерений установлены фактические значения параметров приобретенного комбикормового оборудования, которые представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Фактические показатели параметров приобретенного оборудования

№ п/п	Наименование показателя	Единицы измерения	Фактическое значение показателя
Зафиксированные показатели			
1	Суммарная мощность	кВт	216–233
2	Общее количество оборудования	шт	12
3	Количество автоматизированных операций	шт	5
4	Общее количество операций	шт	5
5	Количество выходов оборудования из строя	-	0
Вычисленные показатели			
6	Производительность	т/ч	25–28

Ранее, на стадии подбора оборудования, программа представила прогнозные (паспортные) значения тех же самых показателей, на основе которых принималось решение о покупке. Данные значения были сопоставлены с фактически полученными (рисунок 4.22). При помощи разработанной программы произведен расчет интегрального показателя на основании следующих исходных данных: Линия 1 – характеристики оборудования фирмы ООО «Графкорм», Линия 2 – паспортные данные приобретенного оборудования, Линия 3 – фактические показатели приобретенного оборудования.

После выбора приоритетов коэффициентов (рисунок 4.23) произведен сравнительный анализ паспортного (теоретического) и фактического значений интегрального показателя эффективности (рисунок 4.24).

Показатели качества технологических линий и технических средств		Оценка рыночной надежности		Нормированные значения приоритетов критериев оценки								
Матрица смежности для оценки значимости критериев		Ранговый подход		Метод стандартизации		Комплексные показатели						
Исходные данные		Оценка энергоэффективности		Оценка ресурсоэффективности		Оценка экономической эффективности		Оценка качества				
Количество линий:	3	Загрузить данные	Фактическое.csv	Округление значений до	6	знаков после запятой	Рассчитать	Сохранить данные	Очистить данные	Блокировать значения	max	min
№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Обозначение	Формула для расчета	Линия 1	Линия 2	Линия 3					
1	Масса оборудования в линии	т	M	-	17,8	10	10					
2	Пропускная способность линии (производительность паспортная)	т/ч	Q	-	20	40	28					
3	Суммарная мощность оборудования, входящего в линию	кВт	N	-	297	292	233					
4	Габаритные размеры линии:											
	длина	м	a	-	30	14	14					
	ширина		b	-	12	9	9					
	высота		c	-	11	12	12					
5	Площадь, занимаемая линией	м2	Fl	$Fl=a*b$	360	126	126					
6	Объем, занимаемый линией	м3	Vл	$Vл=a*b*c$	3960	1512	1512					
7	Цена линии	руб	Ц	-	14090000	10110000	10110000					
8	Стоимость доставки	руб	Д	-	2000000	3550000	3550000					
9	Стоимость монтажа	руб	ПМ	$ПМ=Q*Ц/100$	2536200	1516500	1516500					
10	Процентная составляющая монтажа	доли	%	-	18	15	15					
11	Суточный объем работ	т/день	S	-	250	250	250					
12	Гарантийный период	ч	trap	-	8760	8760	8760					
		т	Vrap	$Vrap=S*trap$	2190000	2190000	2190000					

Рисунок 4.22 – Исходные данные для расчета интегрального показателя

Критерии оценки	Линия 1	Линия 2	Линия 3	Значимость
Коэффициент энергетических затрат	1	0,49	0,56	10
Коэффициент компактности	0,127	0,048	0,048	8
Коэффициент технологичности	1,7	1,25	1,25	8
Коэффициент использования оборудования в сутки	0,521	0,26	0,744	8
Коэффициент комплектации Од/Ц (по цене)	1	0	0	6
Коэффициент комплектации Орб/Осум	1	0	0	6
Коэффициент унификации	0	0	0	5
Савт/Собы (по операциям)	0,2	1	1	10
Тавт/Тсут (по времени)	0,2	1	1	10
Коэффициент экономических затрат	1	0,015	0,015	10

Рисунок 4.23 – Нормированные значения приоритетов критериев оценки

Наименование показателя	Линия 1	Линия 2	Линия 3
Интегральный показатель эффективности подбора оборудования	0,343054	0,596015	0,606284
Комплексный показатель по методу расстановки приоритетов	0,690266	0,677099	0,705536
Показатель по ранговому методу	3	1,5	1,5
Показатель по методу стандартизации	3	2	1

Рисунок 4.24 – Значения интегральных показателей

Сходимость паспортного (Линия 2) и фактического (Линия 3) значений интегрального показателя составила 98,3 %, что свидетельствует о достаточной точности и корректности работы программы. Небольшое превышение фактического показателя говорит о том, что оборудование функционирует практически согласно

паспортным характеристикам. Изменения вызваны меньшим значением фактической производительности (28 т/ч), но компенсируются более низким показателем мощности оборудования (233 кВт). Это хороший знак, означающий, что выбранные технологические решения были верными и оборудование эффективно справляется с поставленными задачами.

Таким образом, программа успешно прошла производственную проверку на достоверность и точность, и её можно применять для подбора оборудования на этапе его приобретения.

#### 4.5 Выводы по главе

1. Проведенное тестирование разработанной программы для подбора комбикормового оборудования продемонстрировало ее надежность, функциональность и корректность алгоритмической реализации. В результате проведения верификации программы установлена высокая степень сходимости результатов автоматизированных расчетов, достигающая 98,9 % по сравнению с ручными вычислениями и 100 %, полученных с помощью разработанной программы и в среде Microsoft Excel, что демонстрирует стабильность и воспроизводимость результатов. В результате оценки надежности программы методом статистического подхода установлено, что частота отказов составляет 2 %, среднее время наработки на отказ – 5 ч, средняя продолжительность устранения ошибки – 0,015 ч, коэффициент готовности системы – 0,997.

2. В результате оценки эффективности комбикормового оборудования в лабораторных условиях установлено, что при эксплуатации оборудования относительно теоретических (паспортных) могут изменяться значения таких его показателей как потребляемая мощность, производительность, качество. Выявлено, что сходимость теоретических и экспериментальных величин показателя качества тех-

нологической линии ЛПКГ-0,9 равна 100 % при  $k_{\text{лин}} = 0,33$ , а показателя качества готовой продукции отличается в 2 раза (теоретический  $k_{\text{кач.пр}} = 0,33$ , экспериментальный  $k_{\text{кач.пр}} = 0,67$ ), что объясняется отсутствием данных по испытаниям гранулятора ДГ-0,9ВУ и смесителя ССК-2,3-Ф в базах данных МИС.

Сходимость теоретических и экспериментальных величин интегрального показателя для линии ЛПКГ-0,9, рассчитанная при помощи критерия F-тест, составила 98,93 %, что указывает на высокую степень близости между этими значениями. Так как величина близка к единице, это свидетельствует о низкой вероятности значительных различий между дисперсиями двух выборок, что подтверждает высокое соответствие между результатами теории и практики. Предложенная методика оценки эффективности комбикормового оборудования подходит как для стадии подбора и приобретения оборудования, так и для контроля текущего технического состояния комбикормового оборудования.

3. На основании данных опросных листов сельскохозяйственных организаций Нижегородской области проведены подбор и анализ подходящих для каждого хозяйства вариантов комбикормового оборудования. Установлено, что для ООО СПК «Ждановский» Кстовского муниципального округа и ООО ПЗ «Большемурашкинский» Большемурашкинского муниципального округа (в приоритете руководства которых обозначены 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, значение интегрального показателя которого составляет 0,203. 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 10,21. 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 Агрпоставка, линия продавца Агрокормресурс, РК-5 продавца НМК-Агро, АК-4 продавца Агрогрант к приобретению рекомендуется комбикормовое оборудование от продавца Агрокормресурс (значение интегрального показателя  $\varphi = 1,667$ ). Анализ результатов показал, что предложенные программой конфигурации оборудования являются рациональными по целому ряду ключевых параметров среди сравниваемых аналогов.

4. 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 ( $\varphi = 0,596$ ) имеет линия фирмы Jiangsu BD Environmental Technology Co, что было принято во внимание руководством предприятия при его приобретении. При этом степень сходимости между паспортным и фактическим (полученным по результатам работы оборудования) интегральными показателями составила 98,3 %, а экономия трудозатрат при подборе оборудования с помощью программы в сравнении с ручным расчетом – 30 чел.-ч.

## Глава 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОМБИКОРМОВЫХ ЛИНИЙ

В условиях современной аграрной отрасли эффективность производства комбикормов играет ключевую роль в обеспечении рентабельности животноводства. В связи с этим правильный выбор оборудования для производства комбикормов становится особо важным. Внедрение специализированного программного продукта для подбора оборудования на этапе его приобретения может значительно повысить экономическую целесообразность инвестиций за счет:

- высокой скорости обработки данных. Программа способна мгновенно обрабатывать большие объемы информации, исключая необходимость длительных вычислений вручную. Таким образом, принятие решений ускоряется многократно, позволяя экономить значительное количество рабочего времени сотрудников предприятия;

- точность и надежность результатов. Автоматизированные системы обеспечивают точное выполнение операций без риска ошибок, присущих человеческому фактору. Исчезают случайные погрешности, вызванные усталостью или недостатком опыта специалиста;

- возможность учесть большее число переменных. Человек ограничен способностью одновременно анализировать ограниченное количество показателей. Программа способна включать десятки критериев и их комплексную оценку;

- повышение уровня профессионализма персонала. Освоив работу с программой, сотрудники приобретают новые знания и навыки, повышая свою квалификацию и становясь более востребованными специалистами. Использование современной ИТ-инфраструктуры стимулирует развитие кадров внутри организации;

- минимизация финансовых рисков. Благодаря точности оценочных процедур снижается вероятность ошибочного выбора дорогостоящего оборудования. Это положительно сказывается на финансовой устойчивости предприятия и стабильности бизнеса в целом.

## **5.1 Расчет экономических затрат на внедрение программы для подбора комбикормового оборудования в производство**

Оценка экономических затрат на внедрение включает в себя несколько ключевых этапов:

- стоимость программного обеспечения – 8000 руб.;
- затраты на установку и настройку. Оплата услуг специалистов по установке и настройке программного обеспечения, включая интеграцию с существующими системами предприятия, – не требуется;
- обучение персонала. Расходы на проведение обучающих семинаров и тренингов для сотрудников, которые будут использовать программу, – не предусматриваются;
- затраты на оборудование – не требуются: техническое обеспечение включает в себя используемые в организации вычислительные машины, вычислительные сети и периферийное оборудование.

Итого экономических затрат на внедрение программы – 8000 руб.

## **5.2 Сравнение экономической эффективности машинного и ручного способов подбора комбикормового оборудования**

Ручной метод подбора оборудования, основанный на опыте инженеров и переборе вариантов, требует значительных временных затрат (таблица 5.1). Использование программы позволяет автоматизировать этот процесс, сокращая время подбора и исключая дорогостоящие ошибки, связанные с человеческим фактором. Это приводит к прямой экономии на оплате труда инженеров и снижению издержек на переработку документации.

Таблица 5.1 – Факторы, влияющие на трудозатраты при подборе комбикормового оборудования

№ п/п	Факторы, влияющие на трудозатраты	Трудозатраты, чел-ч	
		ручной	машинный
1	Определение потребностей и требований: – объем производства – виды кормов – бюджет – ограничения по подключаемой мощности – автоматизация процесса	На сбор и анализ этой информации может уйти от 2 до 8 часов, в зависимости от сложности производства и доступности данных	
2	Поиск и анализ предложений: Поиск поставщиков: изучение рынка, поиск потенциальных поставщиков оборудования	от 8 до 24 часов, в зависимости от количества поставщиков, сложности оборудования	
	Запрос коммерческих предложений: отправка запросов, получение и анализ коммерческих предложений.	от 8 до 24 часов	
3	Сравнение характеристик: - ввод данных - расчет и сравнение технических характеристик, производительности, энергопотребления и других параметров оборудования	От 8 до 45 часов	0,5 часа
	Изучение отзывов: поиск и анализ отзывов о поставщиках и оборудовании	До 8 часов	
4	Консультации и переговоры: Консультации с поставщиками: обсуждение технических вопросов, уточнение деталей, получение консультаций по оптимальной комплектации	8 часов	4 часа (появляются рекомендации по выбору, что снижает время на переговоры)
	Переговоры о цене и условиях поставки: обсуждение стоимости оборудования, условий оплаты, сроков поставки и гарантийного обслуживания		
	Посещение действующих производств (опционально): осмотр оборудования в работе, общение с операторами и технологами	8 часов	
5	Выбор наилучшего варианта	4 часа	1 час
<b>Итого:</b>		<b>54–129</b>	<b>39,5–77,5</b>

Если подбор оборудования проводить вручную, без программы, данный процесс может занимать от 6 до 15 рабочих дней, так как существенно больше времени тратится на поиск, сравнение и расчёты. Использование программы позволит сократить трудозатраты в 1,49–1,66 раза.

По России средняя заработная плата инженера-технолога составляет 51 000 рублей (по данным сайта «Работа.ру», на основе вакансий с порталов по поиску работы).

Исходные данные для расчета технико-экономических показателей представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для технико-экономического обоснования

Исходные данные	Единицы измерения	Значение
Трудозатраты на ручной способ подбора 1 комплекта оборудования (ТР)	чел-ч	129
Трудозатраты на машинный способ подбора 1 комплекта оборудования (ТМ)	чел-ч	77,5
Зарботная плата исполнителя в месяц (ЗП)	руб.	51 000
Себестоимость программы (экономические затраты на внедрение программы) (СП)	руб.	8 000
Потребляемая электрическая энергия (ПЭ)	кВт/ч	0,03
Стоимость 1 кВт/ч (Т)	руб.	5,56

Среднемесячное количество рабочих часов ( $РЧ_{ср}$ ) в 2026 году составляет 164,3 ч.

Часовая ставка:

$$ЧС = ЗП/РЧ_{ср}. \quad (5.1)$$

$$ЧС = 51\,000/164,3 = 310,4 \text{ руб./час.}$$

1. Расчет эксплуатационных расходов при машинном способе подбора оборудования (с использованием разработанной программы).

Эксплуатационные расходы при машинном способе подбора 1 комплекта комбикормового оборудования рассчитываются по формуле:

$$(ЭР)_M = ЗП_M + СЭ_M + A_M + СР_M, \quad (5.2)$$

где  $ЗП_M$  – заработная плата исполнителя, эксплуатирующего программу, руб.;

$СЭ_M$  – стоимость затраченной электроэнергии, руб.;

$A_M$  – амортизационные отчисления на ЭВМ, руб.;

$СР_M$  – затраты на ремонт ЭВМ, руб.

Зарботная плата исполнителя, эксплуатирующего программу:

$$ЗП_M = ЧС \cdot ТМ. \quad (5.3)$$

$$ЗП_M = 310,4 \cdot 77,5 = 24\,056 \text{ руб.}$$

Стоимость электроэнергии:

$$СЭ_M = ПЭ \cdot ТМ \cdot Т. \quad (5.4)$$

$$СЭ_M = 0,03 \cdot 77,5 \cdot 5,56 = 12,93 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления:

$$A_M = (N_a \cdot C_P \cdot T_M) / (100 \cdot 1\,972), \quad (5.5)$$

где  $N_a$  – норма амортизационных отчислений (равна 20 %, т.к. срок полезного использования специализированного ПО составляет 5 лет); 1 972 – рабочий фонд времени за 2026 г.

$$A_M = (20 \cdot 8\,000 \cdot 77,5) / (100 \cdot 1\,972) = 62,88 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт:

$$C_{P_M} = (N_r \cdot C_P \cdot T_M) / (100 \cdot 1\,972), \quad (5.6)$$

где  $N_r$  – норма отчислений на ремонт ЭВМ (5 %).

$$C_{P_M} = (5 \cdot 8\,000 \cdot 77,5) / (100 \cdot 1\,972) = 15,72 \text{ руб.}$$

Таким образом, эксплуатационные расходы при машинном способе подбора 1 комплекта комбикормового оборудования:

$$(\text{ЭР})_M = 24\,056 + 12,93 + 62,88 + 15,72 = 24\,147,53 \text{ руб.}$$

2. Эксплуатационные расходы, возникающие при подборе оборудования методом ручной обработки информации, ограничены исключительно трудозатратами персонала, непосредственно выполняющего данную операцию. Отсутствие автоматизированных инструментов приводит к отсутствию иных видов операционных издержек, характерных для применения специализированного программного обеспечения.

Заработная плата исполнителя:

$$ЗП_r = ЧС \cdot ТР. \quad (5.7)$$

$$ЗП_r = 310,4 \cdot 129 = 40\,041,6 \text{ руб.}$$

Таким образом, эксплуатационные расходы при ручном способе подбора 1 комплекта комбикормового оборудования  $(\text{ЭР})_r$  равны 40 041,6 руб.

Расчет фактической экономии:

$$\text{ЭФ}_{\text{Р-М}} = (\text{ЭР})_{\text{Р}} - (\text{ЭР})_{\text{М}}.$$

$$\text{ЭФ}_{\text{Р-М}} = 40\,041,6 - 24\,147,53 = 15\,894,07 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости:

$$T = \text{СП} / \text{ЭФ}_{\text{Р-М}}.$$

$$T = 8\,000 / 15\,894,07 = 0,5 \text{ года.}$$

Сравнительные характеристики ручного и машинного способов подбора представлены в Таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Техничко-экономические показатели ручного и машинного способов подбора

ТЭП	Единицы измерения	Ручной способ	Машинный способ
Заработная плата	руб.	40 041,6	24 056
Стоимость электроэнергии	руб.	-	12,93
Амортизация	руб.	-	62,88
Затраты на ремонт	руб.	-	15,72
Эксплуатационные расходы	руб.	40 041,6	24 147,53
Экономия	руб.	-	15 894,07
Срок окупаемости	лет	-	0,5

### 5.3 Обоснование эффективности разработанной программы путём сопоставления с существующими коммерческими системами

Имеющаяся на рынке специализированная программа «1С: Мукомольное, крупяное, комбикормовое и масложировое производство» обладает функционалом формирования внутренней базы данных оборудования для производства комбикормов, позволяющим пользователям (менеджерам) выбирать подходящие варианты согласно предварительно загруженным техническим параметрам машин. При этом

подбор оборудования в данной программе ограничен внесенными данными. Стоимость лицензии на 1 рабочее место составляет 19 600 руб [149]. Окончательное определение наилучшего варианта и его последующее сопоставление требуют дополнительного этапа ручной обработки информации.

Исходные данные для расчета технико-экономических показателей при сравнении двух программ представлены в таблице 5.4.

С помощью программы «1С: Мукомольное, крупяное, комбикормовое и масложировое производство» оператор производит выбор наиболее подходящего оборудования из заданного им интервала значений важных для него показателей (производительность, цена и т.д.). По России средняя заработная менеджера по продажам составляет 84 955 руб. (по данным сайта «Работа.ру», на основе вакансий с порталов по поиску работы).

Таблица 5.4 – Исходные данные для технико-экономического обоснования

Исходные данные	Единицы измерения	«1С: Мукомольное, крупяное, комбикормовое и масложировое производство»	Предлагаемая программа
Трудозатраты на машинный способ подбора 1 комплекта оборудования (ТМ)	чел-ч	0,5	77,5
Трудозатраты на ручной способ подбора 1 комплекта оборудования (ТР)	чел-ч	81	-
Заработная плата исполнителя в месяц (ЗП)	руб.	84 955	84 955
Себестоимость программы (экономические затраты на внедрение программы) (СП)	руб.	19 600	8 000
Потребляемая электрическая энергия (ПЭ)	кВт/ч	0,03	0,03
Стоимость 1 кВт/ч (Т)	руб.	5,56	5,56

Тогда часовая ставка:

$$\text{ЧС} = 84\,955 / 164,3 = 517,07 \text{ руб./час.}$$

Расчет эксплуатационных расходов при расчете с использованием программы «1С: Мукомольное, крупяное, комбикормовое и масложировое производство» составит:

$$\text{ЗП}_{1с} = 517,07 \cdot 0,5 = 258,54 \text{ руб.};$$

$$\text{СЭ}_{1с} = 0,03 \cdot 0,5 \cdot 5,56 = 0,08 \text{ руб.};$$

$$A_{1c} = (20 \cdot 19\,600 \cdot 0,5) / (100 \cdot 1\,972) = 0,99 \text{ руб.};$$

$$CP_{1c} = (5 \cdot 19\,600 \cdot 0,5) / (100 \cdot 1\,972) = 0,25 \text{ руб.};$$

$$(\text{ЭР})_{1c} = 258,54 + 0,08 + 0,99 + 0,25 = 776,93 \text{ руб.}$$

2. После этого в ручном режиме производится сравнительный расчет оборудования из предложенного программой списка. Эксплуатационные расходы в этом случае представлены оплатой труда оператора:

$$ЗП_p = ЧС \cdot ТР. \quad (5.7)$$

$$ЗП_p = 517,07 \cdot 81 = 41\,882,67 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты при использовании программы «1С: Мукомольное, крупяное, комбикормовое и масложировое производство» и дальнейшем ручном расчете равны:

$$(\text{ЭР})_{1c} = 776,93 + 41\,882,67 = 42\,659,6 \text{ руб.}$$

Расчет эксплуатационных расходов для разработанной программы:

$$ЗП_M = 517,07 \cdot 77,5 = 40\,072,93 \text{ руб.};$$

$$СЭ_M = 0,03 \cdot 77,5 \cdot 5,56 = 12,93 \text{ руб.}$$

$$A_M = (20 \cdot 8\,000 \cdot 77,5) / (100 \cdot 1\,972) = 62,88 \text{ руб.}$$

$$CP_M = (5 \cdot 8\,000 \cdot 77,5) / (100 \cdot 1\,972) = 15,72 \text{ руб.}$$

$$(\text{ЭР})_M = 40\,072,93 + 12,93 + 62,88 + 15,72 = 40\,164,46 \text{ руб.}$$

Фактическая экономия составит:

$$\text{ЭФ}_{1c-M} = 42\,659,6 - 40\,164,46 = 2\,495,14 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости:

$$T = 8\,000 / 2\,495,14 = 3,2 \text{ года.}$$

Сравнительные характеристики ручного и машинного способов подбора представлены в Таблице 5.3.

Таблица 5.5 –Технико-экономические показатели при подборе оборудования с применением программы «1С: Мукомольное, крупяное, комбикормовое и масложировое производство» и разработанной программы (машинный способ подбора)

ТЭП	Единицы измерения	«1С: Мукомольное, крупяное, комбикормовое и масложировое производство»	Разработанная программа
Заработная плата	руб.	42 141,21	40 072,93
Стоимость электроэнергии	руб.	0,08	12,93
Амортизация	руб.	0,99	62,88
Затраты на ремонт	руб.	0,25	15,72
Эксплуатационные расходы	руб.	42 659,6	40 164,46
Экономия	руб.	-	2 495,14
Срок окупаемости	лет	-	3,2

#### 5.4 Выводы по главе

Результаты расчетов демонстрируют, что использование программы является экономически целесообразным решением, позволяющим оптимизировать затраты и снизить риски по сравнению с применением ручного сбора информации. Расчетное значение экономии денежных средств в сравнении с ручным расчетом за счет сокращения трудозатрат при подборе одного комплекта комбикормового оборудования с использованием программы составляет 15 894,07 руб., срок окупаемости – 0,5 года, а в сравнении с программой «1С: Мукомольное, крупяное, комбикормовое и масложировое производство» – 2 495,14 руб. и 3,2 года соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенного анализа разработана классификация оценочных показателей комбикормового оборудования, оказывающих определяющее значение на эффективность подбора комбикормового оборудования. Классификация включает четыре группы показателей: качества, энергетической эффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности и рыночной надежности. В рамках разработанной классификации, дополнительно к существующим показателям оценки комбикормового оборудования на этапе его подбора, предложено использовать показатели качества (технического средства, технологической линии, продукции), коэффициент комплектации, коэффициент рыночной надежности, характеризующие степень соответствия заданным требованиям и критериям эффективности оборудования, доступность оборудования к приобретению на территории РФ, степень уверенности рынка в устойчивости и надежности продавца оборудования.

2. Разработан интегральный показатель эффективности комбикормового оборудования (2.44), 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. Разработан алгоритм функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования, устанавливающий связь между факторами, влияющими на эффективность оборудования, и критериями его оценки.

4. На основании алгоритма функционирования эргатической системы создана программа для оценки комбикормового оборудования (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024661687 РФ), позволяющая

проводить комплексный анализ сравниваемых аналогов по четырем группам показателей: энергетическим, технологическим, экономическим, показателям качества, а также комплексным показателям – исходя из потребностей хозяйств и характеристик оборудования.

5. Валидация программного продукта, проведенная представителями ООО «Графкорм», ООО «Доза-Агро» и ООО «ННПП-2» путем тестирования, показала, что программа обладает широкими возможностями и охватывает достаточное число показателей, существенно облегчающих выбор оптимального варианта оборудования. В результате проведения верификации программы установлена высокая степень сходимости результатов автоматизированных расчетов, достигающая 98,9 % по сравнению с ручными вычислениями и 100 % – с вычислениями в среде Microsoft Excel, что демонстрирует стабильность и воспроизводимость результатов. В результате оценки надежности программы методом статистического подхода установлено, что частота отказов программы составляет 2 %, среднее время наработки на отказ – 5 ч, средняя продолжительность устранения ошибки – 0,015 ч, коэффициент готовности системы – 0,997. В результате проведенных лабораторных исследований установлено, что сходимость теоретических и экспериментальных величин показателя качества технологической линии ЛПКГ-0,9 равна 100 % при  $k_{\text{лин}} = 0,33$ , а показателя качества готовой продукции отличается в 2 раза (теоретический  $k_{\text{кач.пр}} = 0,33$ , экспериментальный  $k_{\text{кач.пр}} = 0,67$ ), что связано с отсутствием данных по испытаниям гранулятора ДГ-0,9ВУ и смесителя ССК-2,3-Ф в базах данных МИС. Сходимость теоретических и экспериментальных значений интегрального показателя, оцененная критерием F-тест, составила 98,93 %.

6. В результате проведенного подбора и анализа комбикормового оборудования для сельскохозяйственных организаций Нижегородской области установлено, что для ООО СПК «Ждановский» и ООО ПЗ «Большемурашкинский» наибольшей эффективностью, оцененной по интегральному показателю, обладает комбикормовый мини-завод ПРОК-1,3 производства Агропост 50, значение интегрального показателя которого составляет 0,203, для ООО «Шатовка» – мини-комбикормовый завод АТМ-5 с интегральным показателем 10,21, ООО «КМ АГРО» – комбикормовое оборудование от продавца Агрокормресурс с интегральным показателем 1,667.

7. 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 (0,596) имеет линия фирмы Jiangsu BD Environmental Technology Co. При этом степень сходимости между теоретическим и фактическим интегральными показателями составила 98,3 %, а экономия трудозатрат при подборе оборудования с помощью программы в сравнении с ручным расчетом – 30 чел.-ч.

8. Расчетное значение экономии денежных средств в сравнении с ручным расчетом за счет сокращения трудозатрат при подборе одного комплекта комбикормового оборудования с использованием программы составляет 15 894,07 руб., срок окупаемости – 0,5 года, а в сравнении с программой «1С: Мукомольное, крупяное, комбикормовое и масложировое производство» – 2 495,14 руб. и 3,2 года соответственно.

**Рекомендации производству.** Для подбора комбикормового оборудования на этапе 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 подбора оборудования до реализации готовой продукции путем интеграции предлагаемых решений с другими системами управления сельскохозяйственным производством. Перспективы дальнейшей разработки темы: обновление базы данных программы; внедрение механизма подписки; изучение возможностей применения современных инструментов искусственного интеллекта.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 7.10.2025).
2. «Сельскохозяйственные технологии» для руководителей и специалистов АПК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tsenovik.ru/news/Novosti-APK/V-oktyabre-2025-g-proizvodstvo-kombikormov-v-Rossii-vyroslo-do-32-mln-t/?ysclid=mlq910wuq5247626886> (дата обращения: 5.01.2026).
3. Российский агропромышленный сервер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agroservers.ru/company/oborudovanie-proizvodstvo-kormov> (дата обращения: 7.10.2025).
4. Сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mcx.gov.ru> (дата обращения: 19.12.2022).
5. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/statistics/ru/> (дата обращения: 17.12.2023).
6. Новости и аналитика рынка кормов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://feedlot.ru/novosti/proizvodstvo-kormov-i-kormovyix-komponentov-v-nachale-2025-goda> (дата обращения: 19.12.2022).
7. Афанасьев, В. А. Комбикорма: проблемы и перспективы развития / В. А. Афанасьев // Комбикорма. – 2021. – № 3. – С. 12–15.
8. Барашков, А. Н. Современные технологии производства комбикормов для сельскохозяйственных животных / А. Н. Барашков, И. В. Смирнова. – М.: КолосС, 2020. – 320 с.
9. Егоров, В. Н. Влияние комбикормов на продуктивность и здоровье сельскохозяйственных животных / В. Н. Егоров, Н. И. Зайцева // Ветеринария. – 2022. – № 8. – С. 40–43.

10. Рынок комбикормов: тенденции и перспективы развития в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/business-pages/37538-tendentsii-rossiyskogo-rynka-kombikormov/> (дата обращения: 13.11.2024).

11. Союз комбикормщиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://souz-kombikorm.ru/content/kombikormovaya-promyshlennost-rossii-v-ovyh-realiyah> (дата обращения: 13.11.2024).

12. Зимняков, В. М. Состояние, проблемы и перспективы развития производства комбикормов в России / В. М. Зимняков, А. А. Курочкин, А. М. Зимняков // Техника и технологии в животноводстве. – 2022. – № 1(45). – С. 52–58.

13. Маркетинговые исследования и отчёты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tebiz.ru/mi/rynok-kormov-dlya-zhivotnykh-v-rossii?yclid=4426978137450479615> (дата обращения: 13.11.2024).

14. Животноводство России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zrz.ru/zrz-2023-06-002> (дата обращения: 13.11.2024).

15. Правила организации и ведения технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности: Утв. Гос. комис. Совета Министров СССР по продовольствию и закупкам, 1991. – 128 с.

16. Афанасьев, В. А. Руководство по технологии комбикормовой промышленности с основами кормления животных / В. А. Афанасьев. – Воронеж: ВНИИКП, 2007. – 389 с.

17. Черняев, Н. П. Технология комбикормового производства: учебник / Н. П. Черняев. – Москва: Колос, 1992. – 367 с.

18. Мишуров, Н. П. Рекомендуемые технологии производства комбикормов в хозяйствах / Н. П. Мишуров // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2015. – № 4 (20). – С. 6–14.

19. Пахомов, В. И. Технологии и оборудование для производства комбикормов и премиксов: учебное пособие / В. И. Пахомов, Д. В. Рудой, С. В. Брагинец, О. Н. Бахчевников, А. В. Ольшевская. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019. – 228 с.

20. Мишуров, Н. П. Технологии и оборудование для производства комбикормов в хозяйствах: справочник / Н. П. Мишуров. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2012. – 204 с.

21. Сыроватка, В. И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка. – М.: ГНУ ВНИИМЖ, 2010. – 248 с.

22. Садов, В. В. Обоснование структуры и состава технологических линий для производства комбикормов в сельскохозяйственных предприятиях: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Садов Виктор Викторович. – Барнаул, 2018. – 294 с.

23. Симачкова, М. С. Анализ технологических линий и оборудования для приготовления комбикормов / М. С. Симачкова // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 6(145). – С. 18–36. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-6-18-36.

24. Коняев, Н. В. Тенденции развития комбикормового производства / Н. В. Коняев, В. Н. Трубников // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 9. – С. 140–146.

25. Зимняков, В. М. Состояние, проблемы и перспективы развития производства комбикормов в России / В. М. Зимняков, А. А. Курочкин, А. М. Зимняков // Техника и технологии в животноводстве. – 2022. – № 1(45). – С. 52–58.

26. Брагинец, С. В. Метод определения оптимальной структуры внутрихозяйственного модульного предприятия по производству комбикормов / С. В. Брагинец, О. Н. Бахчевников, А. В. Дровалев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 9. – С. 49–53.

27. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ac.gov.ru/news/page/sokrasenie-importa-privelo-k-blagopriatnoj-investicionnoj-obstanovke-2878?ysclid=mbuwlhbfob556352611> (дата обращения: 25.11.2024).

28. Журнал «Агроинвестор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/39359-rost-pod-/?ysclid=mbuwts2sme718913085> (дата обращения: 25.11.2024).

29. Национальный кормовой союз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://feedunion.org/> (дата обращения: 25.11.2024).
30. Господдержка АПК России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecfs.msu.ru/resources/analytics/gospodderzhka-apk-rossii> (дата обращения: 25.11.2024).
31. Григорьева, И. В. Влияние антироссийских санкций на импортозамещение в комбикормовой промышленности / И. В. Григорьева // Проблемы экономики и менеджмента. – 2015. – №12(52). – С. 43–45.
32. Рынок комбикормов вырос вопреки проблемам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/rating/article/40075-rynok-kombikormov-vyros-vopreki-probleмам-top-25-krupneyshikh-kompaniy-vypustili-bolee-21-mln-t-prod/> (дата обращения: 25.11.2024).
33. Корма для сельскохозяйственных животных: что изменилось после санкций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://petnaobed.ru/interesno/korm-dlya-selskohozyaystvennyh-zhivotnyh-izmeneniya-v-2022/> (дата обращения: 25.11.2024).
34. Supply Chain Resilience in a Sanctioned Economy: Lessons from the Russian Feed Market [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://big-i.ru/archive/?ysclid=me-hfyac9ix645972702> (дата обращения: 25.11.2024).
35. Sanctions kick-started Russian agricultural boom – Putin [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.theinteldrop.org/2023/04/04/sanctions-kick-started-russian-agricultural-boom-putin/> (дата обращения: 25.11.2024).
36. Кузнецов, И. Е. Оценка современного состояния отечественного рынка комбикормов в условиях новой экономической реальности / И. Е. Кузнецов, Е. И. Закурдаева, К. А. Бражников [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84, № 2(92). – С. 394–399.
37. «Сколково»: импортозамещение в сфере техники и оборудования для АПК – одна из приоритетных задач для развития отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agroreport.ru/news/v-rossii/skolkovo-importozameshchenie-v-sfere-tehniki-i-oborudovaniya-dlya-apk-odna-iz-prioritetnykh-zadach-/?ysclid=mehgd1gh1a590962644> (дата обращения: 25.11.2024).

38. Российская ассоциация производителей специализированной техники и оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosspetsmash.ru/rossiya> (дата обращения: 13.12.2024).

39. SoyaNews – отраслевой портал для участников рынка комбикормов и кормовых добавок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://soyanews.info/news/Sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-kombikormovoy-o.html?ysclid=mbuxqt6ur0441067057> (дата обращения: 5.02.2025).

40. Проекты России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2022/12/30/gospodderzhka-apk-v-2023-godu-budet-rasshirena.html?ysclid=mbuxyx13jx501197426> (дата обращения: 5.02.2025).

41. ЛБР-АгроИнфо [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lbr.ru/blog/lgotnye-kredity-dla-agrariyev-podderzhka-ili-problemy-uznali?ysclid=mbuy134iwn904114968> (дата обращения: 5.02.2025).

42. Дудкин, Д. Ю. Государственная аграрная политика Российской Федерации: вызовы и перспективы / Д. Ю. Дудкин, А. А. Слинко // Регион: системы, экономика, управление. – 2024. – № 3(66). – С. 29–33.

43. Вестник агропромышленного комплекса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vestnikapk.ru/articles/news/minselkhoz-rossii-rasshiryayet-napravleniya-tselevogo-ispolzovaniya-lgotnykh-kreditov/?ysclid=mbuyhej45v355303871> (дата обращения: 5.02.2025).

44. Сулейманлы, Э. Г. Меры государственной поддержки агропромышленного комплекса в Российской Федерации: направления реализации и развития / Э. Г. Сулейманлы // Экономика и социум. – 2024. – № 6-2(121). – С. 1379–1388.

45. Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы» (с изменениями на 27 марта 2025 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/71755402/> (дата обращения: 17.04.2025).

46. Постановление Правительства Российской Федерации от 14.07.2012 г. № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирова-

ния рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (с изменениями и дополнениями)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70210644/?ysclid=mejrylab1r500686621> (дата обращения: 17.04.2025).

47. Постановление Правительства Российской Федерации от 11.03.2025 г. № 300 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zakonrf.info/postanovlenie-pravitelstvo-rf-300-11032025/> (дата обращения: 17.04.2025).

48. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 10.08.2019 г. № 1796-р. (ред. от 13.10.2022) «Об утверждении Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72522534/?ysclid=mejrv3e13d19099200> (дата обращения: 17.04.2025).

49. Завражнов, А. И. Совершенствование машин и технологических линий приготовления и раздачи кормов на молочных фермах и комплексах: дис. ... д-ра техн.наук : 05.20.01 / Завражнов Анатолий Иванович. – Ленинград-Пушкин, 1991. – 76 с.

50. Кокорева, Е. Б. Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники / Е. Б. Кокорева // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4. – № 2. – С. 320–325.

51. Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия / Г. В. Савицкая. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 336 с.

52. Середа, Н. А. Формирование паритетных экономических взаимоотношений при межхозяйственном использовании сельскохозяйственной техники / Н. А. Середа // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – № 1. – С. 46–51.

53. Тарасова, Т. В. Основные направления повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники / Т. В. Тарасова // Гуманитарные научные исследования. – 2016. – № 10. – Режим доступа: <http://human.snauka.ru/2016/10/16720>.

54. 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.

55. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А. В. Шпилько, В. И. Драгайцев, П. Ф. Тулапин [и др.]: Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ; Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства. Том Часть 1. – Москва: ГП УСЗ Минсельхозпрома России, 1998. – 219 с.

56. Зырянов, Д. А. Повышение качества смешивания комбикормов оптимизацией конструктивно-технологических параметров горизонтального смесителя с ленточным шнеком: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Зырянов Дмитрий Алексеевич. – Киров, 2021. – 139 с.

57. Методическое пособие по определению энергозатрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока европейской части Российской Федерации / Ф. Ф. Мухамадьяров, В. А. Фигурин, В. П. Ашихмин [и др.]. – Киров: Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, 1997. – 63 с.

58. ГОСТ Р 54430-2011 Оборудование металлообрабатывающее и деревообрабатывающее. Показатели энергоэффективности. Номенклатура. Методы определения и нормирования значений. – М.: Стандартинформ, 2012. – 23 с.

59. Тимофеев, Е. В. Критерий оценки энергетической эффективности технологий, комплексов машин и оборудования при производстве сельскохозяйственной продукции / Е. В. Тимофеев, А. Ф. Эрк, В. Н. Судаченко, В. А. Размук // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2019. – № 2(99). – С. 16–25.

60. Бесплатный онлайн-практикум для сотрудников промышленных предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://intechnology.ru/media/articles/metodika-ocenki-i-povysheniya-effektivnosti-raboty-tehnologicheskogo-oborudovaniya-i-proizvodstvennogo-personala-instrukciya-k-primeneniyu/?ysclid=mbp16gee77957959422> (дата обращения: 10.06.2022).

61. Муслина, Г. Р. Методы оценки экономической эффективности новой техники и технологий: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению

подготовки магистров 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Г. Р. Муслина, Ю. М. Правиков. – Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2017. – 101 с.

62. Чирков, Е. П. Методические основы экономической оценки эффективности кормопроизводства / Е. П. Чирков, А. О. Храмченкова // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2(72). – С. 35–44.

63. Герасимова, С. П. Техничко - экономическое обоснование внутрихозяйственного комбикормового цеха / С. П. Герасимова, Д. А. Зырянов, Н. В. Турубанов, А. Н. Чернятьев // Владимирский земледелец. – 2018. – № 4(86). – С. 58–63.

64. ГОСТ 34393-2018 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2018. – 15 с.

65. Драгайцев, В. И. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве / В. И. Драгайцев // АПК: экономика, управление. – 2010. – № 11. – С. 100–106.

66. ГОСТ Р ИСО 22400-2- 2019 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Ключевые технико-экономические показатели (KPIs) для управления производственными операциями. Часть 2. Определения и описания. – М. : Стандартинформ, 2019. – 73 с.

67. Управление производством [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://up-pro.ru/library/repair/tpm/algorithm-rascheta-ooe/> (дата обращения: 11.06.2022).

68. First national consulting group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fnc-group.ru/en/calculator-ooe.html> (дата обращения: 11.06.2022).

69. Постановление Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/71459762/> (дата обращения: 30.09.2025).

70. Симачкова, М. С. Оценка качества комбикормового оборудования на этапе его подбора / М. С. Симачкова // Вестник Вятского ГАТУ. – 2025. – № 4(26). – С. 136–141.

71. Зайцева, Н. Л. Машинно-испытательная станция как база практической подготовки агроинженеров / Н. Л. Зайцева, Н. Ю. Рябова // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 5. – С. 78–83.

72. Ларин, С. Н. Комплексная оценка технологичности изделий в приборостроении / С. Н. Ларин // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2007. – № 6(142). – С. 33–37.

73. Сергеев, В. Д. Принцип подбора машин и оборудования в технологические линии малогабаритного комбикормового агрегата / В. Д. Сергеев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2004. – № 2(14). – С. 193–197.

74. Орлов, А. И. Организационно-экономическое моделирование / А. И. Орлов. Том Часть 2. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)", 2011. – 486 с.

75. Федоренко, И. Я. Методологические аспекты использования нечеткого моделирования для выбора технологий и оборудования в животноводстве // Аграрная наука – сельскому хозяйству: матер. Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. – Кн. I. – С. 241–246.

76. Садов, В. В. Экспертная оценка комбикормовых агрегатов на основе нечетких множеств / В. В. Садов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 9(155). – С. 179–185.

77. Федоренко, И. Я. База знаний для разработки экспертной системы «Выбор технологии и состава оборудования комбикормового цеха» / И. Я. Федоренко, В. В. Садов // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции: в 2 кн., Барнаул, 15–16 февраля 2018 года / ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет». Том Книга 2. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. – С. 200–202.

78. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018663677 «Программа расчета рейтинга технологического оборудования для производства комбикормов» / А. С. Капшученко, А. Г. Якунин, В. В. Садов, И. Я. Федоренко. Заявл. 05.10.2018; опубл. 01.11.2018. Бюл. № 11. – 2 с.

79. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662900 «Программа для подбора состава оборудования комбикормового цеха» / А. С. Капшученко, А. Г. Якунин, В. В. Садов, И. Я. Федоренко. Заявл. 04.10.2018; опубл. 17.10.2018. Бюл. № 11. – 2 с.

80. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2018621625 Российская Федерация. Технологическое оборудование комбикормового цеха: № 2018621375 : заявл. 04.10.2018: опубл. 19.10.2018 / А. С. Капшученко, А. Г. Якунин, В. В. Садов, И. Я. Федоренко; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» (АлтГТУ).

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

82. Афанасьев, В. А. Современные комбикормовые заводы / В. А. Афанасьев, Е. Орлов, И. Богомоллов // Комбикорма. – 2011. – № 1. – С. 27–29.

83. Афанасьев, В. А. Система технологических процессов комбикормового производства / В. А. Афанасьев, Е. Орлов. – Воронеж: ВНИИКП, 2002. – 113 с.

84. Земсков, В. И. Надежность комплекта машин и оборудования кормоприготовительных цехов животноводческих ферм и комплексов: учебное пособие / В. И. Земсков. – Барнаул, 1978. – 80 с.

85. Земсков, В. И. Повышение эффективности работы кормоцехов: учебное пособие / В. И. Земсков. – Новосибирск, 1983. – 96 с.

86. Земсков, В. И. Методы обеспечения безотказности и эффективности функционирования кормоцехов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / Земсков Виктор Иванович. – Барнаул, 1982. – 309 с.

87. Кропп, Л. И. Производство комбикормов и кормовых смесей в хозяйствах / Л. И. Кропп, Н. К. Евсеев, Г. С. Генкин и др. – М.: Колос, 1972. – 215 с.

88. Кропп, Л. И. Разработка системы сельскохозяйственных зерно- и кормоперерабатывающих объектов промышленного типа методами оптимального технологического проектирования: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Кропп Лев Израйлевич. – Москва, 1986. – 40 с.

89. Кукта, Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.

90. Лыткина, Л. И. Обоснование новых подходов в расчетах энергетических затрат при оптимальной нагрузке на оборудование при производстве комбикормов / Л. И. Лыткина. – Вестник ВГТА, 2008. – № 1. – С. 39–44.

91. Лыткина, Л. И. Повышение эффективности приготовления комбикормов / Л. И. Лыткина, А. А. Шевцов. – Межд. сб. науч. труд. Проблемы пищевой инженерии и ресурсосбережения в современных условиях. СПб.: СПбГУ ИТ и ПТ, 2004. – С.107–114.

92. Савиных, П. А. Повышение эффективности функционирования технологических линий приготовления и раздачи кормов путем совершенствования процессов и средств механизации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / 05.20.01 / Савиных Петр Алексеевич. – Санкт-Петербург - Пушкин, 2000. – 38 с.

93. Сыроватка, В. И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка. – М.: ГНУ ВНИИМЖ, 2010. – 248 с.

94. Сыроватка, В. И. Механизация приготовления кормов: справочник. / В. И. Сыроватка, А. В. Демин, А. Х. Джалилов и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 386 с.

95. Сыроватка, В. И. Производство комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка, С. Г. Карташов. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 39 с.

96. Сыроватка, В. И. Модель задачи многокритериального выбора технологий и технических средств приготовления комбикормов в хозяйствах [Текст] / В. И. Сыроватка, Н. М. Морозов, Л. М. Цой и др. – ГНУ ВНИИМЖ, 2004.

97. Сыроватка, В. И. Применение ЭВМ при оптимизации технологических линий в животноводстве / В. И. Сыроватка, В. Г. Теплицкий, С. Г. Карташов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 72 с.

98. Сыроватка, В. И. Научно-технические основы и методы технологического расчета производственных линий приготовления комбикормов в колхозах и

совхозах: автореферат дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Сыроватка Владимир Иванович. – М., 1976. – 27 с.

99. Алешкин, В. Р. Повышение эффективности процесса и технических средств механизации измельчения кормов: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.01 / В. Р. Алешкин. – СПб.; Пушкин, 1995. – 38 с.

100. Методы оценки технического уровня машин и оборудования: учебное пособие для студентов УВО по специальностям магистратуры «Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции», «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства», «Технический сервис в агропромышленном комплексе», «Техническое обеспечение хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» / Д. А. Жданко, Т. А. Непарко. – Минск: БГАТУ, 2022. – 112 с.

101. Новые подходы к разработке методики определения нормативов потребности в сельскохозяйственной технике / А. В. Новиков, Д. А. Жданко, Т. А. Непарко, А. М. Новик // Агропанорама. – 2019. – № 3(133). – С. 10–13.

102. Методики определения показателей состава и использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия / А. В. Новиков, Д. А. Жданко, Т. А. Непарко, А. М. Новик // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК, Минск, 06–07 июня 2019 года. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2019. – С. 222–230.

103. Бердышев, В. Е. Методология оценки качества функционирования зерноуборочных комбайнов / В. Е. Бердышев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 2(76). – С. 85–89.

104. Бердышев, В. Е. Комплексный показатель качества работы зерноуборочного комбайна / В. Е. Бердышев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – № 2(18). – С. 143–150.

105. Бердышев, В. Е. Теоретическое определение комплексного показателя эффективности работы зерноуборочных комбайнов / В. Е. Бердышев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – № 3(19). – С. 168–172.

106. Coffey D, Dawson K, Ferket P, Connolly A. Review of the feed industry from a historical perspective and implications for its future. *Journal of Applied Animal Nutrition*. 2016;4:e3. doi:10.1017/jan.2015.11.

107. 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.

108. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции: РД 50-149-79 / Гос. ком. СССР по стандартам; [Отв. исполн. к. т. н. М. И. Примаков и др.]. – Москва: Издательство стандартов, 1979. – 123 с.

109. 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.

110. ГОСТ 22851-77 Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции: основные положения. – М. : Государственный комитет стандартов совета министров СССР, 1977. – 12 с.

111. 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.

112. Методика определения народно-хозяйственного экономического эффекта, получаемого в результате внедрения новой техники / Центр. экон.-матем. институт АН СССР. – Препринт. – Москва, 1972. – 66 с.

113. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений / Госплан СССР. Госстрой СССР. АН СССР. – Москва: Экономика, 1969. – 14 с.

114. Коренько, А. А. Оценка экономической эффективности внедрения инновационного оборудования / А. А. Коренько // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки*. – 2011. – № 10(102). – С. 70–75.

115. Методические рекомендации по технологическому проектированию предприятий по производству комбикормов РД-АПК 1.10.17.01-15 / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуров, В. Я. Гольдяпин [и др.]; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2015. – 104 с.

116. Обеспечение технологичности конструкции изделий машиностроения и приборостроения: Метод. рекомендации. МР 186-85 / ВНИИ по нормализации в машиностроении. – Москва: ВНИИНмаш, 1985. – 52 с.

117. Бокова, Л. Г. Разработка показателей для оценки производственной технологичности деталей в системе планирования технологических процессов механообработки / Л. Г. Бокова, П. Ю. Бочкарев // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2015. – № 3-1(33-1). – С. 29–35.

118. Методическое пособие по определению энергозатрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока европейской части Российской Федерации / Ф. Ф. Мухамадьяров и др. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 1997. – 62 с.

119. 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.

120. Надежность и эффективность в технике: справочник. В 10 т. Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1986. – 328 с.

121. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т. / редсовет: В. С. Авдеевский, акад. АН СССР (пред.) [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986–1990. – 223 с.

122. РД-АПК 1.10.17.01-15 «Методические рекомендации по технологическому проектированию предприятий по производству комбикормов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://e-ecolog.ru/docs/ch73A1eKMkm5oaGlFe4PP?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F](https://e-ecolog.ru/docs/ch73A1eKMkm5oaGlFe4PP?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F) (дата обращения: 13.05.2025)

123. Подиновский, В. В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. – М.: Физматлит, 2007. – 64 с.

124. Федорова, О. А. Комплексный критерий оценки эффективности эксплуатации зерноуборочных комбайнов / О. А. Федорова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 4(28). – С. 181–190.

125. Чкалова, М. В. Система показателей эффективности технологического оборудования в кормопроизводстве // Чкалова М. В., Павлидис В. Д. / Техника и технологии в животноводстве. – 2021. – № 2(42). С. 68–73.

126. Нормы технологического проектирования сельскохозяйственных предприятий по производству комбикормов: НТП-АПК 1.10.16.002-03. Москва: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2003.

127. Симачкова, М. С. Модель подбора комбикормового оборудования / М. С. Симачкова // Сборник статей LXX Международной научно-практической конференции. – Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ». – 2025. – С. 106–108.

128. Симачкова, М. С. Алгоритм функционирования эргатической системы подбора комбикормового оборудования / М. С. Симачкова // Вестник Вятского ГАТУ. – 2025. – № 4(26). – С. 128–135.

129. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024661687 «Программа для оценки комбикормовых линий на стадии их покупки» / М. С. Симачкова, С. Ю. Булатов, Д. С. Иванченко. Заявл. 27.04.2024; опубл. 21.05.2024. Бюл. № 6 – 2 с.

130. 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.

131. Симачкова, М. С. Результаты оценки работоспособности и верификации программы для оценки комбикормовых линий на стадии их приобретения / М. С. Симачкова, С. Ю. Булатов, А. Г. Сергеев, А. Е. Шамин // Вестник НГИЭИ. – 2026. – № 2(177). – С. 7–20.

132. Симачкова, М. С. Интегральная оценка эффективности подбора комбикормового оборудования: методология и результаты лабораторных испытаний / М. С. Симачкова, С. Ю. Булатов, А. Е. Шамин и др. // Техника и технологии в животноводстве. – 2026. – Т. 16, № 1. – С. 76–86.

133. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методы испытаний. Гос.ком. СССР по производственно-техническому обеспечению сельского хозяйства (ОСТ 70.32.2.-83). – М., 1984.

134. Испытания сельскохозяйственной техники: Машины и оборудования для приготовления кормов: Методы испытаний (РД. 10.19.2.-90) – М., 1990. – 20 с.

135. СТО АИСТ 19.2-2008 - Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей. Минск: Минсельхозпрод, 2008. – 47 с.

136. НТП-АПК 1.10.16.001-02 Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов. Введ. 2002-05-01. – М. : Министерство сельского хозяйства российской федерации, 2002. – 57 с.

137. ГОСТ 18221-2018 Комбикорма полнорационные для сельскохозяйственной птицы. Общие технические условия. – М. : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2018. – 20 с.

138. ГОСТ Р 51550-2000 Комбикорма-концентраты для свиней. Общие технические условия. – М. : Государственный стандарт Российской Федерации, 2000. – 10 с.

139. ГОСТ 9268-2015 Комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота. Технические условия. – М. : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2015. – 22 с.

140. Макаров, Ю. И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов. / Ю. И. Макаров – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.

141. ГОСТ 13496.0–80 «Комбикорма, сырьё. Методы отбора проб». – М. : Стандартиформ, 2011. – 6 с.

142. ГОСТ Р 51899-2002 «Комбикорма гранулированные. Общие технические условия». – М. : Госстандарт России, 2002. – 11 с.

143. ГОСТ 13496.8–72 «Комбикорма. Методы определения крупности размола и содержания не размолотых семян культурных и дикорастущих растений». – М. : Стандартиформ, 2011. – 3 с.

144. ГОСТ 13496.13-2018 «Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов». – М. : Стандартиформ, 2018. – 9 с.

145. ГОСТ 13496.392 (ИСО 649683) «Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения влаги». – М. : Стандартиформ, 2018. – 5 с.

146. ГОСТ 28497-2014 «Корма, комбикорма. Метод определения крошимости гранул». – М. : Стандартиформ, 2018. – 7 с.

147. Федоренко, И. Я. Технологические процессы и оборудование для приготовления кормов: учебное пособие / И. Я. Федоренко. – Барнаул: АГАУ, 2004. – 180 с.

148. 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. No 2. – С. 74–83.

149. 1С: Мукомольное, крупяное, комбикормовое и масложировое производство. Клиентская лицензия на 1 рабочее место. Электронная поставка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://datexsoft.ru/shop/1smukomolnoe-krupyanoekombikormovoe-i-maslozhirovoe-proizvodstvo-klientskaya-licenziya-na-1-rabocheemesto/> (дата обращения: 27.01.2026)

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(справочное)

**Дипломы об участии в конференциях**

Федеральный  
научный  
агроинженерный  
центр ВИМ

Federal  
scientific  
agroengineering  
center VIM



Институт  
механизации  
животноводства —  
филиал  
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Institute  
of livestock  
mechanization —  
the filial of VIM

# Сертификат

выдан

**Симачковой  
Марине Станиславовне**

и подтверждает участие  
в XXV Международной  
научно-практической конференции  
(заочный формат)

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ  
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПРОИЗВОДСТВА  
ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА  
С УЧЕТОМ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ  
КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

Директор ИМЖ,  
академик РАН



Ю. А. Иванов

Москва, 26 октября 2022 г.



*Российская Академия Наук*





Федеральный  
научный  
агроинженерный  
центр ВИМ

Federal  
scientific  
agroengineering  
center VIM

# Сертификат

выдан

**Симачковой  
Марине Станиславовне**

и подтверждает участие  
в XXVI Международной  
научно-практической конференции  
(заочный формат)

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
«УМНОЙ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ФЕРМОЙ»**

ВРИО директора ФГБНУ ФНЦ ВИМ,  
академик-секретарь ООХН РАН



Я. П. Лобачевский

Москва, 21 июня 2023 г.



*Российская Академия Наук*





Федеральный  
научный  
агроинженерный  
центр ВИМ

Federal  
scientific  
agroengineering  
center VIM

## Сертификат

выдан

**Симачковой Марине Станиславовне**

и подтверждает участие в XXVIII Международной научно-практической конференции (online-формат) с докладом на тему:

**«Подбор комбикормового оборудования на стадии его покупки»**

20 ноября 2024 г.

XXVIII Международная научно-практическая конференция

**«Научно-техническое обеспечение роботизации и цифровизации процессов в животноводстве»**

Директор  
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,  
академик РАН  
Измайлов А. Ю.



*Российская Академия Наук*

[livestockjournal.ru](http://livestockjournal.ru)



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

# Сертификат

за участие в международной научно-практической конференции  
**«СОВРЕМЕННАЯ АГРОИНЖЕНЕРНАЯ НАУКА И ПРАКТИКА»**

**Симачковой Марине Станиславовне**

ГБОУ ВО Нижегородский государственный инженерно-экономический университет



Ректор  
Казанского государственного  
аграрного университета  
А.Р. Валиев

13 декабря 2024 г.



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ

# СЕРТИФИКАТ

участника

**XVIII Международной  
научно-практической конференции  
«Наука-Технология-Ресурсосбережение»,  
посвященной 95-летию Вятского ГАТУ**

выдан

**Симачковой  
Марине Станиславовне**

ст. преподавателю ГБОУ ВО НГИЭУ

Председатель оргкомитета  
и.о. директора института инженерии  
и агробιοтехнологии, канд. с.-х. наук



Софронов Е.А.

Киров, 03 февраля 2025 г.



Всероссийское общество  
научных исследователей

# ДИПЛОМ

## III место

16.08.2024 – XIV Международный конкурс научно-исследовательских работ

Марина Станиславовна Симачкова

Технические науки

Анализ технологических линий и оборудования для приготовления комбикормов



Председатель жюри

79104427/0

Свидетельство о регистрации СМИ в сфере образования  
ЭЛ № ФС77-78831 от 28.08.2020 г. ИНН 643924545518 ОГРН ИП 320645100000691

ЦИФРОВАЯ НАУКА  
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА

# ДИПЛОМ

**ПОБЕДИТЕЛЯ I СТЕПЕНИ**

НАГРАЖДАЕТСЯ

**Симачкова Марина Станиславовна**

ГБОУ ВО НГИЭУ

**В XXIX МЕЖДУНАРОДНОМ КОНКУРСЕ  
НАУЧНЫХ РАБОТ**

**Название работы:** Программа для оценки комбикормовых линий на стадиях покупки

**Направление:** Технические науки

**Номинация:** Научно-исследовательский отчеты

Научный руководитель:



Руководитель НОП «Цифровая наука»

**Емельянов Н.В.**



№ 711-25-527

01.03.2025

Свидетельство о регистрации СМИ в сфере образования  
ЭЛ № ФС77-78831 от 28.08.2020 г. ИНН 64392454518 ОГРН ИД № 20645100000691

ЦИФРОВАЯ НАУКА  
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА

# ДИПЛОМ

**ПОБЕДИТЕЛЯ II СТЕПЕНИ**

НАГРАЖДАЕТСЯ

**Симачкова Марина Станиславовна**

ГБОУ ВО НГИЭУ

**В XXIX МЕЖДУНАРОДНОМ КОНКУРСЕ  
НАУЧНЫХ РАБОТ**

**Название работы:** Оценка рыночной надежности продавцов комбикормового оборудования

**Направление:** Технические науки

**Номинация:** Научные статьи

Научный руководитель:



Руководитель НОП «Цифровая наука»

**Емельянов Н.В.**



№ 711-25-526

01.03.2025

Свидетельство о регистрации СМИ в сфере образования  
ЭЛ № ФС77-78831 от 28.08.2020 г. ИНН 643924545518 ОГРНИП 320645100000691



ЦИФРОВАЯ НАУКА  
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА

# СЕРТИФИКАТ

ПОДТВЕРЖДАЕТ, ЧТО

**Симачкова Марина Станиславовна**

ГБОУ ВО НГИЭУ

ПРИНЯЛ(-А,-И) УЧАСТИЕ

В МЕЖДУНАРОДНОМ КОНКУРСЕ  
«ЛУЧШАЯ НАУЧНАЯ РАБОТА 2025»

**Название работы:** Оценка рыночной надежности продавцов комбикормового оборудования

**Направление:** Технические науки

**Номинация:** Научные статьи

Научный руководитель:



Руководитель НОП «Цифровая наука»

**Емельянов Н.В.**

№ 742-25-249

10.05.2025

Свидетельство о регистрации СМИ в сфере образования  
ЭЛ № ФС77-78831 от 28.08.2020 г. ИНН 643924545518 ОГРНИП 320645100000691



ЦИФРОВАЯ НАУКА  
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА

# СЕРТИФИКАТ

ПОДТВЕРЖДАЕТ, ЧТО

**Симачкова Марина Станиславовна**

ГБОУ ВО Нижегородский государственный инженерно-экономический университет

**ПРИНЯЛ(-А,-И) УЧАСТИЕ**

**В МЕЖДУНАРОДНОМ КОНКУРСЕ  
«ЛУЧШАЯ НАУЧНАЯ РАБОТА 2025»**

**Название работы:** АНАЛИЗ ПРОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОМБИКОРМОВОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ

**Направление:** Технические науки

**Номинация:** Научные статьи

Научный руководитель:



Руководитель НОП «Цифровая наука»

**Емельянов Н.В.**

№ 742-25-735

10.05.2025



Министерство  
образования и науки  
Нижегородской области



Государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный  
инженерно-экономический университет»

# Грамота

*вручается*

*Симаковой Марине Станиславовне,*

*занявшему(ей) I место  
в секции*

*«Современные проблемы науки  
и производства в агроинженерии»*

*V Международной  
научно-практической конференции  
«Актуальные проблемы науки и техники  
в современном мире»*

*Ректор НТИЭУ*



*А.Е.Шамин*

*Княгинино  
2025 г.*

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024661687

Программа для оценки комбикормовых линий на  
стадии их покупки

Правообладатель: *Государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
"Нижегородский государственный инженерно-  
экономический университет" (RU)*

Авторы: *Булатов Сергей Юрьевич (RU), Симачкова Марина  
Станиславовна (RU), Иванченко Дмитрий Сергеевич  
(RU)*

Заявка № 2024619266

Дата поступления 27 апреля 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 21 мая 2024 г.



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат 429b6a0fe3b53164ba196483b73b4aa7  
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**  
Действителен с 10.05.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### ТЕСТ-КЕЙС 1

#### Корректность ввода данных комбикормового оборудования в зависимости от требований производства

**Описание:** проверка корректности ввода данных комбикормового оборудования в зависимости от требований производства (мощность, производительность и др.). Оценка возможности выбора приоритетов критериев оценки.

**Предусловия:**

- имеется список доступного оборудования с техническими характеристиками;
- определены параметры производственной задачи (объем, тип сырья, желаемая производительность и др.) и приоритеты оценки.

**Шаги.**

1. Подобрать оборудование, соответствующее параметрам производственной задачи:
  - объем производства (т/ч)
  - требуемые функции (измельчение, смешивание, гранулирование и т.д.)
  - требуемые приоритеты оценки.
2. Ввести параметры выбранного оборудования в программу.
3. Проверить корректность ввода параметров оборудования на соответствие заданным параметрам.
4. Проверить возможность выбора приоритетов критериев оценки оборудования в программу.

**Ожидаемый результат:**

- система производит корректный ввод параметров оборудования, учитывая все входные параметры;
- система позволяет выбирать приоритеты критериев оценки оборудования.

**Фактический результат:**

*Входные данные:*

- масса оборудования: 1,5 т
- производительность установки: 5 т/ч
- мощность установки: 48 кВт
- габаритные размеры установки: 3x4x4, м
- цена линии: 1 000 000 руб.
- стоимость доставки: 40 000 руб.
- процентная составляющая монтажа: 50 %
- суточный объем работ: 11 т/сут
- гарантийный период: 1 год
- количество обслуживающего персонала: 1 чел
- заработная плата обслуживающего персонала: 40 000 руб.

Приоритеты критериев оценки: коэффициент энергетических затрат (10), коэффициент компактности (9), коэффициент экономических затрат (5), остальные показатели – значимость равна нулю.

*Этапы проверки:*

1. Определение потребности в оборудовании: вводим необходимые производственные параметры в программу (входные данные).

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Обозначение	Формула для расчета	Линия 1
<b>ПОКАЗАТЕЛИ ЛИНИИ</b>					
1	Масса оборудования в линии	т	M	-	1,5
2	Пропускная способность линии (производительность паспортная)	т/ч	Q	-	5
3	Суммарная мощность оборудования, входящего в линию	кВт	N	-	48
4	Габаритные размеры линии:				
	длина	м	a	-	4
	ширина		b	-	3
	высота		c	-	4
5	Площадь, занимаемая линией	м2	Fl	Fl=a*b	
6	Объем, занимаемый линией	м3	Vl	Vl=a*b*c	
7	Цена линии	руб	C	-	1000000
8	Стоимость доставки	руб	D	-	40000
9	Стоимость монтажа	руб	PN	PN=C%/100	
10	Процентная составляющая монтажа	доли	%	-	50
11	Суточный объем работ	т/день	S	-	11
12	Гарантийный период	ч	tгар	-	8760
		т	Vгар	Vгар=S*tгар	
13	Зарплата обслуживающего персонала	руб	ЗП	-	40000
14	Обслуживающий персонал	чел	пч	-	1

2. Произвести вычисление расчетных параметров исходных данных (площадь и объём, занимаемые оборудованием, стоимость монтажа, гарантийный период (т/день)).

Подбор комбикормового оборудования

Оценка рыночной надежности | Нормированные значения приоритетов критериев оценки | Матрица смежности для оценки значимости критериев | Ранговый подход

Метод стандартизации | Комплексные показатели

Исходные данные | Оценка энергоэффективности | Оценка ресурсоэффективности | Оценка экономической эффективности | Оценка качества

Количество линий: 1 | Загрузить данные: Данные КМ АГРО.csv | Округление значений до: 6 знаков после запятой | Рассчитать | Сохранить данные | Очистить данные | Разблокировать значения

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Обозначение	Формула для расчета	Линия 1
1	Масса оборудования в линии	т	M	-	1,5
2	Пропускная способность линии (производительность паспортная)	т/ч	Q	-	5
3	Суммарная мощность оборудования, входящего в линию	кВт	N	-	48
4	Габаритные размеры линии:				
	длина	м	a	-	4
	ширина		b	-	3
	высота		c	-	4
5	Площадь, занимаемая линией	м2	Fl	$Fl=a*b$	12
6	Объем, занимаемый линией	м3	Vл	$Vл=a*b*c$	48
7	Цена линии	руб	Ц	-	1000000
8	Стоимость доставки	руб	Д	-	40000
9	Стоимость монтажа	руб	ПН	$ПН=\%*Ц/100$	500000
10	Процентная составляющая монтажа	доли	%	-	50
11	Суточный объем работ	т/день	S	-	11
12	Гарантийный период	ч	tгар	-	8760
		т	Vгар	$Vгар=S*tгар$	96360
13	Зарплата обслуживающего персонала	руб	ЗП	-	40000
14	Обслуживающий персонал	чел	лч	-	1

3. Произвести выбора приоритетов критериев оценки оборудования.

Подбор комбикормового оборудования

Исходные данные | Оценка энергоэффективности | Оценка ресурсоэффективности | Оценка экономической эффективности | Оценка качества

Метод стандартизации | Комплексные показатели

Оценка рыночной надежности | Нормированные значения приоритетов критериев оценки | Матрица смежности для оценки значимости критериев | Ранговый подход

Критерии оценки	Линия 1	Значимость
Кэффициент энергетических затрат	1	10
Кэффициент компактности	6	9
Кэффициент технологичности	1	8
Кэффициент использования оборудования в сутки	0,091667	8
Кэффициент комплектации Од/Ц (по цене)	0,0001	8
Кэффициент комплектации Орф/Осум	11	8
Кэффициент унификации	1	8
Савт/Собц (по операциям)	1	8
Тавт/Тсут (по времени)	0,909091	8
Кэффициент экономических затрат	1	5

*Критерии успешности:*

- ввод исходных данных рассматриваемого типа оборудования соответствует заявленным требованиям (входные данные);
- корректность ввода параметров оборудования на соответствие заданным параметрам подтверждена;
- система позволяет выбирать заданные приоритеты критериев оценки оборудования в программу и задавать их значимость;
- время отклика системы находится в пределах нормы (без задержек).

Данный тест-кейс подтверждает работоспособность и корректность системы подбора комбикормового оборудования, обеспечивая правильное выполнение задания в рамках реальных производственных ситуаций.

**Статус:** (ПРОЙДЕН / не пройден).

**ТЕСТ-КЕЙС 2:**

**Работа при малых и больших значениях количеств рассматриваемых линий и количестве знаков после запятой**

**Цель:** проверка работы программы при условии равенства исходных данных, но изменяется количество исследуемых линий и различно количество знаков после запятой.

**Предусловия:**

- имеется список доступного оборудования с техническими характеристиками;
- параметры производственной задачи (объем, тип сырья, желаемая производительность и др.) для всех исследуемых линий одинаковы.

**Шаги.**

Проверить работу программы при минимальных и максимальных возможных значениях переменных, используемых в расчетах. Это позволит выявить возможные проблемы округления чисел.

Запустить программу с различными наборами реальных производственных данных.

**Ожидаемый результат:** система работает корректно, независимо от количества рассматриваемых вариантов и количестве знаков после запятой.

**Фактический результат:**

**Сценарий 1.** Рассмотрен пример, когда в программу внесены данные по одной технологической линии. Количество знаков после запятой – 3 и 8 (8 – максимальное значение знаков после запятой, предусмотренное программой). Это объясняется тем, что числа с большим количеством десятичных знаков начинают терять свою точность вследствие ограниченности битового представления. Например, при представлении большого числа в двоичном формате неизбежно возникают ошибки округления, особенно заметные начиная с восьмого-девятого знака после запятой. Также в большинстве практических приложений высокая точность не требуется. Обычно достаточно трех-четырёх знаков после запятой для большинства инженерных и экономических расчетов. Ограничивая точность восемью знаками, упрощается код и предотвращаются ненужные проблемы с точностью.

Программа корректно произвела ввод и расчет исходных данных для одной линии, учитывая указанную точность расчетов, как при трех, так и при восьми знаках после запятой.

Расчет показателей эффективности также выполнен корректно. Обращает внимание, что при большем количестве знаков после запятой программа выдает некоторые показатели (например, энергоёмкость, приходящаяся на 1 час работы оборудования) в более точном формате.



**ТЕСТ-КЕЙС 3:****Работа с ошибочными значениями исходных данных**

**Цель:** оценить реакцию программы на некорректные или отсутствующие значения ввода.

**Описание сценария:**

- введенные значения имеют недопустимый диапазон (например, отрицательная производительность).
- не введено значение параметра.
- некорректные форматы данных (например, буквы вместо цифр)

**Ожидаемый результат:** **появляется сообщение об ошибке, выводится предупреждение пользователю.**

**Фактический результат.**

**Сценарий 1.** Введены значения, выходящие за рамки допустимого диапазона, например, отрицательную производительность оборудования. Такая ситуация является физически бессмысленной и может привести к некорректному поведению программы или выдаче неверных результатов анализа.

При введении значения производительности 0 – система никак не реагирует, при отрицательном значении – автоматически убирает знак минус.

**Статус теста:** (**ПРОЙДЕН** / не пройден).

**Сценарий 2.** Пользователь пытается запустить расчёт или провести операцию в программе, не заполнив одно или несколько обязательных полей. Например, пользователь забывает указать значение необходимого параметра, такого как производительность оборудования.

Эти значения являются некорректными, поскольку производительность и потребляемая мощность не могут иметь отрицательных величин.

№ п/п	Показатель	Единица измерения	Обозначение	Формула для расчета	Лист 1	Лист 2	Лист 3	Лист 4	Лист 5
1	Масса оборудования в линии	т	М	-	0,57	0,56	0,784	0,51	0,517
2	Производственная способность линии (производительность паровозов)	т/ч	Q	-	Заполните поле!	Заполните поле!	1,5	1,5	1,5
3	Суммарная мощность оборудования, потребляемая в линии	кВт	И	-	13,40	13,67	17,57	18	13,2
4	Габаритные размеры линии	м	В	-	3,405	3,115	3,7	1,5	2,4

При отсутствии значения параметра «производительность», программа выведет окно или всплывающее сообщение: «Заполните поле!» и выделяет соответствующее поле другим цветом, чтобы визуально привлечь внимание пользователя к незаполненному полю. Форму нельзя отправить дальше, пока недостающие данные не будут введены.

№ п/п	Показатель	Единица измерения	Обозначение	Формула для расчета	Лист 1	Лист 2	Лист 3	Лист 4	Лист 5
1	Масса оборудования в линии	т	М	-	0,57	0,56	0,784	0,51	0,517
2	Производственная способность линии (производительность паровозов)	т/ч	Q	-	Заполните поле!	Заполните поле!	1,5	1,5	1,5
3	Суммарная мощность оборудования, потребляемая в линии	кВт	И	-	13,40	13,67	17,57	18	13,2
4	Габаритные размеры линии	м	В	-	3,405	3,115	3,7	1,5	2,4

**Статус теста:** (**ПРОЙДЕН** / не пройден).

**Сценарий 3.** Иногда пользователи вводят данные в неправильном формате, что приводит к проблемам в обработке информации. Типичный случай – попытка вставить буквенный символ туда, где должен стоять цифровой показатель (например, производительность оборудования: «три тонны в час» (слова вместе с единицами измерения вместо чистого цифрового значения)). Подобные случаи возникают из-за невнимательности или непонимания интерфейса программы.

Такие значения совершенно непригодны для дальнейшего расчёта, так как система ожидает число, а не текстовую строку.

№ п/п	Показатель	Единица измерения	Обозначение	Формула для расчета	Лист 1	Лист 2	Лист 3	Лист 4	Лист 5
1	Масса оборудования в линии	т	М	-	0,57	0,56	0,784	0,51	0,517
2	Производственная способность линии (производительность паровозов)	т/ч	Q	-	Заполните поле!	Заполните поле!	1,5	1,5	1,5
3	Суммарная мощность оборудования, потребляемая в линии	кВт	И	-	13,40	13,67	17,57	18	13,2
4	Габаритные размеры линии	м	В	-	3,405	3,115	3,7	1,5	2,4

Система проверяет введённую информацию и определяет несоответствие формата заданным требованиям. Предоставляется наглядное уведомление о неправильно введённых данных. Например, появится сообщение в роде: «Заполните поле!».

**Статус теста:** (**ПРОЙДЕН** / не пройден).

**ИТОГ.** Реализация подобных механизмов значительно улучшает опыт взаимодействия пользователя с системой и предотвращает получение неверных или отсутствующих результатов расчёта.

**ТЕСТ-КЕЙС 4:**

**Подбор комбикормового оборудования по техническим и производственным параметрам (в соответствии с заданными приоритетами)**

**Цель:** проверить корректность и полноту подбора оборудования в зависимости от заданных параметров производства комбикорма.

**Предусловия:**

- наличие данных по нескольким линиям с их характеристиками (мощность, производительность, тип сырья и т.п.).
- определены исходные параметры задачи: объем производства и др. приоритетные параметры.

**Шаги теста:**

1. Ввод исходных данных.
  - Задать целевой объем производства (т/час).
  - Дополнительные параметры: желаемая энергоэффективность, степень автоматизации, габариты оборудования.
2. Запуск процедуры подбора.
  - Инициировать поиск и фильтрацию оборудования согласно заданным параметрам.
3. Проверка результата подбора.
  - Убедиться, что список оборудования включает модели, полностью подходящие под технологические требования.
  - Проверить правильность выбора приоритетов оценочных критериев.
4. Анализ расчётов.
  - Проверить корректность расчетов комплексных показателей в соответствии с выбранными приоритетами.
5. Проверка отображения и отчетности.
  - Убедиться, что система выводит понятные результаты о рассчитанных показателях в соответствии с заданными приоритетами.

**Ожидаемый результат:**

- технические характеристики подобранных агрегатов полностью покрывают требования производственного задания;
- расчеты демонстрируют полную информацию для обоснованного выбора.

**Фактический результат.**

Заданы исходные данные и технические характеристики по трем технологическим линиям

Заданы значимости критериев:

Программа рассчитала комплексные показатели по всем 3 линиям. Расчет по предлагаемым 4 методам также произведен корректно.

**Статус теста:** (**ПРОЙДЕН** / не пройден)

**ИТОГ.** Программа правильно выбирает подходящее оборудование на основании установленных приоритетов и их значимости. Пользователю предоставляются удобные возможности для изменения критериев и повторения процесса выбора. Данный тест позволяет определить, насколько эффективно программа справляется с задачей выбора оптимального оборудования, учитывая разнообразные факторы и предпочтения заказчика.

**ТЕСТ-КЕЙС 5:**  
**Анализ распределения классов**

**Цель:** провести анализ распределения классов в коде программы.

**Описание сценария:** пользователь проводит анализ классов ishDataCalc, energoEffectCalc и resursEffectCalc.

**Ожидаемый результат:** распределение классов способствует структурированному и всестороннему анализу производственных показателей с учётом энергоресурсов и технологий.

**Фактический результат.**

**АНАЛИЗ:**

**Класс ishDataCalc — исходные данные**

Хранятся списки параметров, связанных с физическими и экономическими характеристиками линии и помещений:

- Площадь и объём линии (sLine, vLine)
- Стоимость монтажа (priceMontag)
- Гарантийный период (warrantyPeriod)
- Суточное время работы оборудования (sutTime)
- Площадь и объём производственного помещения (sPom, vPom)

*Это базовые параметры, на основе которых строятся последующие расчёты.*

**Класс energoEffectCalc – оценка энергоэффективности**

- Относительные показатели (не списки):

- Удельный расход электроэнергии на единицу продукции и объёма продукции (udelRashodProd, udelRashodVProd)
- Удельный расход электроэнергии на персонал (udelRashodPers)
- Уровень интенсификации (urIntens)

- Абсолютные и безразмерные показатели (списки):

- Совокупные затраты электроэнергии за гарантийный период (sumZatr)
- Прямые затраты энергии (directCost)
- Энергозатраты живого труда (enZatrTrud)
- Энергоёмкость на час работы оборудования (enEmkHour)
- Энергоёмкость помещения (enEmkProizvPom)
- Коэффициент энергетических затрат (ktEnZatr)

*В данном классе переменные описывают как суммарные энергозатраты, так и нормированные показатели, позволяя анализировать энергоэффективность оборудования и производственных площадей.*

**Класс resursEffectCalc – оценка ресурсоэффективности**

- Технологические и абсолютные показатели:

- Годовое время использования оборудования (yearTimeUsed)
- Время использования за гарантийный период (timeUsedWarrantyPeriod)

- Относительные показатели (на единицу мощности, персонала, размеров помещений и оборудования):

- Удельная производительность (udelProizvPower, udelProizvPers)
- Удельная производительность относительно размеров помещений (udelSizePom\_Vzd, udelSizePom\_Fzd)
- Удельная производительность по габаритным размерам оборудования (udelProizvGabSize\_M, udelProizvGabSize\_Vm, udelProizvGabSize\_Fm)

- Технологическая металлоёмкость (tehMetallEmk)

- Безразмерные коэффициенты:

- Коэффициент компактности (ktCompact)
- Коэффициент технологичности (ktTehn)
- Коэффициент использования оборудования в сутки (ktUsedDay)

*Этот класс обеспечивает анализ эффективности использования оборудования и ресурсов, включая как абсолютные, так и нормированные показатели.*

**ИТОГ.**

1. Переменные первого класса задают исходную базу данных для расчётов.
2. Второй класс оценивает энергоэффективность, позволяя анализировать энергозатраты как в сумме, так и в расчёте на продукцию и персонал.
3. Третий класс фокусируется на ресурсоэффективности – времени использования, производительности на различные параметры и технологических коэффициентах.

*Такое распределение переменных способствует структурированному и всестороннему анализу производственных показателей с учётом энергоресурсов и технологий.*

**ТЕСТ-КЕЙС 7:****Анализ распределения глобальных переменных**

**Цель:** провести анализ распределения глобальных переменных в коде программы.

**Описание сценария:** пользователь проводит анализ классов ishDataCalc, energoEffectCalc и resursEffectCalc.

**Ожидаемый результат:** распределение переменных способствует структурированному и всестороннему анализу производственных показателей с учётом энергоресурсов и технологий.

**Фактические результаты.**

Анализ:

Обзор и классификация глобальных переменных из перечисленных классов с указанием их назначения в рамках расчётов:

**ECONOMEFFECTCALC – ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

- *Абсолютные показатели:*

- kapital (List) – капитальные вложения (инвестиции)
- yearZatr – годовые затраты на отопление и электроэнергию
- salaryPers – зарплата обслуживающего персонала

- *Относительные показатели (на единицу продукции, персонала, площади, мощности):*

- udelKapEdProd – удельные капиталовложения на единицу произведённой продукции
- udelKapEdPers – на единицу персонала
- udelKapGabSize\_Vzd, udelKapGabSize\_Fzd – на габаритные размеры занимаемой площади
- udelKapWarranty – на единицу продукции, произведённой за гарантийный период
- udelKapPower – на единицу потребляемой мощности

- *Безразмерные показатели:*

- ktKompl\_Od, ktKompl\_Orf – коэффициенты комплектации
- ktEconomZatr – коэффициент экономических затрат

*Эти переменные отражают финансовые затраты и инвестиции в оборудование и производство, а также характеристики экономической эффективности.*

**QUALITYCALC – ОЦЕНКА КАЧЕСТВА**

- ktUnif – коэффициент унификации
- ktUrAuto\_Or – коэффициент уровня автоматизации по операциям
- ktUrAuto\_T – коэффициент уровня автоматизации по времени

*Отвечают за качество технологического процесса с точки зрения стандартизации и автоматизации.*

**KOMPLPOKAZCALC – КОМПЛЕКСНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

- virChisl (List) – выражение числителя формулы
- stepChis – степень числителя
- virZnam (List) – выражение знаменателя
- stepZnam – степень знаменателя
- sqrtVirChisl (List) – корни из числителя
- sqrtVirZnam (List) – корни из знаменателя
- integrPokaz – интегральный показатель эффективности подбора оборудования

*Используются для вычисления комплексного интегрального показателя, объединяющего различные характеристики.*

**RINNAD – РЫНОЧНАЯ НАДЕЖНОСТЬ**

- getRang – объект класса для определения ранга (вероятно показатели рыночной позиции)
- condE7 – значение из столбца «Основной вид деятельности» для анализа надёжности рынка

*Обеспечивает анализ и ранжирование рыночной надёжности.*

**METHODSFORDATAGRID – РАБОТА С ЭЛЕМЕНТОМ ТАБЛИЦ DATAGRI**

- dataWidth – начальная ширина таблицы
- lineColumns – столбцы, относящиеся к линиям
- ind – индекс (для внутреннего использования)
- znach – коллекция значений коэффициентов с их значимостями
- selectRows – коллекция индексов выбранных строк
- selectRowsList – коллекция выбранных строк как объектов DataGridViewRow

*Используются для управления таблицами и пользовательским выбором данных в интерфейсе.*

*Каждый класс и набор переменных чётко разграничены по функционалу: экономические показатели, качество, комплексные расчёты, рыночный анализ и управление таблицами. Такое разделение облегчает структурированный расчёт, поддержку и развитие программного комплекса.*

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С ГЛОБАЛЬНЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ:**

- При использовании глобальных переменных рекомендуется ограничить их область видимости, где возможно, чтобы избежать конфликтов и упростить тестирование.
- Для списков (kapital, virChisl, virZnam и т.п.) важно четко контролировать наполнение, очистку и использование индексов.
- Значения безразмерных коэффициентов (ktKmpl\_Od, ktEconomZatr) следует документировать и использовать согласно принятым формулам и стандартам предприятия или отрасли.
- В классах, работающих с UI (methodsForDataGrid), следует аккуратно обрабатывать изменение состояний пользовательского выбора, синхронизируя их с внутренними расчетами.

**ИТОГ.** Переменные из перечисленных классов образуют взаимосвязанную систему для анализа экономической эффективности, качества, комплексного показателя и рыночной надежности. Правильная организация, четкое документирование и контроль за их изменениями позволят построить надежный и удобный инструмент для оценки и принятия решений.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

(справочное)

**Опросный лист для покупателей комбикормового оборудования**

1. Название организации: \_\_\_\_\_
2. Место расположения (область, район): \_\_\_\_\_

---

3. поголовье и вид животных в хозяйстве, для которых производится комбикорм: \_\_\_\_\_

---

4. Суточная потребность в комбикормах, тонн: \_\_\_\_\_
5. Комбикорма в организации собственного производства или покупные? \_\_\_\_\_

---

6. Если комбикорм закупается, то каковы доля от общей потребности в комбикормах и их стоимость? \_\_\_\_\_
7. Нуждается ли ваше хозяйство в комбикормовом оборудовании? Если да, то в каком? \_\_\_\_\_

---

8. Укажите способ хранения исходных компонентов (напольное хранение; бункера): \_\_\_\_\_

---

9. Необходимость в дополнительных операциях (гранулирование, экструдирование, экспандирование, ...): \_\_\_\_\_
10. Ограничение при подключении оборудования по потребляемой мощности, кВт: \_\_\_\_\_

---

11. Необходимость автоматизации процесса производства комбикорма (не нужна; частичная (управление несколькими операторами); полная автоматизация (минимум управления оператором)): \_\_\_\_\_

---

12. Вы планируете новое строительство, полную или частичную реконструкцию существующего производства? Габариты помещения (длина, ширина, высота): \_\_\_\_\_

---

13. Важно ли для вас, чтобы оборудование и комплектующие были доступны к покупке на территории РФ? \_\_\_\_\_
14. Важна ли для вас оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охранными документами? \_\_\_\_\_
15. Какие показатели вам важны при подборе комбикормового оборудования? \_\_\_\_\_

---

16. Учитываете ли вы при покупке оборудования рыночный рейтинг фирм-продавцов?: \_\_\_\_\_

---

17. Учитываете ли вы при покупке оборудования отзывы предыдущих покупателей?: \_\_\_\_\_
18. Расставьте приоритеты по критериям (для каждого критерия можно поставить любое значение в пределах от 0 до 10)

Критерии оценки	Значимость критерия (0...10)
Энергозатраты оборудования на производство единицы комбикорма	
Компактность оборудования при его расположении в производственном помещении	
Производительность оборудования	
Время работы оборудования в сутки (степень загрузки оборудования)	
Доступность оборудования и его комплектующих к покупке на территории РФ (наличие в оборудовании импортных составляющих)	
Патентная чистота оборудования (оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охранными документами)	
Степень автоматизации процесса производства комбикорма	
Экономические затраты	

Ф.И.О., должность \_\_\_\_\_

Подпись \_\_\_\_\_

М.П.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(справочное)

### Коммерческие предложения для расчета

#### Коммерческое предложение Д.1



www.agrotm.org  
atm@agrotm.org  
тел.8-800-200-16-63

#### Коммерческое предложение по мини комбикормовому заводу производительностью до 1700 кг/час



##### Процесс работы:

Сырье - зерновые компоненты и добавки (шроты, жмыхи) забираются пневматической дробилкой, измельчаются и воздушным потоком направляются в смеситель. Сырье забирается в последовательности от большего содержания в рецепте. Взвешивание происходит электронными/механическими весами со звуковым сигналом, на которых установлен смеситель (благодаря этому происходит точное дозирование компонентов комбикорма). Добавки с процентным содержанием от общей массы менее 7% и имеют фракцию до 3мм (премиксы, соль, фосфаты и т.п.) целесообразнее загружать в дополнительное окно смесителя. После того, как все компоненты загружены, смеситель в течение 10-15 мин перемешивает смесь. Для уменьшения времени смешивания смеситель можно включать уже после забора второго или третьего основного компонента.

Готовый комбикорм через выходной патрубок смесителя разгружается в мешки или шнек для дальнейшей транспортировки.

№	Наименование	Кол-во, шт.	Мощность, кВт	Стоимость, руб.
1	Дробилка вакуумная ДВР-18,5	1	18,5	185 000
2	Смеситель вертикальный СВ-3,7Ш	1	3,37	188 000
3	Весы электронные	1	-	50 000
4	Шкаф управления оборудованием	1	-	20 000
Всего:		4	21,87	443 000

- Габариты для размещения установки: 4\*3\*4,4м.
- Размеры для транспортировки: длина по кузову 5м, ширина по кузову 2,1м, высота 1,8м. Вес 1050кг.
- Срок изготовления: до 7 дней.
- Условия оплаты: 50% предоплата, 50% по уведомлению о готовности
- Условия доставки: самовывоз (РФ, г.Йошкар-Ола, ул. Крылова, д.53), транспортная компания.
- Гарантия: 12 месяцев.

**Александр, +79092904858**

**20.08.2024г.**

## Коммерческое предложение Д.2

**АП АгроПоставка**

143909, Балашиха  
ул. Захарья д. 7 оф. 314

Моб. (8-903-115-04-66)  
8-903-115-04-66  
8-903-144-70-21  
www.agropostavka.ru

### Комбикормовый мини-Завод ПРОК - 1,5 т/ч

- Дробилка с пневматическим забором зерна:
  - Тип ДПМ-15, габаритные размеры 910\*830\*1350мм - Вес: 277 кг.
  - Мощность – **18 кВт**; производительность (по пшенице) до 1,7 т/час
  - Регулировка помола – сменные сита (в ЗИП 4 сита – разного диаметра отверстий)
  - Рабочий орган: молотки - 24 шт. (сталь БСт) + Запасной Комплект Молотков (24 шт.)
  - + Извлекатель в зерно
  - + Сепаратор: с установленным налетом и ком-наполнителем.
  - + Шланг всасывающий: 10 м, диаметр = 100 мм
  - + Шланг нагнетательный: 3 м, диаметр = 125 мм

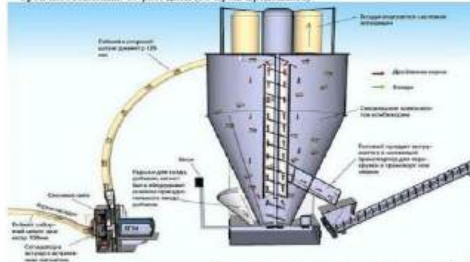
Цена \_\_\_\_\_ 147 700 руб.
- Смеситель: с доп. Шнеком для транспортировки (в доп. Привозим) Более усовершенствованная
  - Тип СВШ-2, ДШ, габаритные размеры без аспирационной системы: высота 2000 мм, диаметр = 1700 мм, Объем – 2,3 м<sup>3</sup>, Вместимость: 1200 кг - Комбикорма
  - Тип смешивания – вертикальный шнек диаметр = 320мм, частота вращения 370об/мин.
  - Привод – эл. двигатель 2,57 кВт – 1500 об/мин
  - + Шланг Аспирационная Рукава: Высота – 1,2 м, рукав диаметр = 400 мм – 5 шт.
  - Вес: 327 кг.
  - Время смешивания: 10 – 15 мин.
  - Сохранность: 92%.
  - Высота выгрузки: 10 мм.

Цена \_\_\_\_\_ 148 877 руб.
- Весы Электронные ДЗВУ (на 3-х Тензодатчиках). Цена: \_\_\_\_\_ 30 700 руб.
- Общий Пульт Управления ПУ ЗФ (15-2,2-0,37-роз) Цена \_\_\_\_\_ 41 700 руб.

**Итого: 368 977 руб.**

+ Доставка, по адресу: \_\_\_\_\_

- Срок изготовления: 15 руб. дней (50 проц. предоплата)



Ваш менеджер: Светлана Алексеева, тел.: 8-903-115-04-66



- доп. Транспортер шнековый (Шнек) – см. шнеки

- Предназначен для пере筛ивания зерна, комбикорма и др. сыпучих материалов в горизонтальное и наклонное направлениях.



Наименование показателя	Величина показателя
Производительность, (т/ч)	5 – 10 – 20 – 50
Мощность, кВт (380 В)	от 1,1 – до 11
Диаметр Трубы, (мм)	100 – 150 – 200 – 300
Возм. Длина, (м)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12
Максимальный угол наклона	55°



Длина Шнека:	2 м.	3 м.	4 м-5 м	6 м-7 м	8 м.	10 м.	12 м.	14 м.
(d 100мм) - до 4 т/ч Цена, руб.	39 870	43 970	49 477 – 57 500	64 700	73 970	87 370	98 770	118 870
(d 120мм) - до 6 т/ч Цена, руб.	43 700	50 970	57 000 – 64 700	72 897	94 877	121 700	149 897	187 970
(d 150мм) - до 10 т/ч Цена, руб.	43 770	53 970	64 700 – 73 500	81 700	100 700	119 700	172 870	208 877
(d 180мм) - до 14 т/ч Цена, руб.	60 770	71 700	83 700 – 93 700	104 700	127 337	157 987	187 187	227 870
(d 200мм) - до 20 т/ч Цена, руб.	60 877	77 197	84 870 – 98 970	104 970	121 700	147 870	193 877	241 977
(d 220мм) - до 25 т/ч Цена, руб.	72 370	80 870	90 897 – 104 300	117 787	144 970	169 377	205 197	253 707
(d 300мм) - до 55 т/ч Цена, руб.	75 870	84 700	94 970 – 109 970	123 497	154 387	191 870	225 897	273 700
(d 320мм) - до 97 т/ч Цена, руб.	85 770	99 870	115 870 – 124 770	152 700	189 370	226 787	262 877	313 707

\*Изготовление Шнеков по индивидуальным заказам и любой ДЛИНОЙ: от 1 метра до 14 м

## Коммерческое предложение Д.3



### Коммерческое предложение

линия производства  
рассыпного комбикорма ЛГК-2000 (с горизонтальным  
смесителем)



#### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНИИ:

**Производительность:** до 2000 т/ч; гранула d=2мм  
**Тип сырья:** зерновые, зернобобовые культуры, относительная влажность до 14%  
**Готовый продукт:** гранулированный комбикорм d=6 мм, 4 мм  
**Установленная мощность:** 202,85 кВт  
**Энергопотребление в рабочем режиме:** 152,1 кВт  
**Температура помещения для оборудования:** 0+

#### ИНФОРМАЦИЯ ПО Поставке:

**Срок изготовления:** до 60 рабочих дней  
**Условия оплаты:** 30% - предоплата, 50% - по уведомлению о готовности  
**Организация доставки:** по дополнительному соглашению  
**Стоимость монтажа:** по дополнительному соглашению  
**Гарантия:** 12 месяцев с возможностью продления  
**Все цены включают НДС\*20%**

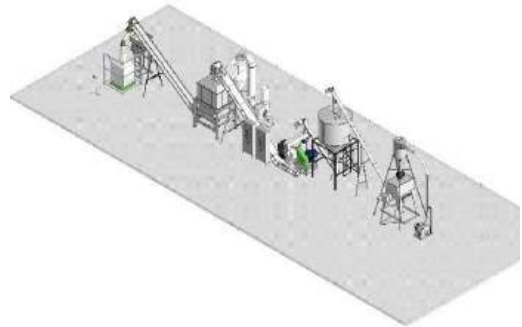
**ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ**  
**7 459 000 рублей**



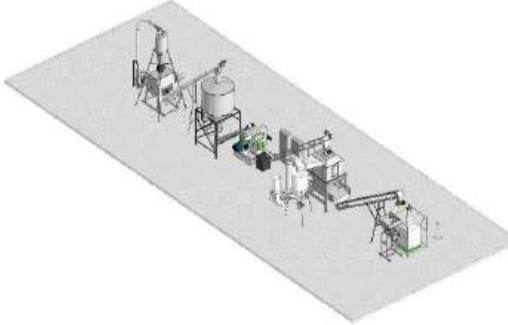
#### Дорогие партнеры!

Прежде всего, хотим поблагодарить вас за интерес, проявленный к нашей компании.  
ALB Group — один из наиболее крупных российских производителей оборудования для изготовления топливных гранул (пеллет), комбикорма и удобрений. Наши сотрудники знают все мельчайшие нюансы, связанные как с оборудованием, так и с рынком в целом. Благодаря богатому опыту в сфере биоэнергетики, наличию собственных производственных площадок и уверенности в качестве реализуемого нами оборудования, ALB Group поможет организовать бизнес по производству гранулированной продукции в максимально короткие сроки и учитывая ваши индивидуальные пожелания.

С уважением,  
компания ALB Group

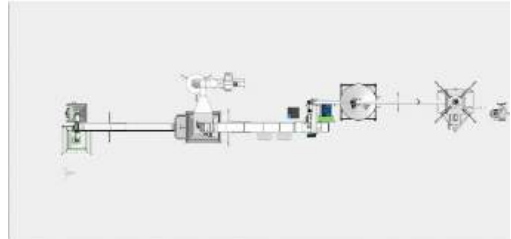


ALB GROUP



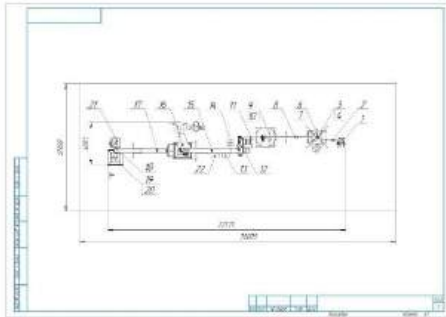
Нижний Новгород, ул. Лермонтова, 12, офис 313  
 +7 (831) 410-80-20  
 albgroup.ru  
 info@albg.ru

ALB GROUP



Нижний Новгород, ул. Лермонтова, 12, офис 313  
 +7 (831) 410-80-20  
 albgroup.ru  
 info@albg.ru

ALB GROUP



Нижний Новгород, ул. Лермонтова, 12, офис 313  
 +7 (831) 410-80-20  
 albgroup.ru  
 info@albg.ru

ALB GROUP

СПЕЦИФИКАЦИЯ КОМПОНОВОЙ ЛИНИИ МК-2000:

№ п/п	Наименование	Единица	Мощность, кВт		Стоимость, руб.	
			Ед.	Общ.	Ед.	Общ.
1	Дробилка ДРП-23	1	22	22	265 000	265 000
2	Металлическая ДРП-22	1	0	0	28 000	28 000
3	Цилиндр СДП-072	1	0	0	21 000	21 000
4	Ролик циллиндра РЦ-БДР-075	1	0	0	10 000	10 000
5	Шнековый двигатель ШД-250	1	1,5	1,5	60 000	60 000
6	Самосвалы кормов горизонтальный СГГ-1	1	9,3	9,3	405 000	405 000
7	Весы электронные ЭВБД-4	1	0	0	104 000	104 000
8	Трансформатор шнековый ТШ-2010-0	1	2,2	2,2	163 000	163 000
9	Блок выключательный ВВ5 (с выключателем)	1	0,25	0,25	179 000	179 000
10	Валковая решетка ручная ВРР-250	1	0	0	48 000	48 000
11	Трансформатор шнековый ТШ-1	1	3	3	160 000	160 000
12	Пресс-гранулятор АГБ-350	1	62	62	2 890 000	2 890 000
13	Пульт управления ПУ-АГБ-350	1	0	0	205 000	205 000
14	Параллелограмм РДЗ-100	1	75	75	237 000	237 000
15	Колесный ленточный сребровый КОС-400-8Г	1	3	3	418 000	418 000
16	Блок электродвигателя РЭО-2000	1	17,5	17,5	305 000	305 000
17	Колесник КОС-300-8	1	1,8	1,8	258 000	258 000
18	Клиновое переключательное устройство КПУ-300 (с монтажом)	1	0,25	0,25	96 000	96 000
19	Ролик сдвигатель РББ-1	1	0	0	37 000	37 000
20	Весы платформенные электронные	1	0	0	87 000	87 000
21	Весовой датчик	1	1	1	750 000	750 000
22	Пульт управления ПУ	1	0	0	315 000	315 000
23	Матрица АГБ-350	1	0	0	240 000	240 000
<b>Итого</b>				<b>262,85</b>		<b>7 459 000</b>

Нижний Новгород, ул. Лермонтова, 12, офис 313  
 +7 (831) 410-80-20  
 albgroup.ru  
 info@albg.ru





#### ХАРАКТЕРИСТИКИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ЛГК-2000



##### Дозатор шнековый ТШ-200

**Назначение:** предназначены для транспортировки сыпучих продуктов (зерно, мука, опилки и т.п.) влажностью до 10%.  
**Диаметр шнека:** 200 мм.  
**Толщина корпуса шнека:** 2 мм.  
**Толщина шнека:** 3,5 мм.  
**Производительность:** до 10 000 кг/час.  
**Примод:** мотор-редуктор серии NMRV.  
**Установленная мощность:** 2,2 кВт.



##### Парогенератор ПЭЭ-100

**Назначение:** При гранулировании парогенератор служит для подачи пара температурой 130-160 °С в сепаратор гранулятора при просоивании. Паровое давление необходимо для размягчения, предварительного разогрева сырья и придания ему пластичности для соблюдения технологического гранулирования.  
**Производительность:** до 100 кг/ч.  
**Мощность:** 35 кВт.  
**Объем котла:** не более 25 л.



##### Весы дозирующее устройство ЭВДУ

**Наибольший предел взвешивания:** 3000 кг;  
**Минимальный предел взвешивания:** 50 кг;  
**Дискретность измерения:** 1 кг;  
**Комплектность датчик – 3 шт., сигнальная коробка – 1 шт.;**  
**Горюχοςобразователь коммутационный – 1 шт.;**  
**Условия эксплуатации:** от -30 до +40°С  
**Срок службы:** до 8 лет.



г. Нижний Новгород,  
ул. Пискарева, 12,  
офис 318



+7 (831) 410-85-25



alb.ru.com  
sales@alb.ru.com



\_alb\_group\_



#### КОМПАНИЯ ALB GROUP:



Комплексные технологии гранулирования для производства пеллет стандарта DIN+, EN plus под ключ



Индивидуальный подход к каждому клиенту



Опыт реализации сотрудниками более 150 проектов в том числе и за рубежом



Сотрудничество с отечественными и зарубежными компаниями-производителями оборудования для изготовления пеллет



Наличие собственных производственных мощностей



Сервисное обслуживание



Возможность продления гарантийного срока



г. Нижний Новгород,  
ул. Пискарева, 12,  
офис 318



+7 (831) 410-85-25



alb.ru.com  
sales@alb.ru.com



\_alb\_group\_

## Коммерческое предложение Д.4



Иск. № 212-23 от «15» ноября 2023 г.

### Коммерческое предложение

Иск. Козымова Екатерина Игоревна, тел. 8 (800) 500-61-33, моб. 8 (909) 405-10-09, эл. почта [info@agrogant.ru](mailto:info@agrogant.ru)

1

Оборудование							
№ п.п.	Наименование и описание	Изображение	Мощность двигателя, кВт	кол-во	Цена, руб. с НДС	Сумма, руб. с НДС	
1	<p><b>Дробилка молотковая ДМП-4 (молотки - 24 шт,решето diam. 4мм), с дв. 30 кВт в сборе:</b></p> <p>Дробилка с пневмозабором ДМП предназначена для измельчения зерновых компонентов комбикорма (пшеница, ячмень, кукуруза, сорго и т.д.) не зерновых компонентов комбикорма (шрот, жмых, травяная мука и т.д.) ракушки, деревянной стружки, гипса и т.д.</p> <p>Габариты, мм 1045 x 732 x 1155 Масса, кг не более 370</p>		30	1	411 620	411 620	
2	<p><b>Смеситель вертикальный двухшнековый СВ-2 с карманом для ввода премиксов и добавок</b></p> <p>Смеситель вертикальный двухшнековый СВ-2 предназначен для смешивания сухих и жидких компонентов комбикорма с возможностью добавления БМВД (белковых минеральных витаминных добавок).</p> <p>Объем бункера смесителя, м³ 2</p> <p>Мощность двигателя, кВт 5,5 / 0,75 / 0,37</p> <p>Однородность смешивания до 98%</p> <p>Влажность исходных компонентов не более 16%</p> <p>Ввод жидких компонентов не более 3%</p> <p>Продолжительность смешивания, мин 2-3</p> <p>Габариты бункера (с установленной системой аспирации), мм Ø1600 x 3500</p> <p>Масса, кг 587</p>		6,62	1	768 350	768 350	
3	<p><b>Конвейер винтовой в трубе D=219мм, L=8500мм.</b></p> <p>Предназначен для транспортирования зерновых и пеллетных компонентов, а также готового комбикорма.</p> <p>Конвейеры работают в комплексе с оборудованием комбикормового цеха, оснащены датчиками подпора, предназначенными для отключения конвейера при переполнении выходного патрубка.</p> <p>Проводимость 1/4 при угле наклона 0°-25°-45°-20-17-10</p>		5,5	1	276 620	276 620	

Иск. Козымова Екатерина Игоревна, тел. 8 (800) 500-61-33, моб. 8 (909) 405-10-09, эл. почта [info@agrogant.ru](mailto:info@agrogant.ru)

2

4	<b>Электронное весовое дозирующее устройство (ЭВДУ)</b> ЭВДУ предназначено для измерения текущего веса продукта в смесителе, и оказания помощи оператору в процессе управления весовой загрузкой компонентов комбикорма в смеситель посредством звуковых сигналов. Дозировка осуществляется по весу и производится по предварительно внесенному в память устройства рецепту.		-	1	167 500	167 500	
5	<b>Пульт управления ПУ</b> Пульт управления обеспечивает пуск и остановку двигателей. Пульт управления ПУ применяется в комплексе приготовления комбикорма для управления пуском дробилки ДМП-4, смесителя СВ-2, загрузкой смесителя, пшеничного питателя добавок и тягучего пшеничного транспортера.		-	1	669 290	669 290	
<b>ИТОГО:</b>						<b>2 293 380</b>	

Коммерческое предложение действительно в течение 10 дней. По истечению срока рассмотрения коммерческого предложения, компания «Агрогрант» не гарантирует соблюдение указанной в нём стоимости оборудования.

Дополнительные условия	- Поставка Продукции производится самовывозом.
------------------------	--

Генеральный директор

А.Г. Давыдов

## Преимущества сотрудничества

Заключив договор с компанией «Агрогрант», вы получите полный комплекс услуг от профессионалов.



**Индивидуальный подход к каждому клиенту**  
Персональный менеджер, предоставление оборудования, возможность заказа на объект.



**Собственный конструкторский отдел**  
Производство всех видов производственного оборудования и комплектация цехов комбикорма, а также нестандартного оборудования по индивидуальным заказам и чертежам. Современный уровень технического оснащения.



**Широкое производственное возможности**  
Собственные производственные участки в areas общей площадью около 30 тыс. кв.м. Внедрены современные технологии. Более 400 человек. Использование материалов и комплектующих от ведущих фирм-производителей. Контроль качества на всех этапах производства.



**Комплексные решения и технологии**  
Полное решение для производства комбикорма. Осуществление затрат на персонал. Увеличение производительности и качества и т.д. Снижение себестоимости продукции. Повышение качества конечного продукта. Повышение рентабельности хозяйства.



**Монтаж и пусконаладочные работы**  
Высокая и грамотная квалификация выездных специалистов обслуживания оборудования. Пусконаладочные работы. Соборный персонал.



**Сервисное, гарантийное и послегарантийное обслуживание**  
Квалифицированная помощь клиентов. Сертифицированные специалисты, работающие на всех производственных участках. Всегда в наличии запчасти и комплектующие. Гарантийный и послегарантийный ремонт, доставка.



**Быстрое оказание продукции**  
Широкий ассортимент комбикормового оборудования. Низкие эксплуатационные затраты и простая эксплуатация. Автоматизированное управление. Новое эргономичное решение. Продукция адаптирована к производственным условиям России и стран СНГ. Высокая рентабельность инвестиций.



**Кредит и лизинг**  
Удобные кредитные программы от банков партнеров. Оборудование в лизинг — неограниченные возможности для роста и развития хозяйства, модернизации вашего бизнеса. Финансирование позволяет выбрать наиболее оптимальные условия по сроку, сумме финансирования и ставке договорной.

Имя: Екатерина Игоревна Шуркина, тел. 8 (800) 500-61-33, моб. 8 (909) 405-10-00, эл. почта: info@agrogprnt.ru

4

## Наши производственные цеха



## Примеры выполненных работ

Наименование и местонахождение объекта	Выполненные работы
Предприятие «Корма», г. Волжский, Волгоградская область	кормоцех, 3 т/ч
СПК колхоз-племзавод «Казьминский», с. Казьминское, Ставропольский край	кормоцех, 5 т/ч
Кинешемская птицефабрика, г. Кинешма, Ивановская область	кормоцех, 10 т/ч
ОАО «Шумкар», г. Бишкек, Киргизия	кормоцех, 20 т/ч
ООО «АСТ», пгт. Ойсхара, Чеченская Республика	кормоцех, 5 т/ч
ООО «Золотая Нива», г. Тихорецк, Краснодарский край	кормоцех, 3 т/ч

*Всего на счету нашей компании более 100 укомплектованных и успешно работающих комбикормовых цехов.*

## Коммерческое предложение Д.5



143909, Балашиха  
ул. Звездная д. 7 оф. 314  
✉ pag-cska@mail.ru

(беспл. по России)  
8-903-115-04-66  
8-903-144-70-21  
WWW.AGROPOST50.RU

## - Комплектация Линии Гранулирования (до 3 000 т/ч)\*

Поз.	Наименование	Кол-во	Цена, руб.	Мощность
1	Дробилка пневматическая молотковая ДПМ-30 (без пульта)	1 шт.	225 970	30
2	Смеситель Вертикальный СГ-11 с пультом	1 шт.	419 700	11
3	Весовой Дозатор Электронный ДУЭТ (4 тензодатчика), для Смесителя СГ-11	1 шт.	52 700	220В
4	Циклон Успокоитель БЦР-675	1 шт.	23 700	-
5	Шнековый Транспортёр ТСП-180 (L=6м)	1 шт.	113 500	3
6	Прием. Бункер БРН-05, для Гранулятора КМРМ-320	1 шт.	15 700	-
7	Гранулятор в сборе КМРМ-320 с Одной матрицей в компл. (d= 3 мм) + СПЕЦ. Рама Под Гранулятор (высотой 0,5м под ТЛС-300 L=2 метра) + Доп. Матрица КМРМ-320 (d=4 мм или 5 мм)	1 шт. 1 шт. 1 шт.	1 555 700 + 33 000 + 70 000	43
8	Пульт на Гранулятор с частотным преобразователем КМРМ-320	1 шт.	87 500	380В
9	Парогенератор ПЭ-100	1 шт.	224 000	75
10	Транспортер ленточно-скребковый ТЛС-300 (2 м) на колесах	1 шт.	84 000	0,37
11	Транспортер ленточно-скребковый ТЛС-300 (8 м)	2 шт.	210 000*2	1,1
12	Колонна охлаждения КО-15 (производительностью 2 т/ч) + Воздуховоды под ЦОЛ	1 шт.	433 000 + 49 700	12,12
13	Пульт управления ПУ 3Ф (для ТЛС)	1 шт.	33 870	-
14	Циклон-успокоитель ЦОЛ-6000 со Шлюзовым затвором ШЗ-0,75	1 шт.	142 700	1,1
15	Бункер Накопитель Готовой Продукции БПН – 10	1 шт.	204 000	-
16	Атоматич. Фас. Весовое Устройство ВДК-50/1 в мешки (с Пневмозажимом)	1 шт.	175 000	0,75
17	Пульт Управления ПУ 6Ф (30-3-0,37-3-0,37—3-2роз)	1 шт.	80 870	380В
18	Пульт управления 3ф (1,1-2,2-реверс)	1 шт.	34 700	380В
19	Шнек ТСП-100 (2м) / Шнек ТСП-100 (8м)	1 + 1	43 500 / 82 500	1,1 + 2,2
<b>ИТОГО: 4 700 700 руб.</b>			<b>Сум. Мощностью: 183 кВт</b>	

- Срок изготовления: 25 раб. дней.
- 100 проц. предоплата.
- Гарантия 1 год.

Подбор Матрицы для гранулятора комбикорма – это важный процесс для производства Комбикорма:

- **\*ВНИМАНИЕ:** РЕАЛЬНАЯ Производительность Гранулятора КМРМ-320 зависит от диаметра матрицы (которая стоит в Грануляторе) и продукта Гранулирования:
  - На самой Мелкой матрице 2 мм – производительность по стандартному комбикорму из зерновых: 1,2 т/час (ВАЖНО: в Комплекте с Парогенератором !)
  - На самой Крушной матрице 12 мм – производительность по стандартному комбикорму из зерновых: 3,1 т/час (ВАЖНО: в Комплекте с Парогенератором !)
  - На матрицах 2,5 или 3 или 4 или 5 или 6 или 8 мм, соответственно производительность будет варьироваться в диапазоне от 1,3 до 3 т/ч.

Ваш менеджер: Соловьев Алексей, тел.: 8-903-115-04-66

## Коммерческое предложение Д.6



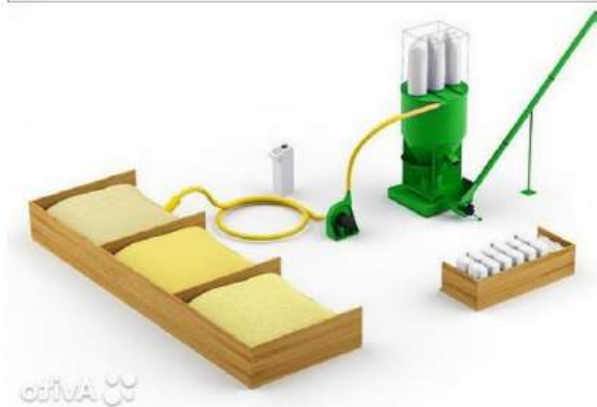
**NMK Agro**  
www.nmkagro.ru

ИНН 5245028370 / КПП 525601001  
р/с 40702810914500001720  
в ТОЧКА ПАО БАНКА "ФК ОТКРЫТИЕ"  
БИК 044525999 к/с 3010181084525000999

Юр. адрес: 603016, Нижегородская обл.,  
г. Нижний Новгород,  
ул. Монастырка, д.15, офис 5  
Тел. +7-964-830-81-82

### КОМПЛЕКС ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ РАССЫПНОГО КОМБИКОРМА РК-1 ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ до 900 КГ/ЧАС Состав комплекса и дополнительное оборудование:

Наименование	Мощность, кВт.	Стоимость, руб.
Зернодробилка ДП-11	11	140 000
Смеситель сыпучих кормов С9-3.2Ш	2.57	155 000
Весовое устройство ЭВДУ	0,01	65 000
Пульт управления		88 000
Габаритный размер, м	3,15x4,4x4,1	
Итого:	13.67	448 000



**NMK Agro**  
www.nmkagro.ru

ИНН 5245028370 / КПП 525601001  
р/с 40702810914500001720  
в ТОЧКА ПАО БАНКА "ФК ОТКРЫТИЕ"  
БИК 044525999 к/с 3010181084525000999

Юр. адрес: 603016, Нижегородская обл.,  
г. Нижний Новгород,  
ул. Монастырка, д.15, офис 5  
Тел. +7-964-830-81-82

### ОПИСАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Забор начинается с первого компонента эжектором дробилки из бурта, затем продукт по гибкому шлангу попадает в камеру дробления роторной дробилки, где измельчается до размера менее чем диаметр отверстий решета, установленного на дробилке. После чего под действием воздушного потока, создаваемого вентилятором дробилки, дробленый продукт транспортируется через гибкий напорный трубопровод в смеситель. Пыль, образующаяся при нагнетании помола, удаляется аспирационным фильтром. Далее происходит нахождение смесителя, загружаемого пневматически дробилкой, в момент, когда количество измельченного первого компонента достигает заданной массы, на механических весах раздается звуковой сигнал, который сигнализирует о прекращении забора дробилкой первого компонента и началом забора следующего компонента.

Как только в смесителе накопилось необходимое количество первого компонента, по заданной рецептуре, заборное устройство переключивают в следующий сусек со следующим компонентом.

После набора половины смесителя производится ввод в загрузной патрубке в нижней части смесителя предварительно взвешенных на весах и приготовленных в горизонтальном смесителе добавок.

После загрузки последнего компонента комбикорма смешивание длится порядка 10 минут.

Готовый продукт поступает через выгрузной патрубок вертикального смесителя в течение не более 15 минут. Полученная россыпь идет на корм животным, либо на дальнейшую переработку (гранулирование, экструдирование и т.д.).

## Коммерческое предложение Д.7



ИНН 5256203390 / КПП 525601001  
р/с 40702810001500132599  
в ООО «Банк Точка»  
БИК 044525104 и/с 30101810745374525104

Юр. адрес: 603016, г. Нижний Новгород,  
ул. Монастырка д. 1Б, офис 7  
Тел. 8 / 831 / 423-08-88

### КОМПЛЕКС ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ РАССЫПНОГО КОМБИКОРМА РК-5 ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 5 Т/ЧАС

Состав комплекса и дополнительное оборудование:

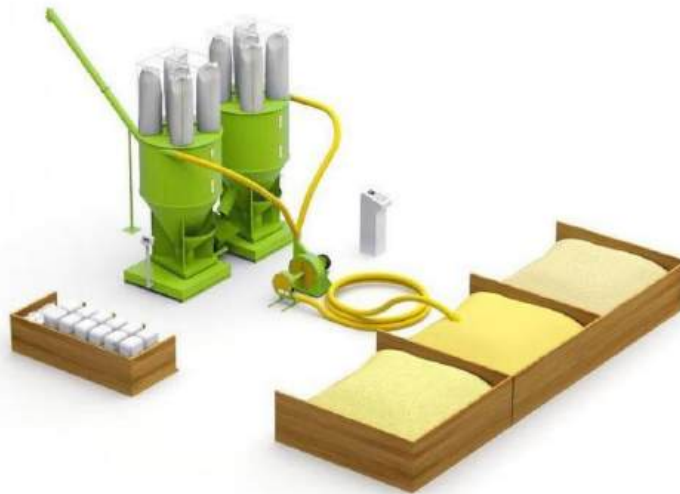
Наименование	Мощность, кВт	Стоимость руб.
1. Зернодробилка ДШ-37 (репотная)	37	320 000
2. Делитель 127	-	15 000
3. Смеситель сыпучих кормов СВ-5	5,87	216 000
4. Смеситель сыпучих кормов СВ-5	5,87	216 000
5. Весовое устройство ЭВДУ	0,01x2	54 000*2
6. Пульт управления ПУ тип 5.6	-	135 000
7. Шнековый транспортер ТШ-150/1 бм	3	100 000
<i>Габаритный размер, м</i>		4,85x6,05x4,35
Итого:	51,7	1 110 000

Забор начинается с первого компонента эжектором дробилки из бурта, затем продукт по гибкому шлангу попадает в камеру дробления роторной дробилки, где измельчается до размера менее чем диаметр отверстий решета, установленного на дробилке. После чего под действием воздушного потока, создаваемого вентилятором дробилки, дробленый продукт транспортируется через гибкий напорный трубопровод в смеситель. Пыль, образующаяся при нагнетании помола, улавливается аспирационным фильтром. Дозирование компонента, загружаемого пневматически дробилкой, производится по предварительно занесенному в память устройства ЭВДУ рецепту. Как только в смесителе накопилось необходимое количество первого продукта (по заданной рецептуре) происходит звуковой сигнал, оповещающий о том, что необходимо перенести заборное устройство в следующий сусек со следующим компонентом. После набора половины смесителя производится вход в загрузный патрубок в нижней части смесителя предварительно взвешенных на весах и приготовленных в горизонтальном смесителе добавок. После загрузки последнего компонента комбикорма смешивание длится порядка 10 минут. В то время, пока происходит смешивание и выгрузка, оператор изменяет направление потока воздушно-сырьевой смеси при помощи делителя потока, установленного на выгрузной трубке дробилки. Тем самым происходит заполнение второго смесителя. Готовый продукт поступает через выгрузной патрубок вертикального смесителя в течение не более 15 минут. Полученная россыль идет на корм животным, либо на дальнейшую переработку (гранулирование, экструдирование и т.д.)



ИНН 5256203390 / КПП 525601001  
р/с 40702810001500132599  
в ООО «Банк Точка»  
БИК 044525104 и/с 30101810745374525104

Юр. адрес: 603016, г. Нижний Новгород,  
ул. Монастырка д. 1Б, офис 7  
Тел. 8 / 831 / 423-08-88



## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ООО «Графкорм»  
И. Орлов  
2025 г



## СПРАВКА

об использовании результатов научно-исследовательской работы

Настоящая справка удостоверяет факт успешного применения ООО «Графкорм» специализированной компьютерной программы, разработанной доцентом кафедры «Электрификация и автоматизация» Симачковой М.С.

Функции программы предоставляют:

1. Возможность сравнения различных комплектаций оборудования по нескольким критериям одновременно.
2. Генерацию отчетов для клиентов с подробным описанием рекомендованного оборудования и расчетами показателей эффективности.

Преимущества использования программы:

1. Повышение качества обслуживания клиентов за счет профессионального подбора оборудования.
2. Увеличение продаж за счет точного соответствия предложений нуждам заказчиков.
3. Сокращение времени на подготовку коммерческих предложений.
4. Улучшение имиджа компании на рынке.

Менеджеры компании используют полученные программой рекомендации для предоставления клиенту профессиональной консультации:

- подбирают оптимальное оборудование с учетом требований клиента;
- проводят сравнительный анализ различных комплектов оборудования;
- объясняют выгоды выбранного оборудования перед альтернативными вариантами.

Внедрение такого инструмента становится важным элементом стратегии роста ООО «Графкорм», способствующим укреплению позиций на рынке сельскохозяйственного оборудования и обеспечению устойчивого экономического роста.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель регионального  
директора

ООО «ННПП-2»

Д.А.Подгорный  
2025 года**СПРАВКА**

об использовании результатов научно-исследовательской работы

Дана настоящая в том, что разработанная доцентом кафедры «Электрификация и автоматизация» М.С. Симачковой специализированная компьютерная программа применена ООО «ННПП-2» при подборе и анализе комбикормового оборудования.

ООО «ННПП-2» подтверждает целесообразность использования предлагаемого перечня показателей для оценки эффективности подбора комбикормового оборудования с применением специализированной компьютерной программы.

Программа обладает широкими возможностями и охватывает достаточное число показателей, существенно облегчающих выбор оптимального варианта оборудования. Среди достоинств выделяем:

- возможность комплексного подхода к подбору оборудования с учётом специфики производственного процесса;
- интуитивно понятный интерфейс, позволяющий быстро освоить программу пользователям разного уровня подготовки;
- наличие встроенных инструментов расчётов и аналитики, помогающих минимизировать риск ошибок при принятии решений;
- быстрота расчетов, позволяющие оперативно получать нужные данные.

Использование программы позволяет обеспечить качественный подбор оборудования, учитывающий индивидуальные особенности технологии производства, доступность ресурсов и финансовые возможности организаций.

Мы считаем необходимым отметить важность внедрения современных компьютерных технологий в сельское хозяйство, так как это способствует росту конкурентоспособности аграрных предприятий и повышению эффективности их деятельности.

Справка составлена в одном экземпляре и передана инициатору разработки программы для представления в диссертационный Совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Начальник Комбикормового завода

С. А. Воронов

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3



УТВЕРЖДАЮ:  
 Генеральный директор  
 ООО «ДОЗА-АГРО»  
 А.Г. Сергеев  
 2025 г.

**АКТ ВНЕДРЕНИЯ**  
**результатов научно-исследовательской работы в производство**

Настоящий акт подтверждает, что ООО «ДОЗА-АГРО» переданы от ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет» материалы исследований Симачковой М. С. по подбору комбикормового оборудования, в том числе разработанная специализированная программа для оценки комбикормовых линий на стадии их покупки.

Компьютерная программа успешно установлена и протестирована на сервере компании ООО «Доза-Агро». Проведены демонстрационные испытания функционала программы, включающие:

- запуск и настройку интерфейса программы;
- ввод тестовых данных и выполнение запросов подбора оборудования;
- проверку работоспособности основных функций.

Результаты испытаний показали полное соответствие заявленным техническим характеристикам и функциональным возможностям программы.

Пользователи получили инструкции по работе с программой и необходимую техническую поддержку.

Система функционирует стабильно, отсутствуют сбои и критичные ошибки.

Программа содержит широкий перечень показателей, позволяющий производить комплексную и полноценную оценку комбикормового оборудования (показатели представлены в таблице 1).

Таблица №1 – Показатели эффективности комбикормового оборудования

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

Широкий диапазон параметров позволяет проводить детальный анализ оборудования на основе множества предлагаемых переменных. Использование расширенного набора показателей обеспечивает ответственный и профессиональный подход к процессу подбора, гарантируя достижение максимальных положительных эффектов от капиталовложений и улучшение общего результата хозяйственной деятельности.

Программа используется при сравнительном анализе производственных линий ООО «Доза-Агро» и оборудования компаний-конкурентов с целью оптимального подбора решений для потенциальных заказчиков. Внедрение специализированной программы для подбора комбикормового оборудования представляется высокоэффективным решением, направленным на укрепление рыночных позиций компании ООО «Доза-Агро», улучшение качества предоставляемых услуг и повышение доходов от реализации технологических линий и технических средств для приготовления комбикормов.

От ГБОУ ВО НГИЭУ

Профессор кафедры д.т.н.  С. Ю. Булатов

Доцент  М. С. Симачкова

От предприятия

Технический директор

 И. А. Снегирев

**ПРИЛОЖЕНИЕ И**

Утверждаю:  
Директор инженерного института  
ГБОУ ВО НГИЭУ  
Е.В. Воронов  
« 10 » 2025 г



**Акт**  
**о результатах проверки работоспособности программы для оценки комбикормового оборудования**

В период с марта по апрель 2025 г. была проведена проверка работоспособности программы для оценки комбикормового оборудования в рамках дисциплины «Технологии, техника и оборудование в животноводстве».

Проверка программы осуществлялась студентами при выполнении задания по расчету показателей эффективности комбикормового оборудования и дальнейшем сравнении полученных результатов ручным способом, с использованием сертифицированной программы Microsoft Excel и с помощью разработанной специализированной программы. Основой для проведения вычислений стали методика и формулы, отраженные в диссертационной работе Симачковой Марины Станиславовны.

В качестве исходных данных при выполнении расчетов использована следующая информация: характеристики планируемых объемов производства; параметры оборудования (стоимость, производительность, размеры и т.д.) и параметры производственных площадей.

При выполнении расчета ручным способом, студенты произвели вычисление показателей эффективности подбора комбикормового оборудования в соответствии с заданной методикой.

При выполнении расчетов с использованием сертифицированной программы Microsoft Excel студентами выполнены работы по формированию таблиц с исходными данными и расчетными показателями. В таблицах отражены необходимые формулы и макросы для последовательного автоматического расчета всех необходимых параметров и показателей.

Расчет показателей с помощью разработанной специализированной программы студентами выполнен также, опираясь на положения, описанные методикой, представленной в диссертационной работе М. С. Симачковой.

После завершения расчетов студентами составлены сравнительные таблицы с отображенными в них результатами ручного расчета, с использованием сертифицированной программы Microsoft Excel и специализированной программой, а также отображением погрешности расчетов.

Студентами сформулированы выводы с отражением в них преимуществ и недостатков всех методов расчета, расхождения в цифрах, причин возможных расхождений, удобства использования каждого метода.

В результате проверки работоспособности программы установлено:

*1. Особенности способов расчета:*

– ручной расчет: представляет собой классический подход, который требует глубоких знаний математики, а также занимает значительное время. Однако такой подход позволяет глубже погрузиться в детали и лучше понимать механизм формирования расчетных показателей.

– Microsoft Excel: методика использования электронных таблиц ускоряет процесс расчетов и облегчает внесение изменений в исходные данные. Этот метод сочетает легкость и гибкость с возможностью графического представления результатов, и проведение анализа влияния отдельных критериев на расчет комплексных показателей.

– специализированная программа: автоматизированный метод, позволяющий проводить быстрое и точное сравнение вариантов оборудования. Преимущества включают сокращение временных затрат и минимизацию человеческого фактора, что снижает вероятность ошибок.

*2. Область применения способов расчетов:*

– ручной расчет: удобен для учебных целей и формирования базовых навыков, но малоприменим для ежедневной практики крупных компаний ввиду трудоёмкости и подверженности ошибкам.

– Microsoft Excel: удобный инструмент для небольших проектов и простых моделей. Его ограниченность проявляется при усложнении модели и увеличении объёма обрабатываемых данных.

– специализированная программа: подходит для оперативного анализа и быстрого перебора множества альтернативных решений.

*3. Оценка сходимости результатов:* при сравнении результатов, полученных всеми тремя способами расчета, установлено, что разница между ними оказалась минимальной и находится в пределах допустимой погрешности:

– степень сходимости результатов автоматического расчета (с использованием разработанной программы) и проверочного счета вручную составила 98,9%. Незначительное различие объясняется погрешностью округления при ручном расчете;

– результаты расчетов, выполненные с использованием специализированной программы, полностью совпадают с аналогичными показателями, полученными в среде Microsoft Excel, что подтверждает правильность реализованного алгоритма и достоверность представленных результатов.

*4. Качество программного алгоритма:* сравнительный анализ подтвердил высокое качество реализованного программного алгоритма в разработанной специализированной программе. Алгоритм правильно интерпретирует исходные данные и генерирует точные результаты, которые идентичны расчетам, выполненным вручную и в сертифицированной программе Microsoft Excel. Минимальные расхождения между результатами объясняются особенностями округления чисел.

Заведующий кафедрой «Охрана труда и безопасность жизнедеятельности», к.с.-х.н., доцент

 Е. Е. Борисова

Доцент кафедры «Электрификация и автоматизация»

 М. С. Симачкова

## ПРИЛОЖЕНИЕ К

## Опросный лист для покупателей комбикормового оборудования

1. Название организации: ООО «Ветеринарная диагностика»
2. Место расположения (область, район): Кировская область, Кировский район, с/пос. Мухоморово
3. Пороговые и вид животных в хозяйстве, для которых производится комбикорм: 1100 гол КРС
4. Суточная потребность в комбикормах, тонн: 8,2 т
5. Комбикорма в организации собственного производства или покупные?
6. Если комбикорм закупается, то каковы доля от общей потребности в комбикормах и их стоимость? —
7. Нуждается ли ваше хозяйство в комбикормовом оборудовании? Если да, то в каком? нет
8. Укажите способ хранения исходных компонентов (напольное хранение; бункера): бункер
9. Необходимость в дополнительных операциях (гранулирование, экструдирование, экспандирование, ...): нет
10. Ограничение при подключении оборудования по потребляемой мощности, кВт: 20 и 150
11. Необходимость автоматизации процесса производства комбикорма (не нужна; частичная (управление несколькими операторами); полная автоматизация (минимум управления оператором)): частичная
12. Вы планируете новое строительство, полную или частичную реконструкцию существующего производства? Габариты помещения (длина, ширина, высота): нет
13. Важно ли для вас, чтобы оборудование и комплектующие были доступны к покупке на территории РФ? да
14. Важна ли для вас оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охраняемыми документами? нет
15. Какие показатели вам важны при подборе комбикормового оборудования?: цена, мощность, производительность
16. Учитываете ли вы при покупке оборудования рыночный рейтинг фирм-продавцов?: да
17. Учитываете ли вы при покупке оборудования отзывы предыдущих покупателей?: да
18. Расставьте приоритеты по критериям (для каждого критерия можно поставить любое значение в пределах от 0 до 10)

Критерии оценки	Значимость критерия (0...10)
Энергозатраты оборудования на производство единицы комбикорма	3
Компактность оборудования при его расположении в производственном помещении	3
Производительность оборудования	10
Время работы оборудования в сутки (степень загрузки оборудования)	5
Доступность оборудования и его комплектующих к покупке на территории РФ (наличие в оборудовании импортных составляющих)	10
Патентная чистота оборудования (оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охраняемыми документами)	5
Степень автоматизации процесса производства комбикорма	8
Экономические затраты	10

Ф.И.О., должность



Подпись

М.П.

Опросный лист для покупателей комбикормового оборудования

1. Название организации: ООО «СТК», Ждановский
2. Место расположения (область, район): Кинешемская область, Кинешемский район
3. Поголовье и вид животных в хозяйстве, для которых производится комбикорм: ≈ 3000 голов, коровы, лошади и свиньи
4. Суточная потребность в комбикормах, тонн: ≈ 15,890
5. Комбикорма в организации собственного производства или покупки? водобенного
6. Если комбикорм закупается, то каковы доля от общей потребности в комбикормах и их стоимость?
7. Нуждается ли ваше хозяйство в комбикормовом оборудовании? Если да, то в каком? нет
8. Укажите способ хранения исходных компонентов (напольное хранение; бункера): напольное хранение
9. Необходимость в дополнительных операциях (гранулирование, экструдирование, экспандирование, ...): гранулирование
10. Ограничение при подключении оборудования по потребляемой мощности, кВт: 20
11. Необходимость автоматизации процесса производства комбикорма (не нужна; частичная (управление несколькими операторами); полная автоматизация (минимум управления оператором)): полная автоматизация
12. Вы планируете новое строительство, полную или частичную реконструкцию существующего производства? Габариты помещения (длина, ширина, высота): нет
13. Важно ли для вас, чтобы оборудование и комплектующие были доступны к покупке на территории РФ? да
14. Важна ли для вас оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охраняемыми документами? да
15. Какие показатели вам важны при подборе комбикормового оборудования?: производительность, ремонтопригодность, энергоэффективность
16. Учитываете ли вы при покупке оборудования рыночный рейтинг фирм-продавцов? да
17. Учитываете ли вы при покупке оборудования отзывы предыдущих покупателей? да
18. Расставьте приоритеты по критериям (для каждого критерия можно поставить любое значение в пределах от 0 до 10)

Критерии оценки	Значимость критерия (0...10)
Энергозатраты оборудования на производство единицы комбикорма	7
Компактность оборудования при его расположении в производственном помещении	7
Производительность оборудования	10
Время работы оборудования в сутки (степень загрузки оборудования)	10
Доступность оборудования и его комплектующих к покупке на территории РФ (наличие в оборудовании импортных составляющих)	10
Патентная чистота оборудования (оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охраняемыми документами)	8
Степень автоматизации процесса производства комбикорма	5
Экономические затраты	10

Ф.И.О., должность Мальчикова Светлана Сергеевна, спец. по комбикормам

Подпись [подпись]



## Опросный лист для покупателей комбикормового оборудования

1. Название организации: ООО "КМ АГРО"
2. Место расположения (область, район): Нижегородская область, Выжигинский р-он, д. Соловьево, ул. Молодежная, д.
3. Поголовье и вид животных в хозяйстве, для которых производится комбикорм: 2352 голуб - КРС
4. Суточная потребность в комбикормах, тонн: 11
5. Комбикорма в организации собственного производства или покупные? Собственного
6. Если комбикорм закупается, то каковы доля от общей потребности в комбикормах и их стоимость? \_\_\_\_\_
7. Нуждается ли ваше хозяйство в комбикормовом оборудовании? Если да, то в каком? Нет
8. Укажите способ хранения исходных компонентов (напольное хранение; бункера): бункера
9. Необходимость в дополнительных операциях (гранулирование, экструдирование, экспандирование, ...): Нет
10. Ограничение при подключении оборудования по потребляемой мощности, кВт: Нет
11. Необходимость автоматизации процесса производства комбикорма (не нужна; частичная (управление несколькими операторами); полная автоматизация (минимум управления оператором)): Не нужна
12. Вы планируете новое строительство, полную или частичную реконструкцию существующего производства? Габариты помещения (длина, ширина, высота): Не планирует
13. Важно ли для вас, чтобы оборудование и комплектующие были доступны к покупке на территории РФ? Важно
14. Важна ли для вас оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охраняемыми документами? Важно
15. Какие показатели вам важны при подборе комбикормового оборудования?: Специфичность, точность дозирования компонентов.
16. Учитываете ли вы при покупке оборудования рыночный рейтинг фирм-продавцов?: Учитывает.
17. Учитываете ли вы при покупке оборудования отзывы предыдущих покупателей?: Учитывает.
18. Расставьте приоритеты по критериям (для каждого критерия можно поставить любое значение в пределах от 0 до 10)

Критерии оценки	Значимость критерия (0...10)
Энергозатраты оборудования на производство единицы комбикорма	5
Компактность оборудования при его расположении в производственном помещении	5
Производительность оборудования	7
Время работы оборудования в сутки (степень загрузки оборудования)	7
Доступность оборудования и его комплектующих к покупке на территории РФ (наличие в оборудовании импортных составляющих)	10
Патентная чистота оборудования (оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охраняемыми документами)	7
Степень автоматизации процесса производства комбикорма	5
Экономические затраты	10

Ф.И.О., должность  
Перепелкин С.А. - Зам. директора по тех. работе



М.П.

Опросный лист для покупателей комбикормового оборудования

1. Название организации: ООО, Шедовка
2. Место расположения (область, район): Арзамасский р-н
3. Поголовье и вид животных в хозяйстве, для которых производится комбикорм: 2000
4. Суточная потребность в комбикормах, тонн: 10
5. Комбикорма в организации собственного производства или покупные? собственные
6. Если комбикорм закупается, то какова доля от общей потребности в комбикормах и их стоимость? \_\_\_\_\_
7. Нуждается ли ваше хозяйство в комбикормовом оборудовании? Если да, то в каком? оборудовании для кормления
8. Укажите способ хранения исходных компонентов (напольное хранение; бункера): напольное
9. Необходимость в дополнительных операциях (гранулирование, экструдирование, экспандирование, ...): \_\_\_\_\_
10. Ограничение при подключении оборудования по потребляемой мощности, кВт: \_\_\_\_\_
11. Необходимость автоматизации процесса производства комбикорма (не нужна; частичная (управление несколькими операторами); полная автоматизация (минимум управления оператором)): частичная
12. Вы планируете новое строительство, полную или частичную реконструкцию существующего производства? Габариты помещения (длина, ширина, высота): \_\_\_\_\_
13. Важно ли для вас, чтобы оборудование и комплектующие были доступны к покупке на территории РФ? да
14. Важна ли для вас оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охранными документами?: нет
15. Какие показатели вам важны при подборе комбикормового оборудования?: качество готового КК, стоимость загрузки
16. Учитываете ли вы при покупке оборудования рыночный рейтинг фирм-продавцов?: да
17. Учитываете ли вы при покупке оборудования отзывы предыдущих покупателей?: да
18. Расставьте приоритеты по критериям (для каждого критерия можно поставить любое значение в пределах от 0 до 10)

Критерии оценки	Значимость критерия (0...10)
Энергозатраты оборудования на производство единицы комбикорма	5
Компактность оборудования при его расположении в производственном помещении	7
Производительность оборудования	8
Время работы оборудования в сутки (степень загрузки оборудования)	6
Доступность оборудования и его комплектующих к покупке на территории РФ (наличие в оборудовании импортных составляющих)	4
Патентная чистота оборудования (оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охранными документами)	2
Степень автоматизации процесса производства комбикорма	3
Экономические затраты	9

качество готового КК

Ген директор  
(должность)



Исходков А. В.

10  
наиболее  
значимый

Опросный лист для покупателей комбикормового оборудования

1. Название организации: ООО «КНПП-2»
2. Место расположения (область, район): Нижегородская область  
р.п. Большое Мурашкино д. Кирюшино
3. Поголовье и вид животных в хозяйстве, для которых производится комбикорм: 110 тнеяг
4. Суточная потребность в комбикормах, тонн: 2,50 тонн
5. Комбикорма в организации собственного производства или покупные? Собственное производство
6. Если комбикорм закупается, то каковы доля от общей потребности в комбикормах и их стоимость? Закупаются в случае поломки завода от 0 до 100%
7. Нуждается ли ваше хозяйство в комбикормовом оборудовании? Если да, то в каком? Нуждается по степени износа импортного завода (механический модернизированный меньшим)
8. Укажите способ хранения исходных компонентов (напольное хранение; бункера): напольное хранение
9. Необходимость в дополнительных операциях (гранулирование, экструдирование, экспандирование, ...): гранулирование
10. Ограничение при подключении оборудования по потребляемой мощности, кВт: 1400 кВт
11. Необходимость автоматизации процесса производства комбикорма (не нужна; частичная (управление несколькими операторами); полная автоматизация (минимум управления оператором)): управляемая оператором, процесс автоматизирован
12. Вы планируете новое строительство, полную или частичную реконструкцию существующего производства? Габариты помещения (длина, ширина, высота): размеры 52,8 x 31,6 x 18,6 м (длина), реконструкция помещений не планируется
13. Важно ли для вас, чтобы оборудование и комплектующие были доступны к покупке на территории РФ? не критично
14. Важна ли для вас оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охраняемыми документами? 50% / 100%
15. Какие показатели вам важны при подборе комбикормового оборудования?: автоматизация процесса, экологические аспекты на приобретение оборудования, процесс - то оборудование, надежность оборудования в эксплуатации, возможность увеличения производительности
16. Учитываете ли вы при покупке оборудования рыночный рейтинг фирм-продавцов?: учитываем
17. Учитываете ли вы при покупке оборудования отзывы предыдущих покупателей?: учитываем
18. Расставьте приоритеты по критериям (для каждого критерия можно поставить любое значение в пределах от 0 до 10)

Критерии оценки	Значимость критерия (0...10)
Энергозатраты оборудования на производство единицы комбикорма	10
Компактность оборудования при его расположении в производственном помещении	8
Производительность оборудования	8
Время работы оборудования в сутки (степень загрузки оборудования)	8
Доступность оборудования и его комплектующих к покупке на территории РФ (наличие в оборудовании импортных составляющих)	6
Патентная чистота оборудования (оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охраняемыми документами)	5
Степень автоматизации процесса производства комбикорма	10
Экономические затраты	10

Ф.И.О., должность: Начальник комбикормового производства

Подпись: Борисов С.А.  
М.П.



ПРИЛОЖЕНИЕ Л



Sales contract No. 51923-NNPP-2

Контракт купли-продажи № 51923-NNPP-2

Date: 01.07.2024

Дата: 01.07.2024

JIANGSU B-D TECHNOLOGY CO., LTD., China, hereinafter referred to as the "Seller", represented by Xia Yuesong acting under the Business License No. 310227666202206170047, on the one hand, and LLC "NNPP-2", Russian Federation, hereinafter referred to as the "Buyer", represented by Olga V. Vovoshchagina, acting under Power of Attorney 36A.A2351045 dated 07.01.2024, on the other hand, jointly referred to as "the Parties", have concluded the present Contract about the following:

JIANGSU B-D TECHNOLOGY CO., LTD., China, hereinafter referred to as "Продавец", в лице Xia Yuesong, действующего на основании лицензии № 310227666202206170047, с одной стороны, и ООО «ННПП-2», РФ, именуемое в дальнейшем «Покупатель», в лице Верещагиной Ольги Викторовны, действующей на основании доверенности 36A.A2351045 от 07.01.2024, с другой стороны, совместно именуемые «Стороны», заключили настоящий Контракт о нижеследующем:

I. SUBJECT OF THE CONTRACT

I. ПРЕДМЕТ КОНТРАКТА

1.1. The Seller undertakes to supply and the Buyer undertakes to accept and pay for new "Goods" for own needs according to Annexes being the integral part of the present Contract and enclosed for each delivery.

1.1. Продавец обязуется поставлять, а Покупатель принять и оплатить новый Товар для собственных нужд, указанный в Приложении, являющийся неотъемлемой частью настоящего Контракта и составленных на каждую поставку.

1.2. The Total value of the contract is made by lots indicated in Annexes hereto for each delivery.

1.2. Общая сумма Контракта определяется суммами согласно Приложению, составленным на каждую поставку.

1.3. The Supplier guarantees that the Goods belong to him by right of ownership, are not allocated to anyone, are not pledged, are not provided as a gift, are not in dispute, under arrest or prohibition, in trust management, lease, as a contribution to the authorized capital of legal entities is not transferred, is not burdened with other rights of third parties, has no restrictions in use, including on the territory of the Russian Federation.

1.3. Продавец гарантирует, что Товар принадлежит ему на праве собственности, никому не отчужден, не заложен, не обременен дарением, в споре, под арестом или запрещением не состоит, в доверительном управлении, аренде, в качестве вклада в уставный капитал юридического лица не передан, иными правами третьих лиц не обременен, не имеет ограничений в использовании, в том числе, на территории Российской Федерации.

1.4. The Supplier certifies and guarantees that he has the right to use the trademark with which the Goods are marked, to the extent necessary and sufficient for the sale of the Goods to the Buyer for the purpose of its use / distribution (entering into civil circulation) on the territory of the Russian Federation; the sale of the Goods by the Supplier for its further distribution on the territory of the Russian Federation is carried out with the consent of the trademark owner, which marks the Goods, and does not violate the rights and legitimate interests of the trademark owner or third parties, including, but not limited to, the rights to trademarks and intellectual property objects by purchasing the Goods, the Buyer also receives the right to use of the trademark to the extent necessary for the use of the Goods by the Buyer for its intended purpose.

1.4. Продавец заверяет и гарантирует, что он обладает правом использования товарного знака, которым маркированы Товар, в объеме, необходимом и достаточном для реализации Товара Покупателем с целью его использования/распространения (вход в гражданский оборот) на территории Российской Федерации; реализация Товара Продавцом для его дальнейшего использования/распространения на территории Российской Федерации осуществляется с согласия правообладателя товарного знака, которым маркированы Товар, и не нарушает права и законные интересы правообладателя товарного знака либо третьих лиц, включая, но не ограничиваясь, права на товарные знаки и объекты интеллектуальной собственности; приобретая Товар, Покупатель получает также право использования товарного знака в объеме, необходимом для использования Товара Покупателем по его назначению.

1.5. In case of invalidity of any of the above guarantees of the Supplier, the Buyer has the right to withdraw from the Contract (terminate the Contract) unilaterally by notifying the Supplier in writing 5 (five) working days before the date of termination of the Contract) and/or demand compensation in full for all costs and losses that the Buyer has incurred and/or may be liable to

1.5. В случае недействительности любой из указанных выше гарантий Продавец Покупатель вправе отступить от Договора (прекратить Договор) в одностороннем порядке, уведомив об этом Продавца в письменном виде за 5 (пять) рабочих дней до даты расторжения Договора) и/или потребовать возмещения в полном объеме всех



It's to the Seller: Address: No.1 Huasheng Road, High and New Technology Industry Development Zone, Yangzhou, Jiangsu, China, 225127; Tel: 0514-85028888 Fax: 0514-87848777 E-mail: jianbuda@jiangsunanpp.com

Продавец: Адрес: №1 Huasheng Road, High and New Technology Industry Development Zone, Yangzhou, Jiangsu, China, 225127; Tel: 0514-85028888 Fax: 0514-87848777 E-mail: jianbuda@jiangsunanpp.com

It's to the Buyer: 606160, Russia, Новгородская область, Болотнинский район, с/п. В. Мухоморова, д. 8 e-mail: olgavovoshchagina@npp2.ru info@npp2.ru

Покупатель: 606160, Россия, Новгородская область, Болотнинский район, с/п. В. Мухоморова, ул. Федеральная, д. 8 e-mail: olgavovoshchagina@npp2.ru info@npp2.ru

II. The Local address and bank details of the Parties:

II. Местные адреса и банковские реквизиты сторон:

THE SELLER / ПРОДАВЕЦ:

THE BUYER / ПОКУПАТЕЛЬ:

JIANGSU B-D TECHNOLOGY CO., LTD. Address: No. 1 Huasheng Road, High and New Technology Industry Development Zone, Yangzhou, Jiangsu, China, 225127. Unified social credit code: 91221002561709966C Business License No.: 310227666202206170047 Tel: 0514-85028888 Fax: 0514-87848777 E-mail: jianbuda@jiangsunanpp.com

LLC "NNPP-2" OOO «ННПП-2» VAT TIN 5204112880 KPPVKIII 238491001 606160, Russia, Novgorod region, Bolotninskiy district, s/p. B. Mухomорова, д. 8 e-mail: olgavovoshchagina@npp2.ru info@npp2.ru Tel: +7(4817)330677

BANK DETAILS: Bank account opening: BANK OF KINLIN XI'AN BRANCH ADDRESS: Block H, Suijie Town, No. 71 Fengsheng 4th Road, Xi'an Shaanxi Province, P.R. China, post code 710021; ACCOUNT NO: 7010 2006 1519 4060 0018 (CNY) SWIFT: CNAB333

BANK DETAILS: Bank account opening: ПИСК "BANK SAINT-PETERSBURG" ПАО "BANK "САНКТ-ПЕТЕРБУРГ" Beneficiary's account: 4070215647590 0134570 CNY SWIFT BIC: SPSR223P Счетанта 2010101923480009977 ИИК/БИК: 027748877 ИНН/ВНТ 7831000027 КПП/КПП 26669902



**ПРИЛОЖЕНИЕ М**

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научной работе  
и инновационному развитию

к.э.н., доцент

Д.В. Ганин

30 августа 2024 года



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель регионального  
директора

ООО «ННПП-2»

В.О. Серов

30 августа 2024 года

**АКТ****апробации в ООО «ННПП-2» программы для оценки комбикормовых  
линий на стадии их покупки**

Комиссия в составе представителей ООО «ННПП-2»: заместителя регионального директора Серова В.О., начальника Комбикормового завода Воронова С.А. и представителей ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»: доктора технических наук, профессора Булатова С.Ю., старшего преподавателя Симачковой М.С. составили настоящий акт о том, что с июня по июль 2024 года в ООО «ННПП-2» Большемурашкинского района Нижегородской области проведена апробация программы для оценки комбикормовых линий на стадии их покупки, разработанной инженерным институтом ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

Апробация программы проводилась в офисе Комбикормового завода ННПП-2. Программа устанавливалась на ПК начальника комбикормового завода.

Программа для оценки комбикормовых линий на стадии их покупки (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024661687, 21.05.2024) позволяет проводить оценку нескольких сравниваемых технологических линий по энергетическим, технологическим, экономическим, показателям качества и включает следующие вкладки: «Исходные данные» для ввода исходных данных; «Оценка энергоэффективности», «Оценка ресурсоэффективности», «Оценка экономической эффективности», «Оценка качества», в которых представлены расчеты сравниваемых технологических линий по критериям

энергоэффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности, качества; «Оценка рыночной надежности»; «Ранговый подход», «Метод стандартизации», «Комплексные показатели», в которых представлены расчеты сравниваемых технологических линий по комплексным показателям.

Оценка работоспособности программы проводилась при подборе оборудования, отвечающего следующим требованиям производства: объем продукции – 250 т/сутки, ассортимент выпускаемой продукции – гранулированные комбикорма, ограничение по подключаемой мощности – 1400 кВт. Комбикорма собственного производства – имеется комбикормовый цех размерами 52,8х31,8х18,6, м (ДхШхВ). Здание отапливаемое. Процесс автоматизирован, управляется операторами. Способ хранения компонентов – напольное. По мере износа имеющегося завода оборудование закупается (планировалась модернизация отдельного оборудования, в том числе мельниц). Значимость критериев, по которым велась оценка оборудования, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Значимость критериев оценки комбикормового оборудования

Критерии оценки оборудования	Значимость критерия (0...10)
Энергозатраты оборудования на производство единицы комбикорма	10
Компактность оборудования при его расположении в производственном помещении	8
Производительность оборудования	8
Время работы оборудования в сутки (степень загрузки оборудования)	8
Доступность оборудования и его комплектующих к покупке на территории РФ (наличие в оборудовании импортных составляющих)	6
Патентная чистота оборудования (оригинальность конструкции оборудования, подтвержденная патентами и другими охраняемыми документами)	5
Степень автоматизации процесса производства комбикорма	10
Экономические затраты	10

Проведен тщательный анализ рынка, оценены предлагаемые технологии и выбрано оборудование 3 продавцов, удовлетворяющее потребностям предприятия: 2 российских – ООО «ГрафКорм» и ООО «Доза-Агро», а также оборудование, предлагаемое Jiangsu BD Environmental Technology Co., Ltd (Китай).

Результаты оценки выбранных комбикормовых линий представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные показатели и критерии оценки сравниваемого комбикормового оборудования

Показатель	ООО «ГрафКорм» (Россия)	Jiangsu BD Environmental Technology Co. (Китай)	ООО «Доза-Агро» (Россия)
Цена оборудования, млн. руб.	14,090	10,110	11,876
Пропускная способность, т/ч	20	40	20
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	297	292	203
Совокупные затраты электроэнергии, МДж/т	54,21	26,57	37,16
Коэффициент компактности	0,13	0,05	0,09
Коэффициент использования оборудования в сутки	0,52	0,26	0,52
Удельные капиталовложения на единицу продукции, руб./т	931310	379413	784934
Коэффициент уровня автоматизации (по операциям)	0,2	1	0,6
Интегральный показатель эффективности подбора оборудования	3,15	7,38	4,51




В результате оценки выбранных линий по производству комбикормов установлено, что наибольшее значение интегрального показателя эффективности подбора оборудования имеет линия фирмы Jiangsu BD Environmental Technology Co. Основываясь на результатах оценки и принимая во внимание критически важные для предприятия показатели, руководство

предприятия выбрало китайского поставщика, заявившим себя как оптимальное решение для данного свиноводческого комплекса.

Экономия трудозатрат при подборе оборудования с помощью программы в сравнении с ручным расчетом составила 30 чел.-ч.

Применение программы для подбора комбикормового оборудования в ООО «ННПП-2» позволило оптимизировать процесс формирования комплектации оборудования, сократить время, затрачиваемое на подбор оборудования, а также снизить вероятность ошибок при комплектации, обеспечить точный расчет критериев оценки оборудования, учитывая требования предприятия к реализуемым технологическим процессам.

Д.т.н., профессор кафедры  
«Технические системы и технологии»  
Старший преподаватель  
Начальник Комбикормового завода

 С.Ю. Булатов  
 - М.С. Симачкова  
 С.А. Воронов

## ПРИЛОЖЕНИЕ Н

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель регионального  
директора ООО «ННПП-2»

 В.О. Серов

30 августа 2024 года


АКТ

### внедрения законченных научных исследований

- 1) Наименование внедренного мероприятия: программа для оценки комбикормовых линий на стадии их покупки.
- 2) Каким научно-исследовательским учреждением (высшим учебным заведением) мероприятие предложено к внедрению: ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».
- 3) Кем и когда принято решение по внедрению мероприятия: кафедра «Технические системы и технологии».
- 4) Наименование хозяйства и его адрес, где проведено внедрение: ООО «ННПП-2». Адрес: Нижегородская Область, Большемурашкинский МО, рп Большое Мурашкино, ул Фабричная, зд. 8.
- 5) Год и объем внедрения (по плану и фактически): 2024 г, одна копия программы для оценки комбикормовых линий на стадии их покупки.
- 6) Расчетный экономический эффект от внедрения: 18259 рублей (экономия на трудозатратах при подборе оборудования с помощью программы в сравнении с ручным расчетом).
- 7) Ответственный за внедрение (фамилия, имя, отчество, должность): от предприятия: заместитель регионального директора ООО «ННПП-2» В.О. Серов.  
Представители от научного учреждения (высшего учебного заведения): д.т.н. Булатов С.Ю., старший преподаватель Симачкова М.С.

Д.т.н, профессор кафедры  
«Технические системы и технологии»

Старший преподаватель

 С.Ю. Булатов

 М.С. Симачкова

## ПРИЛОЖЕНИЕ О

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель регионального  
директора  
ООО «ННПП-2»Д.А.Подгорный  
2025 года

## АКТ

получения фактических данных работы комбикормового оборудования

Комиссия в составе представителей ООО «ННПП-2»: заместителя регионального директора Подгорный Д.А., начальника Комбикормового завода Воронова С.А. и мастера-участка Клокова А.С. составили настоящий акт о том, что в период с 1 августа по 31 октября 2025 года проводилась фиксация и расчет показателей эффективности приобретенного комбикормового оборудования фирмы Jiangsu BD Environmental Technology Co (Китай) при его эксплуатации в комбикормовом заводе ООО «ННПП-2» Большемураш-кинского района Нижегородской области (дата установки: декабрь 2024 г.).

Приобретенное оборудование используется для измельчения компонентов комбикорма для свиней, в состав которого входили следующие компоненты: пшеница, ячмень, овёс, кукуруза, соевый и подсолнечный шрот, жом свекловичный, отруби пшеничные. Состав приобретенного и установленного в комбикормовом заводе оборудования представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Наименование установленного оборудования

№ п/п	Наименование	Кол-во, шт
1.	Пневматический двухходовой клапан Model: BDQC30x30/30°	1
2.	Цепной конвейер Model: TGSP35	1
3.	Дробильный бункер 1800*1800*1750мм	1
4.	Питатель молотковой мельницы Model: TWLY25X102	1
5.	Молотковая мельница Model: SFSP132x102	1
6.	Панель управления линией дробления (AC380V/50Hz)	1
7.	Импульсный пылесборник Model: BLMY76	1
8.	Центробежный вентилятор 30kw 16632m3/h	1
9.	Электрический дроссельный клапан Model: DN530	1
10.	Шумоглушитель Model: SXQF610	1
11.	Осадочная камера	1
12.	Шнековый конвейер Model: LSGF40	1

При получении фактических данных работы комбикормового оборудования осуществлялась фиксация показателей, послуживших основой при анализе оборудования на стадии его подбора. Оборудование работало по 45 мин/час, после этого производилась его технологическая остановка на 15 мин. В период работы оборудования осуществлялось измельчение компонентов комбикорма и производился замер потребляемой мощности и производительности оборудования.

В результате измерений установлены фактические значения характеристик приобретенного комбикормового оборудования, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Фактические значения параметров приобретенного оборудования

№ п/п	Наименование показателя	Единицы измерения	Фактическое значение показателя
Зафиксированные показатели			
1	Суммарная мощность	кВт	216-233
2	Суточный объём работ	т/сутки	450-500
3	Общее количество оборудования	шт	12
4	Количество автоматизированных операций	шт	5
5	Общее количество операций	шт	5
6	Суточное время, затраченное на автоматическое управление	ч	18
7	Суточное время работы	ч	18
8	Количество выходов оборудования из строя	-	0
Вычисленные показатели			
9	Производительность	т/ч	25-28
10	Время использования оборудования за период наблюдения	ч	1656
11	Суммарное время простоев оборудования за период наблюдения	ч	552

Начальник Комбикормового завода

С. А. Воронов

Мастер участка

А. С. Клоков