

*На правах рукописи*

**АБЕНОВ АРМАН ТАРГЫНОВИЧ**

**Повышение эффективности работ производственно-технических  
баз при уборке зерновых на примере Алтынсаринского  
района Республики Казахстан**

Специальность: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование  
для агропромышленного комплекса

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2026

Работа выполнена на кафедре технического сервиса машин и оборудования ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

**Научный руководитель**

**Тойгамбаев Серик Кокибаевич**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

**Официальные оппоненты:**

**Фадеев Иван Васильевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технических дисциплин ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева»;

**Зейнетдинов Рахимула Арифুলлович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автомобили, тракторы и технический сервис» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

**Ведущая организация**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»

Защита состоится 02 июля 2026 года в 13.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.030.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел/факс: 8 (499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязева, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н. И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» и на сайте университета [www.timacad.ru](http://www.timacad.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Н. Н. Пуляев

### Актуальность темы исследования

Тема повышения эффективности производственно-технических баз (ПТБ) при уборке зерновых культур является исключительно актуальной, что обусловлено рядом критически важных факторов, стоящих перед современным агропромышленным комплексом (АПК). Ее значимость подтверждается как острейшими отраслевыми проблемами, так и прямыми экономическими потерями, а также современными технологическими возможностями для их решения.

По оценкам, общий объем потерь от осыпания зерна в 2025 году может составить не менее 1,8...2,3 млн тонн сопоставимо с годовым сбором зерна в крупном регионе РФ [1]. Помимо осыпания, существуют потери от травмирования зерна и дополнительные затраты на его сушку при нарушении сроков. ПТБ, обеспечивая бесперебойную работу техники и минимизируя простои, становится критическим звеном в борьбе за каждый центнер урожая. Повышение технической обеспеченности зерноуборочными комбайнами и их коэффициента технической готовности (КТГ) является актуальной задачей для растениеводства Казахстана. Хотя за последние годы удалось немного обновить парк техники и снизить общий уровень износа, фундаментальная проблема старения и нехватки комбайнов остается критическим сдерживающим фактором, напрямую влияющим на урожайность. Увеличение уровня технической оснащенности зерноуборочными комбайнами и улучшение системы их технического обслуживания и ремонта являются ключевыми задачами. В контексте Казахстана эти вопросы приобретают особую актуальность, и их решение требует комплексного развития производственно-технической базы и ремонтных служб. Существующая проблема критического износа техники подчеркивает необходимость принятия этих мер. Этот вопрос характеризуется высокой степенью сложности и многогранности, однако существует ряд разработанных методик, представляющих научный интерес. Научные разработки ученых ФГБНУ ВНИИТиН, ВНИИЗ, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, ФГБНУ «Росинформатех», Донской государственной аграрный университет (ДГАУ), Донской государственной технической университет (ДГТУ), КазНИИМЭСХ, Целинный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ЦелинНИИМЭСХ), промышленные и коммерческие компании РФ и РК ООО «Лилиани», Компания «Сохрани зерно», ТОО «AZAM-KC», ТОО «Астық қоймалары» и др., а также многие научные институты и организаций распространяя передовой опыт и технологии в сфере технической модернизации.

ции АПК.

**Цель работы** – повышение эффективности использования зерноуборочных комбайнов в условиях сельскохозяйственных предприятий Казахстана путём разработки и внедрения комплексной методики оценки уровня технической эксплуатации, оптимизации состава комбайнового парка и обоснования потребности в развитии производственно-технических баз (на примере Костанайской области).

**Для достижения поставленной цели в работе к решению приняты следующие задачи:**

1. Провести анализ современного состояния технической обеспеченности растениеводческих хозяйств Костанайской области Республики Казахстан, включая оценку износа и возрастной структуры парка зерноуборочных комбайнов, уровня их технической готовности, а также состояния производственно-технических баз (ПТБ).

2. Разработать методику количественной оценки уровня технической эксплуатации (УТЭ) комбайнового парка на основе обобщающих и частных факторов, с использованием экспертных оценок и инструментария математической статистики.

3. Установить математические зависимости (регрессионные модели) между уровнем технической эксплуатации комбайнов и основными показателями их надёжности и эффективности: наработкой на отказ, коэффициентом технической готовности, расходом топлива и потерями зерна.

4. Определить показатели долговечности зерноуборочных комбайнов (средний ресурс и гамма-процентный ресурс) с применением методов анализа цензурированных выборок для типичной для региона модели комбайна.

5. Выполнить сравнительный анализ эксплуатационной надёжности отечественных и импортных зерноуборочных комбайнов, эксплуатируемых в условиях Костанайской области, с классификацией отказов по системам и агрегатам.

6. Обосновать потребность в развитии производственно-технических баз для обеспечения качественного технического обслуживания и ремонта комбайнов, установить зависимость между количеством комбайнов в хозяйстве и требуемой площадью ПТБ.

7. Оценить экономическую эффективность повышения уровня технической эксплуатации комбайнов, включая снижение эксплуатационных затрат, расхода топлива и потерь зерна, применительно к условиям региона.

**Объектом исследования** являются производственные процессы эксплуатации зерноуборочных комбайнов, включающие их техническое обслуживание, ремонт, хранение и обеспечение технической готовности, а также состояние и функционирование производственно-технических баз сельскохозяйственных предприятий Костанайской области Республики Казахстан.

**Предметом исследования** являются закономерности и количественные зависимости между уровнем технической эксплуатации зерноуборочных комбайнов, показателями их надёжности, эффективностью использования и состоянием производственно-технических баз, а также методы оптимизации состава комбайнового парка и обоснования потребности в развитии ремонтно-обслуживающей инфраструктуры для условий растениеводческих предприятий Костанайской области.

**Научная новизна** заключается в разработке и обосновании комплексной методики количественной оценки уровня технической эксплуатации зерноуборочных комбайнов, базирующейся на пяти обобщающих факторах с использованием экспертных оценок и функции желательности Харрингтона; в установлении регрессионных зависимостей между уровнем технической эксплуатации и показателями надёжности, а также эффективности использования; в определении показателей долговечности комбайна методом обработки цензурированных выборок; в обосновании потребности в производственно-технических базах на основе оптимизации состава комбайнового парка с учётом фактического уровня технической эксплуатации; в разработке практических рекомендаций по организации многоуровневой системы технического сервиса для условий Алтынсаринского района Республики Казахстан.

**Методика исследований.** Методологическую основу исследования составили системный анализ производственных процессов эксплуатации зерноуборочных комбайнов, методы экономико-математического моделирования, метод экспертных оценок, метод моментных наблюдений для оценки показателей безотказности, а также методы математической статистики. Обработка данных и расчёты выполнены с применением стандартных программных продуктов.

**Теоретическая значимость работы** заключается в развитии системного подхода к оценке уровня технической эксплуатации зерноуборочных комбай-

нов, обобщении и классификации факторов, влияющих на техническую готовность и эффективность использования машин, а также в обосновании комплекса математических моделей, позволяющих прогнозировать показатели надёжности и эксплуатационные затраты в зависимости от уровня технической эксплуатации и состояния производственно-технических баз. Выявленные закономерности дополняют и развивают теоретические основы технической эксплуатации машинно-тракторного парка применительно к условиям растениеводства Северного Казахстана.

**Практическая значимость работы** состоит в том, что разработанная методика количественной оценки уровня технической эксплуатации зерноуборочных комбайнов позволяет производственным организациям выявлять «узкие места» в системе технического обслуживания и ремонта и обоснованно планировать мероприятия по повышению технической готовности парка. Полученные регрессионные зависимости между уровнем технической эксплуатации и показателями надёжности, а также расхода топлива и потерь зерна могут быть использованы инженерными службами хозяйств для прогнозирования эксплуатационных затрат и минимизации простоев. Предложенная формула расчёта потребной площади производственно-технических баз и обоснованные рекомендации по организации многоуровневой системы технического сервиса могут быть применены региональными органами управления АПК при планировании развития ремонтно-обслуживающей инфраструктуры в Костанайской области и других регионах Казахстана с аналогичными условиями.

**Положения, выносимые на защиту:**

- методика определения потребности региона в производственно-технических базах для производства качественного технического обслуживания и ремонта комбайнов;
- комплекс взаимосвязей между уровнем технической готовности комбайнов и состоянием производственно-технических баз предприятия по их обслуживанию;
- предложения и рекомендации для подразделений агропромышленного комплекса Костанайской области по повышению уровня технической обеспеченности при уборке зерновых.

**Апробация работы.** Результаты исследований были апробированы и докладывались:

- на научных семинарах и конференциях профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и аспирантов Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева;
- на научно-практических конференциях и семинарах с 2021 по 2025 годы в области инновационных процессов в АПК;
- на научно-практических конференциях по новым технологиям в сельском хозяйстве Республики Казахстан 2023, 2024, 2025 г.

**Публикации.** По материалам исследований опубликовано 20 работ, в том числе 3 статьи в ведущих научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов научных исследований.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы из 170 наименований, 10 из которых на иностранном языке. Работа изложена на 215 страницах, содержит 41 рисунок, 46 таблиц и 14 приложений.

### **Основное содержание работы**

**Во введении** дан обзор состояния вопроса и обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы задачи исследования и основные результаты, выносимые на защиту.

**В первой главе** «*Теория и методика начала формирования комплексного использования комбайнового парка в растениеводстве*» рассмотрены вопросы производства продукции растениеводства, являющейся стратегическим ресурсом развития экономики Казахстана, и состояние производственного потенциала сельхозпредприятий и закономерности изменения его составляющих в результате преобразования в экономике страны. Даны анализ и синтез надежности реализации механизированных процессов при производстве продукции растениеводства; сформулирована проблемная ситуация в области целевого функционирования отрасли зернового производства и фактической его эффективности в текущий период времени. Определена прикладная проблема восстановления технической обеспеченности механизированных процессов, достижения высоких экономических результатов при их реализации в производстве зерновых. Сформулирована научная проблема поэтапной модернизации производства зерновых. Поставлены задачи исследования.

**Во второй главе** Основной задачей разработки требований к надёжности элементов машины является обоснование нормативных значений показателей

их надёжности, обеспечивающих требуемые показатели надёжности машины в целом при минимальных затратах.

Первоначальным этапом решения данной задачи является расчленение машины на соответствующие элементы. Следует стремиться разбить машину на части, отказ одной из которых не должен изменять надёжность других, т.е. эти части будут отказывать независимо друг от друга. С другой стороны, учитывая агрегатно-узловой метод ремонта машины, следует расчленить её на части, которые можно ремонтировать независимо друг от друга.

Разбиваем машину на подсистемы, подсистемы – на агрегаты, агрегаты – на узлы, узлы – на сборочные единицы и детали. При этом рассматриваем ту подсистему, в которую входит заданный элемент – вал ротора с подшипниками качения. В нашем случае разбивка первого уровня: 1 – жатвенная часть; 2 – ходовая часть; 3 – кабина; 4 – молотильная группа; 5 – моторная установка; 6 – копнитель (рисунок 1).

**Определение требуемых показателей надёжности.** Как показала практика, для большинства агрегатов на значительном интервале времени поток отказов с достаточной, для практических расчётов точностью можно считать как стационарный пуассоновский поток с параметром  $\lambda_C$ , равным среднему значению параметра потоков отказов. Поскольку отказ каждого отдельного агрегата не зависит от отказов других, систему можно написать:

$$\lambda_C = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 \quad (1)$$

где  $\lambda_C$  – интенсивность отказов всей системы;  $\lambda_{1...6}$  – интенсивность отказов  $i$ -того агрегата.

Это выражение может быть преобразовано следующим образом:

$$\lambda_C = a_1 \lambda_C + a_2 \lambda_C + a_3 \lambda_C + a_4 \lambda_C + a_5 \lambda_C + a_6 \lambda_C \quad (2)$$

где  $a_{1...6}$  – коэффициенты весомости, зависящие от сложности агрегата, его стоимости и других факторов.

Этот коэффициент может быть найден расчётным или экспертным путём.

Принимая такие допущения, можно предложить следующий порядок расчёта весовых множителей.

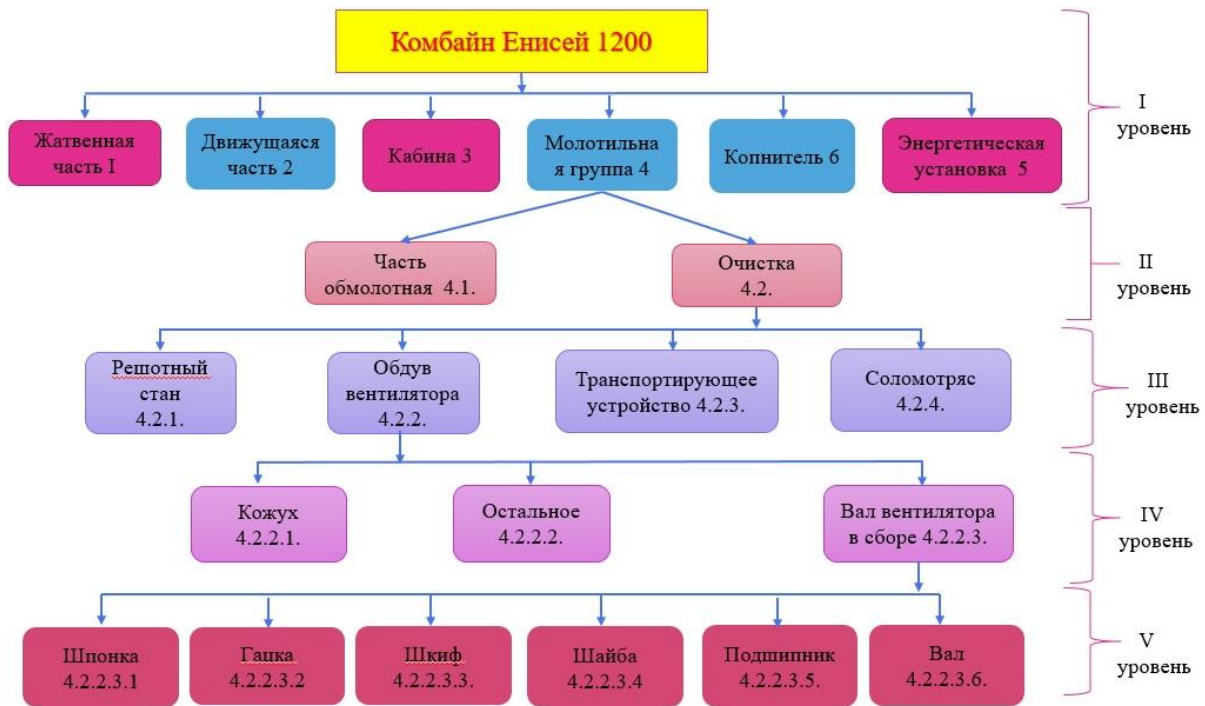


Рисунок 1 – Структурная схема комбайна Енисей 1200М

**Критерии отказов и предельных состояний техники.** С точки зрения требований надежности любое изделие может находиться в одном из двух состояний; быть работоспособным или неработоспособным. Событие, заключающееся в нарушении работоспособности изделия, называется отказом. Все критерии отказов можно разделить на три блока:

- экономические; - технические; - параметрические.

1 – затраты на обеспечение уровня безотказности в производстве; 2 – затраты на поддержание уровня безотказности в эксплуатации; 3 – суммарные затраты.

С учетом преобразований выражение для определения убытков от простоя машины будет выглядеть следующим образом:

$$C_{\text{пр}} = \frac{0,01 \cdot C \cdot n_{\Gamma i} \cdot \sum_{i=1}^3 t_{\text{Нi}} \cdot y_i}{H_{\Gamma i}} \quad (3)$$

Тогда целевая функция оптимизации будет выглядеть:

$$Z_{\text{opt}} = \frac{C_u \cdot E_k \cdot K_o + 0,01 \cdot C \cdot n_{\Gamma i} \cdot \sum_{i=1}^3 t_{\text{Нi}} \cdot y_i + n_{\Gamma i} \cdot C_{\text{отк}}}{H_{\Gamma i}} \rightarrow \min \quad (4)$$

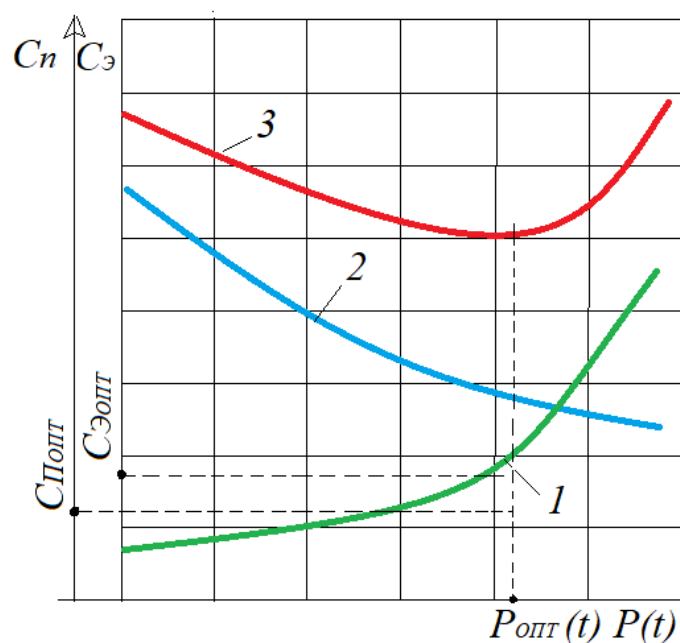


Рисунок 2 – Зависимость эксплуатационных и производственных затрат от условия надежности объекта

**В третьей главе.** На основании собранных данных показателям надежности зерновых комбайнов различных производителей были определены составные части машин, требующие наиболее тщательной подготовки к работе, сервиса в процессе эксплуатации, а также принимать обоснованные решения по типуажу закупаемых машин. Причины неисправности комбайнов группируются следующим образом (по местам возникновения) в % таблица 1.

Таблица 1 – Группировка отказов агрегатов различных комбайнов

Наименование сельскохозяйственной техники	Двигатель	МСУ	Трансмиссия	Гидросистема	Адаптеры	Электрооборудование
Зерноуборочные комбайны, среднее	4,9	23,4	11,5	12,4	19,2	28,6
Енисей 1200	4,1	9,9	13,8	21,5	10,5	40,2
Есиль КЗС-740	2,5	9,1	18,2	12,4	35,5	22,3
CASE AF 2388	2,9	19,1	0,0	10,3	19,1	48,6
JOHN DEERE H9500	6,6	35,4	35,4	7,1	19,7	21,2

По материалам таблицы 1 построены диаграммы Парето (рисунок 3).

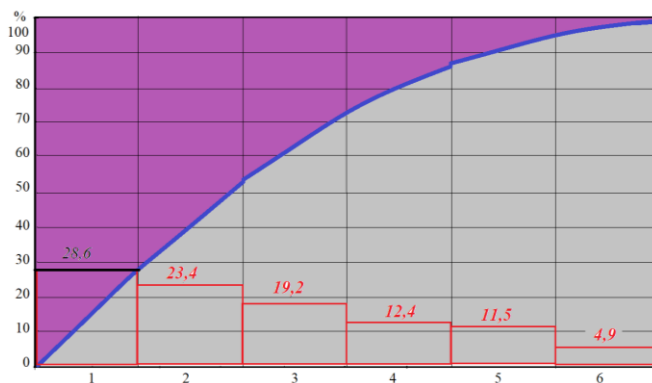


Рисунок 3 – Диаграмма Парето (распределение и накопленный процент отказов) агрегатов зерноуборочных комбайнов: 1 – электрооборудование, 2 – МСУ, 3 – адаптеры, 4 – гидросистема, 5 – трансмиссия, 6 – двигатель

Основными показателями надежности, характеризующими машины, является коэффициент готовности по оперативному времени и наработка на отказ.

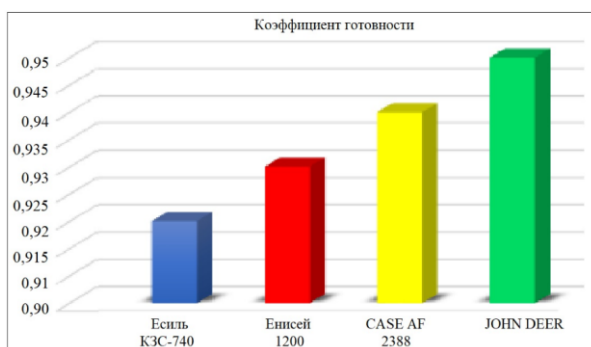


Рисунок 4 – Коэффициент готовности комбайнов по оперативному времени

Основными показателями надёжности, характеризующими машину, является коэффициент готовности по оперативному времени и наработка на отказ (рисунки 3 и 4).

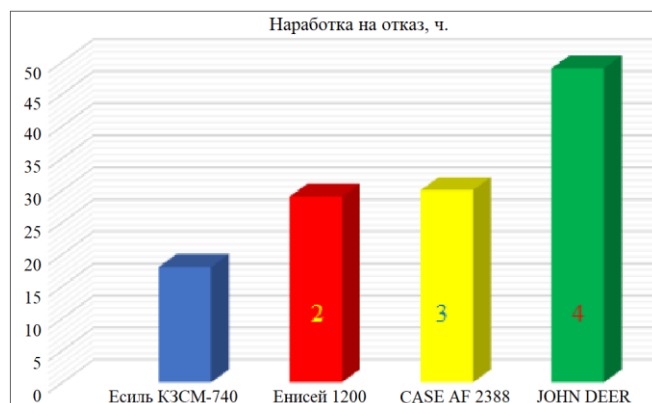


Рисунок 5 – Нарработка на отказ комбайнов

Из диаграммы (рисунок 3) видно, что у всех отечественных комбайнов коэффициент готовности примерно одинаковый. Это объясняется, тем, что комбайны, новые и работают практически по одной конструкционной схеме. Большинство отказов приходится на жатвенную часть и относится к первой группе сложности. Этим объясняется невысокая наработка на отказ (рисунок 4).

Сравнительная оценка показателей качества работы зерноуборочных комбайнов, проводилась в хозяйствах, был проведён сплошной хронометраж за работой сравниваемых комбайнов в течение одной смены. При проведении наблюдений подбирался примерно одинаковый фон (урожайность, культура, способ уборки и т. п.). В ходе эксперимента определялась фактическая производительность комбайнов по основному времени, выполнялись замеры показателей качества технологического процесса уборки. На рисунке 6 представлена диаграмма производительности зерноуборочных комбайнов по основному времени. Как видно из диаграммы, самую большую производительность имеют комбайны «Есиль КЗС- 740», «Енисей 1200», «John Deer 9500» и «Case AF 2388».

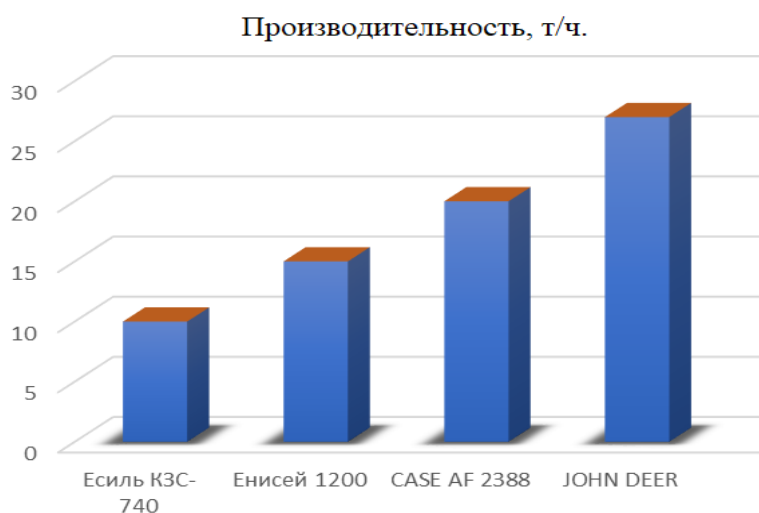


Рисунок 6 – Диаграмма производительности зерноуборочных комбайнов по основному времени

**В четвертой главе «Качество технической эксплуатации комбайнового парка и показатели ее эффективности»** работоспособность и исправность комбайнового парка достигается рациональной ее эксплуатацией, которая включает совокупность работ по техническому обслуживанию, ремонту и хранению комбайнов. Эти работы оцениваются уровнем технической эксплуата-

ции машин. Изучение работ упомянутых авторов показало, что применительно к технике, используемой в сельском хозяйстве, необходимо уточнение обобщающих и частных факторов и их весомостей с учетом региональной специфики эксплуатации комбайнового парка. Наиболее подробно вопросы оценки уровня технической эксплуатации машин представлены в работах Алехина В.В., Бабченко П.А., Забродского В.М., Синева Ю.В. Сазонова С.И., Лезина П.П., Лебедева А.Т., Тошша Г.Е., Тойгамбаева С.К., Орлова Н.Б., Хованских А.И., Ульмана И.Е., Дидманидзе О.Н., Евграфова В.А., Апатенко А.С. и др. В своих работах они рассматривают обобщающие факторы, влияющие на уровень технической эксплуатации, такие как: - техническое обслуживание; - текущий ремонт; - качество горюче смазывающих материалов; - качество хранения техники; - квалификация механизаторов; - оснащенность материальными и техническими средствами; - уровень подготовленности инженерной службы.

Предварительно перед проведением этих исследований были проведены исследования по группировке отказов агрегатов комбайнов различных производителей, имеющихся в наличии в хозяйствах. Которые позволили более предметно применять полученные данные с учетом специфики работ устройств различных по своему назначению. Исследования проводились в Алтынсаринском районе Костанайской области. Обобщающие факторы определяются как:

$$K_j = \frac{\sum_{j=1}^n K_i f_i}{\sum_{i=1}^m K_{i \max} f_i} \quad (5)$$

где  $K_i$  – весомость частного фактора в зависимости от уровня его реализации в эксплуатации;  $f_i$  – значимость  $i$ -го частного фактора;  $m$  – значение частных факторов, определяющих каждый из основных;  $K_{i \max}$  – максимально возможное значение частного фактора.

Установлено, что наработка между отказами для различных типов комбайнов в широких пределах в зависимости от хозяйства например для: - с/о Щербаковский Но = 41 м.час. для комбайнов Есиль КЗС-740 при  $K_{т.г} = 0,37$ ; - для комбайнов Енисей 1200 Но = от 44 м.час. при  $K_{т.г} = 0,39$  и для комбайнов John Deer при  $K_{т.г} = 0,61$  Но = 89 м.часов (таблицы 3 и 4). Используя метод наименьших квадратов, были получены зависимости между наработкой между отказами и уровнем технической эксплуатации машинотракторного парка:

$$\text{- для комбайнов John Deer:} \quad \text{Но} = 320 K_{утэ}^{2,6} \quad (6)$$

$$\text{- для комбайнов: Енисей 1200} \quad \text{Но} = 240 K_{утэ}^{1,77} \quad (7)$$

$$\text{- для комбайнов Есиль КЗС-740:} \quad \text{Но} = 245 K_{утэ}^{2,1} \quad (8)$$

Таблица 3 – Нарботка между отказами комбайнов различных марок  
в изучаемых организациях

№ п.п	Наименование хозяйства	Нарботка между отказами, м.ч.		
		Есиль КЗС -740	John Deer	Енисей 1200
1	Щербаковский с /о	41	89	44
2	Новоалексеевский с/о	43	93	63
3	Докучаевский с/о	48	100	70
4	Дмитровский с/о	53	118	72
5	Большечураковский с/о	54	121	74

На рисунках 7 и 8 представлены данные зависимости. Как видно из данных графиков, наработка между отказами увеличивается с повышением уровня технической эксплуатации.

Таблица 4 – Коэффициент готовности парка комбайнов в  
изучаемых организациях

№ п.п	Наименование хозяйства	Коэффициент технической готовности $K_{т.г}$		
		Есиль КЗС -740	John Deer	Енисей 1200
1	Щербаковский с /о	0,37	0,61	0,39
2	Новоалексеевский с/о	0,42	0,65	0,42
3	Докучаевский с/о	0,51	0,66	0,57
4	Дмитровский с/о	0,53	0,70	0,58
5	Большечураковский с/о	0,51	0,67	0,59

Таким образом, уровень технической эксплуатации наиболее влияет на наработку между отказами для менее сложных машин. Были также получены зависимости между коэффициентом готовности и уровнем технической эксплуатации данных комбайнов. Таким образом, при повышении уровня технической эксплуатации оптимального значения, т. е.  $K_{утэ} = 0,95$ , коэффициент готовности для всех групп увеличивается. Если рассматривать динамику изменения коэффициента готовности различных групп машин от изменения уровня технической эксплуатации, то из данных зависимостей видно, что при повышении уровня технической эксплуатации  $K_{утэ}$  на 45 % (от  $K_{утэ} = 0,46$  до  $K_{утэ} = 0,67$ ) коэффициент готовности увеличивается для комбайнов ближнего зарубежья на 56 %, и комбайнов дальнего зарубежья на 97 %.

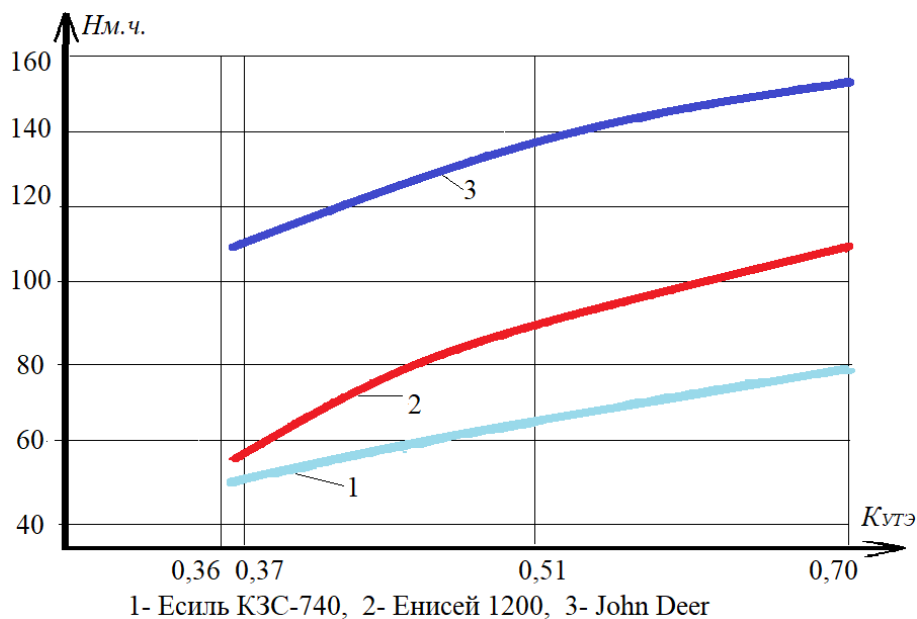


Рисунок 7 – Зависимость наработки на отказ для комбайнов Енисей 1200, Есиль КЗС-740 и John Deer от уровня технической эксплуатации

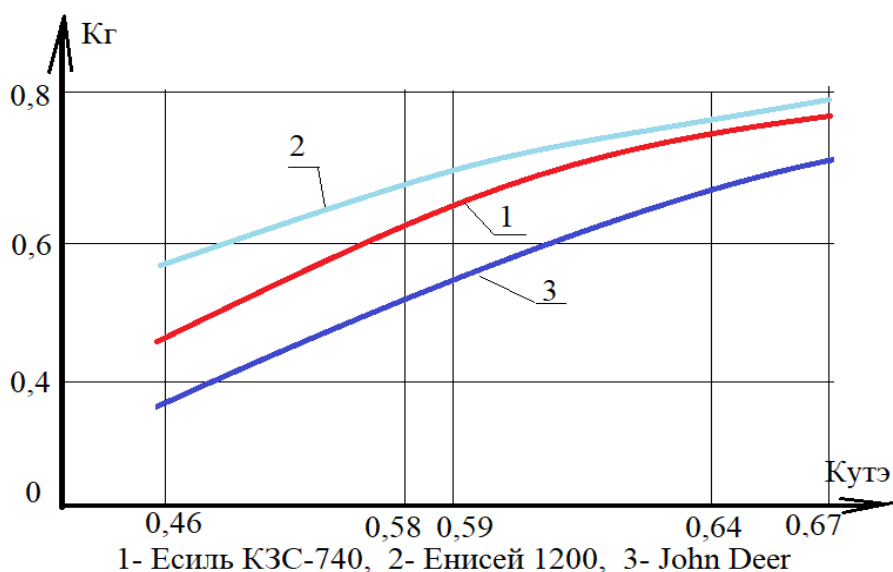


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента готовности для комбайнов от уровня технической эксплуатации

Математическая модель задачи оптимизации уровня технической эксплуатации парка комбайнов может быть представлена следующим образом. Имеется  $i$ -е количество комбайнов различных марок, которые должны обеспечить выполнение необходимых объемов работ за  $K$ -й период. Необходимо определить уровень технической эксплуатации машин  $i$ -й марки в  $Ki$ -й период. В качестве критерия оптимизации принят минимум затрат на эксплуатацию всего парка комбайнов. Целевая функция:

$$\sum_{i=1}^n \cdot \sum_{j=1}^l \cdot \sum_{k=1}^m \cdot C_{ijk} \cdot tk \cdot n_{ijk} + \sum_{p=p_0}^{p=p} \cdot Kp \min \quad (9)$$

где  $C_{ijk}$  – затраты на эксплуатацию комбайнов  $i$ -той марки в  $k$ -тый период при  $j$ -м уровне технической эксплуатации;  $n_{ijk}$  – количество комбайнов  $i$ -той марки в  $k$ -тый период при  $j$ -м уровне технической эксплуатации;  $tk$  – период времени;  $Kp$  – дополнительные капитальные вложения, необходимые для повышения уровне технической эксплуатации машин со значениями  $p_0$  до значения  $p$ ;  $i, k, j$  – индексы марок комбайнов, периода и уровне технической эксплуатации соответственно  $i [I]; j [J]; k [K]$ .

Имея данную математическую модель, можно решать задачи по прогнозированию и уменьшению затрат на эксплуатацию машин непосредственно в производственных организациях. Необходимо разработать последовательность мероприятий, которые нужно провести в том или ином хозяйстве, чтобы довести уровень технической эксплуатации до его оптимального значения. Экономический эффект –  $\mathcal{E}_\mathcal{E}$ , руб./маш. Определяется как разность приведенных затрат на поддержание техники в работоспособном состоянии при существующем (базовом) и новом (оптимальном уровне технической эксплуатации по выражению:

$$\mathcal{E}_\mathcal{E} = (П_{\text{Б}} - П_{\text{Н}}) \cdot Н_{\text{Г.ср.опт.}} \quad (10)$$

где  $П_{\text{Б}} - П_{\text{Н}}$  – приведенные затраты при базовом и новом вариантах

$$\mathcal{E}_\mathcal{E} = [(C_{\text{б}} + E_{\text{н}} + K_{\text{б}}) - (C_{\text{опт}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{опт}})] \cdot Н_{\text{Г.ср.опт.}} \quad (11)$$

где  $C_{\text{б}}$  – суммарные затраты на устранение отказов и убытки от простоев при базовом варианте уровня технической эксплуатации;  $C_{\text{опт}}$  – суммарные затраты на устранение отказов и убытки от простоев при оптимальном варианте уровня технической эксплуатации;  $K_{\text{б}}$  – капитальные вложения на обеспечение уровня технической эксплуатации базовом варианте;  $K_{\text{опт}}$  – капитальные вложения на обеспечение уровня технической эксплуатации оптимальном варианте;  $E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;  $Н_{\text{Г.ср.опт.}}$  – средняя годовая наработка на машину при оптимальном уровне технической эксплуатации.

В таблице 4 приведены результаты расчетов, полученных в с/о Дмитровский. В результате математической обработки полученных данных, получены зависимости между удельными дополнительными и суммарными затратами на эксплуатацию комбайнового парка.

Таблица 4 – Расходы на эксплуатацию комбайнового парка в с/о Дмитровский

Уровень технической эксплуатации машин, Кутэ	Прямые затраты, Спр	Дополнительные за- траты, Сдп	Суммарные затраты, Ссум = Спр + Сдп
	Итого, Спр, тыс. руб.	Итого, Сдп, тыс. руб.	Итого, Ссум
0,40	1421,3	1298,3	2719,6
0,46	1431,2	1224,3	2655,5
0,49	1436,7	1185,3	2622,0
0,52	1441,4	1142,0	2583,4
0,58	1445,0	1050,0	2495,0
0,61	1452,1	1012,8	2464,9
0,67	1464,2	975,0	2439,2
0,70	1471,6	954,4	2426,0
0,79	1488,8	892,8	2381,6
0,82	1494,6	869,6	2364,2
0,85	1498,3	845,7	2344,0

**В пятой главе** «Исследования состояния производственно-технических баз» результаты проведенных исследований по зависимости уровня технической эксплуатации от реальных факторов показывают, что главную роль играют факторы, связанные с состоянием производственно технических баз (ПТБ).

Поэтому были проведены исследования по состоянию производственно технических баз в пяти хозяйствах Алтынсаринского района за период с 2018 по 2023 годы: 1. Шербаковский с/о; 2. Новоалексеевский с/о; 3. Докучаевский с/о; 4. Дмитровский с/о; 5. Большечураковский с/о. Количество комбайнов для уборки зерновых культур рассчитывалось исходя из оптимальных агротехнических сроков связанных с созреванием урожая и из-за неизбежных при этом потерь. Для условия Костанайской области эти сроки, из опыта многолетних наблюдений, находятся в пределах с 1 августа до 30 октября, что составляет 60 дней. По техническим характеристикам применяемых комбайнов средняя выработка может составлять от 20 га до 50 га за смену 8 часов. Если ориентироваться на основную массу применимых в настоящее время комбайнов представленных данных. Поэтому нами базовым комбайном были взяты комбайны Енисей 1200, а остальные по списку с применением коэффициента приводим к общей списочной цифре, используемой при расчетах. Необходимое количество комбайнов определяем методом прямого счета, где убираемая площадь зерновых делиться на производительность базового комбайна за весь период уборки урожая. При этом проводился анализ состояния центральных мастерских и ма-

стерских находящихся в отделениях хозяйств, а также производственно-технических баз, перешедших в созданные агрохолдинги и частные предприятия. Полученные зависимости удельных производственных площадей от программ баз могут быть использованы при разработке норм типового проектирования, а также при перепланировке существующих баз, нуждающихся в реконструкции. Результаты исследований показывают, что на протяжении всего рассматриваемого периода мощности производственно-технических баз были в два раза меньше необходимых.

Аналогичные результаты расчетов по площадям ПТБ в зависимости от количества комбайнов, подтвержденных состоянием этой ситуации в исследуемых производственных организациях. Результаты исследований показывают, что на протяжении всего рассматриваемого периода мощности производственно-технических баз, как в целом по области, так и в Алтынсаринском районе (рисунок 9) были в два-три раза меньше необходимых.

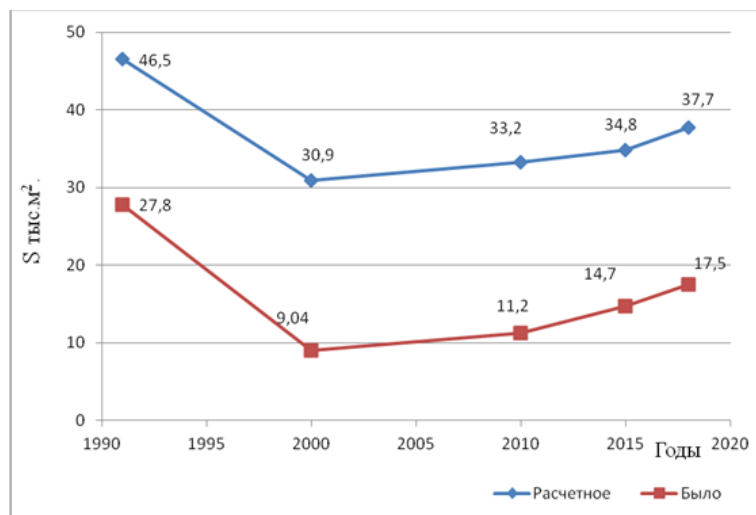


Рисунок 9 – График объемов производственно-технических баз Алтынсаринского района Костанайской области РК

Были проведены исследования по влиянию существующей ситуации на экономические показатели деятельности производственных организаций, результаты представлены в таблице 6. В зависимости от объема выполняемых работ были проведены расчеты потребности хозяйств в комбайнах.

Таблица 6 – Фактические и расчетные данные по состоянию производственно-технических баз 5 хозяйств Алтынсаринского района,  
по состоянию на 05.03.23 г.

№	Наименование хозяйства	Площадь пахотных земель, V, га	Фактическое количество комбайнов, Нус, шт.	Было остаток площадь, ПТБ, м <sup>2</sup>	Фактическое расчетное количество комбайнов площадь, ПТБ, м <sup>2</sup>	Требуемое расчетное количество комбайнов, Нус, шт.	Необходимая расчетная площадь, ПТБ, м <sup>2</sup>
1	Докучаевский с/о	<b>27 708</b>	58	320	2320	26	1040
2	Щербаковский с /о	<b>26 652</b>	56	280	2240	26	1040
3	Дмитровский с/о	<b>28 397</b>	64	350	2560	27	1080
4	Новоалексеевский с/о	<b>43 090</b>	79	460	3160	41	1640
5	Большечураковский с/о	<b>27 065</b>	59	260	2360	25	1000
<b>Всего</b>		<b>152 412</b>	<b>316</b>	<b>1670</b>	<b>12640</b>	<b>145</b>	<b>5800</b>

Результаты исследования по состоянию машиноиспользования в Алтынсаринском районе Костанайской области показывают, что для решения задачи по повышению работоспособности комбайнового парка, только для увеличения площадей ПТБ, на примере выращивания зерновых по результатам расчета необходимы затраты в размере более 650 млн. рублей и это только на строительство помещений базы не считая оборудования, кадров и т.д. Решение вопроса с выделением таких средств, требует обоснования системы финансирования со стороны государства, инвесторов и т.д., так как сами сельхоз предприятия не в состоянии самостоятельно решить такую задачу. Можно рассмотреть решение вопроса на уровне регионально-районированного принципа распределения работ по ступеням технического сервиса:

Первая ступень – ежедневное обслуживание техники, ТО-1 и ТО-2;

Вторая ступень – ТО-3 и текущий ремонт техники;

Силами межхозяйственных передвижных отрядов возможно проведение работы первой ступени. Следующую вторую ступень, возможно проводить с помощью оперативных бригад специальных обслуживающих сервисных организации на межрайонном и районном уровнях. Возможно создание целенаправленной МТС – машинно-технологических станции по ремонту комбайнов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научно-практическая задача повышения эффективности использования зерноуборочных комбайнов в условиях Костанайской области Республики Казахстан на основе комплексной оценки уровня технической эксплуатации и оптимизации производственно-технических баз. По результатам выполненных исследований сформулированы следующие основные выводы:

1. По результатам анализа современного состояния технической обеспеченности растениеводческих хозяйств установлено, что уровень износа машинно-тракторного парка в Костанайской области составляет более 70 %, при этом 76 % комбайнов эксплуатируются свыше нормативного срока (10 лет), коэффициент технической готовности не превышает 57 %, а фактические площади производственно-технических баз в 2...3 раза ниже расчётных нормативов. Это подтверждает необходимость разработки и внедрения научно обоснованных методов управления технической эксплуатацией.

2. Разработана и апробирована методика количественной оценки уровня технической эксплуатации (УТЭ) комбайнового парка, базирующаяся на пяти обобщающих факторах (качество ТО, качество ремонта, квалификация механизаторов, качество ГСМ, качество хранения). Методика включает процедуру экспертного опроса с расчётом коэффициента компетентности и коэффициента конкордации Кендалла ( $W=0,78...0,85$ ), а также перевод качественных оценок в количественные с помощью функции желательности Харрингтона. Выполнен расчёт весовых коэффициентов частных и обобщающих факторов.

3. На основе корреляционно-регрессионного анализа установлены математические зависимости между уровнем технической эксплуатации и ключевыми показателями надёжности и эффективности. В частности, получены следующие модели (для условий Костанайской области): наработка на отказ комбайна «Енисей-1200»:  $T_0=240 \text{ УТЭ}^{1,77}$  ( $R^2=0,82$ ); коэффициент технической готовности:  $КТГ = 0,40 + 0,63 \text{ УТЭ}$  ( $R^2=0,85$ ); расход топлива:  $Q_{уд} = 25,4 - 13,2 \text{ УТЭ}$  ( $R^2=0,72$ ); потери зерна:  $П_з = 5,8 - 4,2 \text{ УТЭ}$  ( $R^2=0,62$ ). Все модели статистически значимы ( $p<0,01$ ), что подтверждает их пригодность для прогнозирования.

4. Определены показатели долговечности комбайна «Енисей-1200» как наиболее массовой модели в регионе. На основе обработки цензурированной выборки из 30 машин методом максимального правдоподобия получены: сред-

ний ресурс – 1936 мото-часов, 90% гамма-процентный ресурс – 1500 мото-часов. Это позволяет обоснованно планировать списание техники и прогнозировать потребность в капитальных ремонтах.

5. В результате сравнительного анализа эксплуатационной надёжности отечественных и импортных комбайнов с использованием диаграмм Парето установлено, что основными источниками отказов являются гидравлическая система (до 30 % простоев у «Енисей-1200»), электрооборудование (до 48 % у «Case AF2388») и адаптеры (жатвенная часть). Выявлено, что наработка на отказ импортных комбайнов в 1,5...2 раза выше, однако их обслуживание требует более высокой квалификации персонала и доступа к оригинальным запасным частям.

6. Обоснована потребность в развитии производственно-технических баз и предложена формула для предварительной оценки необходимой площади ПТБ. На примере пяти хозяйств Алтынсаринского района показано, что фактическая площадь ПТБ составляет лишь 30...50 % от расчётной, а для приведения её к нормативному уровню требуются инвестиции в размере свыше 620 млн тенге по району (более 10 млрд тенге по области). Разработаны рекомендации по организации трёхуровневой системы технического сервиса: 1-й уровень (ЕТО, ТО-1, ТО-2) – силами межхозяйственных передвижных отрядов; 2-й уровень (ТО-3 и текущий ремонт) – районные сервисные организации; 3-й уровень (капитальный ремонт, сложная диагностика) – дилерские центры.

7. Выполнена оценка экономической эффективности повышения уровня технической эксплуатации и на основе полученных регрессионных моделей установлено, что увеличение УТЭ с 0,70 до 0,85 (т.е. на 0,15) позволяет: снизить эксплуатационные затраты на 1 га на 15...20 %; уменьшить расход топлива на 1,98 л/га; сократить потери зерна на 0,63 процентных пункта (что при урожайности 15 ц/га и площади 1000 га даёт дополнительный сбор 9,45 т зерна); повысить сменную выработку на 3,3 га/смену. Срок окупаемости инвестиций в развитие ПТБ и повышение УТЭ, по расчётам, составляет 1-3 года.

### **Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

#### ***Публикации в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ***

1. Абенов, А. Т. Исследование состояния производственно-технической базы растениеводства в районах Костанайской области / А. Т. Абенов, С. К. Тойгамбаев, Х. А. Абдулмажидов // Международный технический журнал. – 2025. – № 3 (97). – С. 86-94.

2. Абенов, А. Т. Оценка качества технической эксплуатации комбайнов, используемых в растениеводстве Костанайской области / А. Т. Абенов, Х. А. Абдулмажидов,

С. К. Тойгамбаев // Международный технический журнал. – 2025. – № 4 (98). – С. 136-145.

3. Абенев, А. Т. Формирование и эксплуатация парка сельскохозяйственных машин на основе экономических факторов / А. Т. Абенев, С. К. Тойгамбаев, Х. А. Абдулмажидов // Международный технический журнал. – 2025. – № 3 (97). – С. 76-85.

***Публикации в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитической базе данных Scopus***

4. Formation of approaches to cleaning reclamation drainage channels from sediments, siltation and vegetation / S. Toigambaev, Kh. Abdulmashidov, A. Abenov [et al.] // Reliability: Theory & Applications. – 2024. – Vol. 19, No. S6(81). – P. 1665-1669. – DOI 10.24412/1932-2321-2024-681-1665-1669.

***Публикации в других изданиях***

5. Абдулмажидов, Х. А. Создание и исследование напряженного состояния деталей мелиоративных машин в системе Компас / Х. А. Абдулмажидов, С. К. Тойгамбаев, А. Т. Абенев // Международный технический журнал. – 2025. – № 2(96). – С. 72-79. – DOI 10.34286/2949-4176-2025-96-2-72-79.

6. Абенев, А. Т. Анализ показателей производственно-экономической деятельности предприятия ООО «Дубровики» при реконструкции и расширении ПТБ / А. Т. Абенев, С. К. Тойгамбаев, В. А. Сокерин / «Агропродовольственная экономика». – 2022. – № 2. – С. 7-13.

7. Абенев, А. Т. Проектирование участка ремонта тракторов для хозяйства Костанайской области / А. Т. Абенев // 4-я Международная научно-техническая конференция. Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. – 20 сентября 2024 г. – Курск. – 2024. – С. 148-156. – DOI 10.47581/2024.SXA-11.

8. Абенев, А. Т. Реконструкция участка ТО и ремонта техники для ООО «Дорстрой» Тверской области / А. Т. Абенев, В. А. Евграфов // Естественные и технические науки. – 2022. – № 2 (65). – С. 273-279.

9. Абенев, А. Т. Технологические режимы процесса обработки чугуновых деталей поверхностным пластическим деформированием / А. Т. Абенев, Т. С. Омаров, С. К. Тойгамбаев // Естественные и технические науки. – 2023. – № 11 (186). – С. 422-425.

10. Абенев, А. Т. Технологический процесс ремонта коленчатого вала двигателя / А. Т. Абенев // Неиссякаемый свет в науке. – 2024. – № 1. – С. 48-53.

11. Естественно-производственные условия пахотных земель и особенности обработки почвы / С. К. Тойгамбаев, Т. С. Омаров, А. Т. Абенев, Н. К. Теловов // Агропродовольственная экономика. – 2023. – № 4. – С. 30-36.

12. Омаров, Т. С. Ремонтные процессы восстановления работоспособности деталей ДВС / Т. С. Омаров, А. Т. Абенев, С. К. Тойгамбаев // Инновационные научные исследования: теория, методология, тенденции развития : Сборник научных статей по материалам XIV Международной научно-практической конференции, Уфа, 03 мая 2024 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2024. – С. 68-76.

13. Тойгамбаев, С. К. Методика расчета рабочего времени и времени работы оборудования машинно-ремонтного участка / С. К. Тойгамбаев, А. Т. Абенев // Endless Light in Science. – 2024. – № S1. – С. 44-48. – DOI 10.24412/2709-1201-2024-23-44-48.

14. Тойгамбаев, С. К. Методика технико-экономической оценки конструкторской разработки стенда для испытания форсунок системы CR / С. К. Тойгамбаев, Т. С. Омаров, А. Т. Абенев // Научные исследования в современном мире. Теория и практика : Сборник статей XXVI всероссийской (национальной) научной конференции,

Санкт-Петербург, 03 мая 2024 года. – Санкт-Петербург: Гуманитарный национальный исследовательский институт НАЦРАЗВИТИЕ, 2024. – С. 35-38. – DOI 10.37539/240503.2024.36.25.004.

15. Тойгамбаев, С. К. Определение числа списаний и технических обслуживания на один автомобиль за цикл для предприятия / С. К. Тойгамбаев, А. Т. Абенов // *International Journal of Professional Science*. – 2022. – № 4. – С. 118-129. – DOI 10.54092/25421085\_2022\_4\_118.

16. Тойгамбаев, С. К. Организация режима технического обслуживания в производственных подразделениях АТП / С. К. Тойгамбаев, А. Т. Абенов, Е. С. Кочергина // *Техника и технологии: теория и практика*. – 2022. – № 2(4). – С. 36-42. – DOI 10.34286/27127419-2022-4-2-36-42.

17. Тойгамбаев, С. К. Проектирование, прочностные расчеты и оптимизация формы конструкций рабочего оборудования мелиоративных машин в системе Inventor Pro / С. К. Тойгамбаев, Х. А. Абдулмажидов, А. Т. Абенов // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева*. – 2025. – Т. 17, № 2. – С. 152-159. – DOI 10.36508/RSATU.2025.67.96.021.

18. Тойгамбаев, С. К. Стенд для разборки и сборки редукторов автомобилей / С. К. Тойгамбаев, А. Т. Абенов, Е. С. Кочергина // *Техника и технологии: теория и практика*. – 2022. – № 3(5). – С. 38-46. – DOI 10.34286/27127419-2022-5-3-38-46.

19. Тойгамбаев, С. К. Экономическое обоснование реконструкции моечного участка / С. К. Тойгамбаев, А. Т. Абенов, Е. С. Буканов // *Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки*. – 2022. – № 3(96). – С. 7-12.

20. Факторы, влияющие на характеристики высокотемпературного распыления и прочность сцепления покрытия с основой / А. Т. Абенов, Г. И. Бондарева, С. К. Тойгамбаев, А. Ю. Кульчев // *Вестник машиностроения*. – 2022. – № 10. – С. 79-84.