

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ-
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор,
Тойгамбаев С.К.

Москва – 2026

Содержание

Введение.....	5
ГЛАВА 1. Теория и методика начала формирования комплексного использования комбайнового парка в растениеводстве	12
1.1. Общее положение обеспеченности технического парка в растениеводческих хозяйствах	12
1.2 Техническое переоснащение сельского хозяйства и перспективы.....	17
1.3 Методологические основы формирования системы использования комбайнов.....	21
1.4 Адаптацией новой техники под производственные изменения в сельском хозяйстве с их эксплуатация	29
1.5 Экономические и математические моделирования аспектов использования комбайнов	32
1.6 Выводы	36
ГЛАВА 2. Технический уровень эксплуатации и надежность самоходной сельскохозяйственной техники	40
2.1 Критерии оценки эффективности эксплуатации зерноуборочных комбайнов.....	40
2.2 Основные пути повышения надежности сельскохозяйственной техники	43
2.3 Оценка граничных параметров и надежности сельскохозяйственной техники на основе физико-математических моделей отказов.....	46
2.3.1 Интегральная модель надежности комбайна	63
2.3.2 Исследование проектной надежности	66
2.4 Метод конечных элементов	68
2.5 Применение метода конечных элементов	70

2.6 Критерии отказов и предельных состояний техники	72
2.7 Оптимизация уровня технической эксплуатации	78
2.8 Выводы	79

ГЛАВА 3. Исследование повышения надежности агрегатов зерноуборочных комбайнов	81
---	----

3.1 Исследование показателей надежности комбайнов Енисей 1200.....	81
--	----

3.2 Исследование показателей надежности зарубежных комбайнов	90
--	----

3.3 Анализ, качества технологического процесса уборки комбайном Енисей 1200	93
---	----

3.4 Оценка эксплуатационных показателей комбайнов ближнего и дальнего зарубежья	100
---	-----

3.4.1 Повышение безотказности путем оценки параметров эксплуатационной надежности отечественной техники.....	101
--	-----

3.4.2 Исследование надёжности комбайнов дальнего зарубежья.....	103
---	-----

3.4.3 Повышение безотказности путем оценки параметров эксплуатационной надежности зарубежной техники.....	107
---	-----

3.5 Ремонтно-техническое обслуживание агрегатов самоходной сельскохозяйственной техники.....	109
--	-----

3.6 Исследование повышения качества ремонта и технического обслуживания на сокращение затрат при эксплуатации техник.....	112
---	-----

3.7 Исследование потенциальных возможностей техники на основе показателей технического уровня	116
---	-----

3.8 Выводы	118
------------------	-----

ГЛАВА 4. Качество технической эксплуатации комбайнового парка и показатели ее эффективности	120
---	-----

4.1 Методика проведения экспертного опроса	120
--	-----

4.2 Организация и проведение экспертного опроса	124
4.3 Оценка компетентности экспертов	128
4.4 Методика сбора и обработки информации об уровне технической эксплуатации комбайнового парка.....	136
4.5 Методика сбора и обработки информации о безотказности и долговечности комбайнового парка.....	140
4.6 Методика определения показателей эффективности использования комбайнового парка от уровня ее технической эксплуатации.....	144
4.7 Определение затрат на эксплуатацию машин с учётом их уровня технической эксплуатации	151
4.8 Выводы.....	156
ГЛАВА 5. Исследования состояния производственно- технических баз.....	158
5.1. Исследования состояния производственно-технических баз Алтынсаринского района Костанайской области.....	158
5.2 Экономические показатели деятельности производственных организации	171
5.3 Выводы	175
Заключение	177
Список литературы	179

ВВЕДЕНИЕ

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.

Многолетнее снижение темпов обновления парка привело к критической ситуации, когда сельхозпроизводители вынуждены полагаться на устаревшую и высокоизношенную технику. Проблема снижения коэффициента технической готовности (КТГ) парка комбайнов, пожалуй, центральный вопрос, определяющий эффективность уборочной кампании. Неспособность поддерживать этот показатель на высоком уровне напрямую переводит потенциальные риски в реальные экономические потери для любого хозяйства. Устаревшая техника менее производительна и надежна. Это напрямую ведет к затягиванию сроков уборочной кампании и, как следствие, к значительным потерям зерна в поле

Технический парк агропредприятий Казахстана находится в стадии активной, но сложной модернизации. После долгих лет накопления критического износа, государство запустило масштабные программы, которые уже дают значимые результаты. Особое внимание уделено эффективности

государственной поддержки в 2020-2024 годах в рамках Концепции развития АПК РК на 2021-2030 годы [2].

Ситуация с большим количеством старой и неисправной техники, особенно зерноуборочных комбайнов, – это одна из самых острых проблем агропромышленного комплекса Казахстана на сегодняшний день. И хотя государство активно инвестирует в модернизацию, «наследие прошлого» все еще крайне тяжелым грузом лежит на плечах аграриев. По состоянию на 2023-2024 годы, средний износ парка сельхозтехники в Казахстане оценивался в 76%, что является критическим показателем [3]. При этом ситуация с разными типами техники выглядит следующим образом – тракторы со степенью износа достигала 80%, при этом 85% парка эксплуатировалось более 10 лет, а зерноуборочные комбайны со степенью составляла 72%, а 68% машин имели срок службы свыше 10 лет. Из-за простоев и низкой эффективности работы старой техники страна ежегодно теряет миллионы тонн зерна. Например, в 2022 году потери оценивались почти в 2 млн тонн [4,5].

Согласно отраслевым стандартам Казахстана, нормативный срок службы для зерноуборочных комбайнов, тракторов и, как следствие, жаток составляет 7 - 10 лет. Любая техника, эксплуатирующаяся дольше этого срока, формально подлежит списанию, так как считается не только физически изношенной, но и морально устаревшей [6]. По данным Министерства сельского хозяйства РК на 2024-2025 годы, 72% комбайнов имеют возраст более 10 лет, из них 54% перешагнули 15-летний рубеж. Еще в 2020 году доля комбайнов старше 10 лет составляла 78%. Ситуация с тракторами еще более критична т.к. 86% тракторов отработали более 10 лет. Из них 79% находятся в эксплуатации свыше 15 лет. Точные данные о возрасте жаток отсутствуют. Тем не менее, они ответственны за до 70% всех потерь зерна при уборке. Обновление парка жаток происходит крайне медленными темпами примерно 1,6% в год, что делает их состояние не менее критическим, чем состояние тракторов.

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 «Росинформагротех», 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 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.

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.

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.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии системного подхода к оценке уровня технической эксплуатации зерноуборочных комбайнов, 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.

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 им. К.А. Тимирязева;

- на научно-практических конференциях и семинарах с 2021 по 2025 г в области инновационных процессов в АПК;

- 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.

ГЛАВА 1. Теория и методика начала формирования комплексного использования комбайнового парка в растениеводстве

1.1. Общее положение обеспеченности технического парка в растениеводческих хозяйствах

К концу 2025 года износ парка удалось снизить до 70%. Однако еще 72% комбайнов и 86% тракторов эксплуатируются более 10 лет при нормативе в 7-10 лет, а 54% комбайнов и 79% тракторов старше 15 лет. В абсолютных цифрах это означает, что из 38,5 тыс. комбайнов 71% (более 26 тыс. единиц) являются изношенными. Средний возраст техники достиг 13-14 лет [1,5,23].

На сегодняшний день в сельском хозяйстве республики задействован огромный парк техники. Только в 2024 году в уборочной кампании было задействовано более 149 900 тракторов, около 37 600 зерноуборочных комбайнов, 14 900 жаток и 195 000 единиц прочей техники. Эта техника обслуживает значительные площади: общая уборочная площадь сельхозкультур в 2024 году составила 23,3 млн га [24,25,26].

На 2024 год из наличия парка 116,4 тыс. тракторов - 15,6 тыс. (13,4%) являлись неисправными, а из комбайнов зерноуборочных – 41,3 тыс. - 14,1 (34%) неисправных, сеялок 2,6 тыс. или около 2,9%, из всего этого следует, что состояние машинно-тракторного парка в республике находится в критическом положении. Положение усугубляется тем, что большой удельный вес в парке занимают неисправные машины. В приложении 1, таблица 1.1 представлена информация о коэффициентах готовности техники в целом.

Из таблицы видно, что состояние комбайно-тракторного парка на сегодня находится на низком уровне готовности к проведению качественных работ. Большинство тракторов и машин подлежат списанию или морально устарели.

Раньше существовавшая стройная система районных объединений «Сельхозтехника», которая централизованно занималась ремонтом и обслуживанием техники. Однако, с началом рыночных реформ многие из них

прекратили свою деятельность или изменили профиль работы. Те мастерские и ремонтные заводы, которые не закрылись, часто переориентировались на другие, более доходные виды деятельности, потеряв специализацию именно на сельхозтехнике [4,30,59,131,132,145].

Рынок сервисного обслуживания и восстановления деталей так и остался неразвитым. Специализированные компании с филиалами есть лишь в крупных регионах, в то время как на остальной территории хозяйствам приходится полагаться на мелкие частные мастерские с ограниченными возможностями. Большинство фермерских хозяйств не в состоянии проводить сложный ремонт узлов и агрегатов, т.к. отсутствуют капитальные ремонтные мастерские. Это вынуждает проводить техническое обслуживание и ремонт под открытым небом, что особенно критично в межсезонье. Низкая температура, осадки и пыль не просто создают неудобства для механиков, но и напрямую влияют на качество работ. Так в подшипники и двигатели попадает грязь, а регулировки, сделанные на морозе, теряют точность [129,131,132].

Высокая стоимость владения и обслуживания импортной техники – это главная проблема, которая часто делает её экономически невыгодной для хозяйств в засушливых регионах, таких как Северный Казахстан, где урожайность значительно ниже, чем в традиционных зонах земледелия. Представлена информация по наличию комбайнов дальнего и ближнего зарубежья в Алтынсаринском районе в таблице 1.1 из приложения 1 [11,12,20].

Природа северных регионов Казахстана – это зона рискованного земледелия. Резко континентальный климат, дефицит влаги и сложные почвы делают сельское хозяйство здесь очень зависимым от погодных условий. Регион находится на стыке двух крупных физико-географических стран: Западно-Сибирской равнины и Казахского мелкосопочника (Сары-Арка). Это обуславливает разнообразие рельефа — от плоских равнин на севере до холмисто-рядовых возвышенностей в центральной и южной частях.

Сравнительный анализ урожайности по северным регионам представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Сравнительный анализ урожайности по северным регионам

Показатель	Костанайская область	Северо-Казахстанская область (СКО)	Акмолинская область
Урожайность 2024	14,0 ц/га	18,6 ц/га	14,1 ц/га
Урожайность 2025	12,5 ц/га (в начале сентября)	~21,0 ц/га	16,3 ц/га
Валовой сбор 2025	5,8 млн тонн	6,5 млн тонн	7,6 млн тонн
Посевные площади	4,1 млн га зерновых (2025)	3,3 млн га зерновых (2025)	5,5 млн га всех культур (2025)

Как видно из таблицы, самый большой скачок урожайности в 2025 году показала Северо-Казахстанская область. Ей удалось не только значительно превысить свой результат 2024 года, но и обойти другие регионы, собрав в среднем 21 центнер с гектара. При этом по валовому сбору Акмолинская область традиционно является лидером, собрав рекордные 7,6 млн тонн.

Специфика частных хозяйств, где основная ставка делается на технику малой мощности, является фундаментальной особенностью аграрного сектора Казахстана. Малые формы хозяйствования основа АПК страны. Крестьянские и фермерские хозяйства составляют 66,4% от всех сельхозпроизводителей, а с учетом личных подсобных хозяйств (ЛПХ) их доля еще выше. На них приходится значительная доля продукции. Мелкие хозяйства производят около 80% всей сельхозпродукции, что особенно заметно в животноводстве и овощеводстве. Например, в животноводстве на частный сектор (крестьянские и личные подсобные хозяйства) приходится около 90% поголовья крупного рогатого скота. Из более чем 212 тысяч фермерских хозяйств лишь 15% имеют доступ к новой технике. Остальные 85% вынуждены работать на устаревших машинах советского производства, ресурс которых давно выработан. Из

почти 148 000 тракторов и 38 000 комбайнов в республике менее 10% – это маломощные модели до 60 л.с. В техническом обеспечении растениеводства северного Казахстана в последние годы происходило заметное снижение.

Анализ состояния машинно-тракторного парка (МТП) Костанайской области показывает системную динамику, которую можно охарактеризовать как «интенсивную терапию». С одной стороны, наблюдается критическое старение и высокий износ, но с другой – беспрецедентные меры государственной поддержки и рекордные темпы обновления, которые, хотя и не решают проблему мгновенно, уже дают ощутимые результаты. По данным управления сельского хозяйства Костанайской области (на 1 января 2010, 2015 и 2020г.) в разрезе сельхоз формирований и стран производителей представлена в приложениях 4, 5 и 6, таблицы 1,4; 1,5 и 1,6.

Проблема динамики машинно-тракторного парка в Костанайской области заключается не просто в его количественном сокращении. Суть проблемы в структурной «ловушке» т.е. при формальном росте темпов обновления, ядро парка по-прежнему составляют физически и морально устаревшие машины, которые формируют высокие издержки и низкую технологическую готовность. Это явление можно охарактеризовать как «структурное старение», вызванное комплексным влиянием экономических, технологических, кадровых и институциональных факторов [8,11,12,14,31,49]. В таблице 1.2. представлена динамика состояния машинно- комбайнового парка Костанайской области.

Более 75% техники работает дольше нормативного срока, что является прямой причиной снижения производительности и потерь урожая. В области инициирована программа по списанию порядка 15 тыс. единиц устаревшей техники, включая 12,2 тыс. тракторов и 2,8 тыс. комбайнов. Доля импортной техники достигает 95%, что делает парк уязвимым к колебаниям курсов валют и требует развития собственного производства запчастей.

Таблица 1.2 – Динамика состояния МТП в хозяйствах Костанайской области.

Показатель	Значение / Данные
Общее количество техники	~28 000 ед.
Уровень износа	~50% (изношенная техника)
Старение парка	76% машин эксплуатируются >10 лет
Доля импортной техники	До 95% в общем объеме поставок
Количество тракторов	21 900 ед.
Количество комбайнов	8 500 ед.
Нагрузка на 1 комбайн	Снижена с 371 га (2013 г.) до 357 га (2014 г.)
КТГ тракторного парка	93% (на ВПР)

В области насчитывается около 28 тысяч единиц сельхозтехники. Основу парка составляют порядка 19,2 тыс. тракторов и 7,9 тыс. комбайнов. По оценкам, половина всей техники (около 14 тысяч единиц) признана изношенной. Особую проблему представляет большое количество машин советского производства («СК-5», «Нива») возрастом более 25 лет, которые до сих пор эксплуатируются в хозяйствах.

Приспособленность к климатическим и ландшафтным условиям является главным фактором, определяющим успех сельхозпроизводителя в Казахстане. Техника должна быть не просто мощной, а надёжной и технологичной, способной работать без сбоев в короткие агросроки и на сложных полях [12,15,21,39,58,75,164,166, 172]. Создание сборочных производств мировых брендов на территории Казахстана (например, комбайнов CLAAS TRION в Петропавловске, техники "Ростсельмаш" в Кокшетау, а также кооперация с "Гомсельмашем") позволяет не только упростить логистику, но и адаптировать модели под местные агротребования.

Использование и модернизация технического потенциала напрямую нацелены на повышение фондообеспеченности, фондовооруженность, энергообеспеченность и энерговооруженность. Например, программа обновления парка в Костанайской области, где в 2025 году было закуплено

более 1,3 тыс. единиц техники, призвана увеличить как фондообеспеченность (за счет роста стоимости фондов), так и энерговооруженность (за счет поступления более мощных машин). Взаимосвязь здесь прямая: улучшение любого из них создает основу для роста производительности и, как следствие, урожайности.

Однако годовая инфляция в 2025 году в Казахстане составила 12,3%, а продовольственные товары подорожали на 13,5%. Это означает, что любое расширение производства, особенно с привлечением дополнительной рабочей силы, сталкивается с лавинообразным ростом издержек: растут цены на ГСМ, удобрения, логистику, и, как следствие, себестоимость продукции. В таких условиях фермеры уже говорят, что «рентабельности нет», особенно при выращивании традиционных культур вроде пшеницы [28,29].

Для оптимизации производственных процессов в растениеводстве и снижения затрат труда на единицу продукции и единицу энергопотребления, необходимо повысить эффективность использования энергетических ресурсов. Это может быть достигнуто путем повышения уровня технической готовности, качества технического обслуживания и ремонтных работ, а также улучшения качественного состава комбайнового парка сельскохозяйственного предприятия [22,26,32].

Результаты проведенных исследований указывают на необходимость проведения мероприятий, направленных на повышение качества технического обслуживания (ТО) и ремонта сельскохозяйственных комбайнов, что, в свою очередь, способствует улучшению технической готовности в растениеводстве. Для реализации этих мероприятий требуется наличие хорошо оснащенных производственно-технических баз или мастерских, предназначенных для выполнения соответствующих работ.

1.2 Техническое переоснащение сельского хозяйства и перспективы

Оптимизация состава комбайнового парка – одна из ключевых задач для сельхозпредприятий, решение которой напрямую влияет на экономическую эффективность и сохранность урожая. Это комплексная задача, которая

опирается на две основные составляющие: количественный и качественный анализ. Правильно сформированный парк должен не только убирать все площади в оптимальные сроки, но и делать это с минимальными затратами [18,20,27].

Осуществление такой концепции не может обойтись без содействия областных и государственных структур. Карта расположения хозяйств Алтынсаринского района Костанайской области, приложение 7. Присутствие импортной продукции на рынке сельского хозяйства, повысило требования к производителям сельхозпродукции.

Готовность тракторного и комбайнового парка Костанайской области динамичный процесс, в котором позитивные сдвиги соседствуют с серьезными проблемами. Благодаря напряженной работе ремонтных служб к началу каждого сезона удается подготовить практически 100% имеющейся техники. Фундаментальная проблема старения парка (50% машин старше 25 лет, половина парка изношена) остается острой и требует системного решения в виде устойчивого многолетнего обновления. Процесс обновления критически зависит от эффективности и доступности государственных программ лизинга и субсидирования, которые пока не в полной мере решают проблему из-за бюрократических и финансовых барьеров. Несмотря на поставленные приоритетные цели, достичь целевых показателей обновления (8,6% в 2026 году и 10% к 2030 году) будет непросто без устранения существующих проблем.

Переход от крупных механизированных бригад к мелким фермерским хозяйствам действительно создал парадоксальную ситуацию: при острой потребности в технике, платежеспособный спрос на нее со стороны большинства хозяйств оказался крайне низким [32,39,42].

Готовность машинно-тракторного парка (МТП) в Костанайской области главный показатель, который сейчас находится в точке перехода от «борьбы с наследием прошлого» к «плановой модернизации». С одной стороны, к началу полевых сезонов удастся мобилизовать почти весь имеющийся парк,

достигая 100-процентной готовности. С другой стороны, фундаментальная проблема износа остается острой – более половины всей техники (около 14 тыс. ед.) в области признана изношенной, значительная часть (50%) эксплуатируется более 25 лет, а к списанию намечено порядка 15 тыс. единиц техники. Годовая потребность в обновлении составляет 8-10%, а фактические темпы пока ниже.

По тракторам показатели готовности выглядят достаточно неплохо, особенно в разрезе критически важных весенне-полевых работ:

Техническая готовность определена к 93% к началу весенних полевых работ в 2025 г. и 100% к уборочной кампании. Всего в области насчитывается 19,2 тыс. тракторов. Тем не менее износ по тракторам также высок, например, в 2024 г. было списано 2,1 тыс. тракторов. За пять лет парк тракторов обновился на 1,7 тыс. единиц, что является позитивной, но пока недостаточной динамикой.

С комбайнами ситуация сложнее т.к. их гораздо меньше, чем тракторов, и каждый простой в страду гораздо критичнее.

Несмотря на то, что техническая готовность достигается 100% к уборочной страде в уборочной кампании 2025 г. было задействовано 7,9 тыс. комбайнов. Из-за высокого износа и старения простой вышедшего из строя комбайна может затянуться на 30-40% дольше норматива. Для сравнения, в более развитом районе из 633 комбайнов 428 были высокопроизводительными, что показывает тенденцию к улучшению качественного состава.

Процесс сокращения начался еще в 90-х годах прошлого века. Сравнение показателей за разные годы наглядно демонстрирует глубину проблемы (таблица 1.3). Количество тракторов в хозяйствах всех категорий сократилось с 166,3 тыс. в 2010 году до 139 тыс. на начало 2025 года. Ранее, в период с 2015 по 2020 год, парк тракторов уменьшился на 7 тыс. единиц. Количество зерноуборочных комбайнов за тот же период (2015-2020 гг.) сократилось на 6,3 тыс. единиц, достигнув к 2025 году 31 тыс. [137]. Ключевые

данные о капитальном ремонте и расходах на него по стране дает статистика за 2022 год (таблица 1.4).

Таблица 1.3 – Количество тракторов и комбайнов

Показатель	2023 г.	2025 г.
Количество тракторов (тыс. ед.)	~147–150	~139
Количество комбайнов (тыс. ед.)	~38–39	~31

Таблица 1.4 – Ключевые данные о капитальном ремонте и расходах на него по стране за 2022 год

Показатель	Количество отремонтированной техники	Общие расходы на ремонт	Доля капитального ремонта
Тракторы	~ 3 600 ед.	~ 4,66 млрд тг.	21,2%
Зерноуборочные комбайны	~ 1 700 ед.	~ 2,33 млрд тг.	17,8%

Исследования и расчеты показывают, что имеющаяся в наличии у хозяйств чрезмерно изношенная техника подтверждает:

- уменьшение выработки и рост приведенных затрат на механизацию работ;
- низкий уровень ТО и ремонта парка комбайнов;
- недостаточную материальную заинтересованность в соблюдении норм эксплуатации, ремонта и хранения техники.

Кризис в отрасли проявляется на нескольких уровнях, каждый из которых требует пристального внимания и решений.

Финансовое положение фермеров отмечается как нестабильное субсидирование из-за задержек фермеры рискуют не начать посевную в срок. Усугубляется это тем, что за 2024-2025 гг. количество крестьянских хозяйств сократилось на 14,4 тыс.

Острая нехватка квалифицированных механизаторов и инженеров на фоне высокого износа парка техники и частых поломок. Это ключевой узел

проблем, где пересекаются вопросы финансирования, образования и модернизации.

Устаревшая материально-техническая база не позволяет применять современные агротехнологии и ведет к высоким издержкам.

Эти кризисные явления усиливают друг друга, создавая замкнутый круг. В этой связи становится очевидна необходимость системных, а не разрозненных мер.

Таким образом, вывод отрасли из кризиса требует не просто увеличения финансирования, а качественного сдвига в методах. Ключевыми становятся условия систематизации от разрозненных субсидий к целостной поддержке на всех этапах – от поля до переработки [1,4,6,16,30,127]. Повышение эффективности возможно за счёт перехода от ручного управления к цифровому, от интуитивного земледелия к точному [151,152,153,163]. Создание условий для объединения фермеров и притока квалифицированных кадров на село способствуют кооперация и профессионализация.

1.3 Методологические основы формирования системы использования комбайнов

Современные технические достижения и внедрение высокопроизводительных комплексов в сельское хозяйство стимулируют необходимость разработки точных методических подходов. Оптимизация парка сельскохозяйственной техники представляет собой сложную и многомерную задачу, требующую учета множества факторов и применения разнообразных информационных источников и методов. Комплексный подход к решению этой задачи включает анализ текущих и будущих потребностей агропромышленного комплекса, оценку эффективности различных типов машин, а также прогнозирование изменений в сельскохозяйственных технологиях и рыночных условиях [5,10,26,50,152,154,172].

Методика исследования представляет собой трехуровневую структуру, объединяющую аналитические, расчетные и экономические методы в единую

систему, направленную на достижение главной цели – повышения технической готовности комбайнов.

Этап 1. Анализ исходного состояния объекта исследования. Этот этап служит фундаментом, на котором строится вся последующая работа. Основная цель выявить «узкие места» и количественно оценить масштаб проблемы.

Этап 2. Разработка и обоснование проектных решений. На втором этапе на основе выявленных проблем разрабатываются конкретные мероприятия по их устранению.

Этап 3. Оценка экономической эффективности. Заключительный этап, который переводит технические решения в плоскость экономической целесообразности и доказывает практическую ценность работы.

Казахстанские ученые внесли значительный вклад в изучение региональных особенностей АПК, включая анализ критического износа техники, поиск путей модернизации парка и адаптацию технологий к местным условиям.

С.К. Тойгамбаев в своей докторской диссертации «Повышение уровня технической обеспеченности в растениеводстве Республики Казахстан» (2021) он заложил теоретические и методические основы для формирования эффективной системы использования машин. В своих работах обосновал рациональную структуру ремонтно-обслуживающей базы сельхозтехники.

Ж.С. Садыков проводил исследования конкретным техническим решениям для уборочной техники и методам их изучения. Разработал методику исследования рабочих органов уборочных машин, а также математические и графические модели молотилки комбайна.

И.К. Кипшакбаев Академик, которого по праву считают одним из основоположников научной школы механизации в Казахстане. Его работы заложили основы для механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства в республике [47,56].

Д.К. Абулхаиров, чья деятельность сосредоточена на создании и совершенствовании технологических машин и оборудования для АПК, а

также на внедрении инноваций в ремонт. Включают механизацию заготовки грубых кормов, разработку сельхозоборудования и применение аддитивных технологий (3D-печати) для ремонта машин [98,100,110,111,113,138,170].

В.Л. Астафьев исследовал оснащенность хозяйств Костанайской области, определил проблемы технической оснащенности крестьянских (фермерских) хозяйств [93].

Российские ученые внесли фундаментальный вклад в области теории надежности, технического сервиса и системного анализа, разработав методологии, применимые в сельском хозяйстве Казахстана.

О.Н. Дидманидзе Академик РАН изучает проблемы ресурсосбережения и рационального использования транспортных средств в сельском хозяйстве. Его исследования посвящены взаимосвязи качества технической эксплуатации и эффективности машин.

И.Н. Кравченко и М.С. Захарова совместно с другими учеными в 2016 году разработали методику выбора критериев оптимизации при формировании МТП. В результате их анализа выяснилось, что в среднем 30% парка простаивает или находится в ремонте. Они предложили учитывать природ-но-климатические условия, возраст и условия работ, а также вводить поправочные коэффициенты для прогнозирования производительности и отказов.

А.Н. Пугачев является автором фундаментального труда «Советы комбайнеру», который заложил основы для создания экспертных систем по технологической регулировке машин. Его труды легли в основу разработок по созданию баз знаний для интеллектуальной настройки рабочих органов комбайнов.

И.И. Габитов (доктор технических наук, профессор, ректор Башкирского ГАУ) развивает научную школу технического сервиса. Он занимается вопросами интеллектуализации сервиса топливоподающих систем, диагностированием и техническим обслуживанием машин. И.М. Блянкинштейн (доктор технических наук) посвятил свои труды

совершенствованию технологического оборудования для технического сервиса, разработке новых методов сертификации и ремонта.

Большинство исследований решают задачи по отдельности т.е. одни оптимизируют парк, другие – режимы ТО, третьи – экономику. Комплексного подхода, который бы объединял эти аспекты в одну модель, позволяющую прогнозировать эффективность ПТБ в зависимости от уровня её оснащения, квалификации персонала и возрастной структуры парка, не разработано.

Современные требования к эффективности сельскохозяйственного производства диктуют необходимость комплексного подхода к оптимизации парка комбайнов, включающего анализ технических характеристик машин, технологических процессов и организационных аспектов управления. Важно учитывать не только экономическую целесообразность использования тех или иных машин, но и их соответствие современным агротехническим стандартам и требованиям безопасности.

Таким образом, для разработки более эффективных методик оптимизации использования машин необходимо провести комплексное исследование, включающее анализ современных конструкций комбайнов, технологических процессов их применения, а также организационных аспектов управления парком машин. Только такой подход позволит создать методики, учитывающие все аспекты сельскохозяйственного производства и обеспечивающие максимальную эффективность использования машин.

Предлагаемые методики повышения уровня технической готовности машинно-тракторного парка (МТП) основаны на анализе закономерностей и факторов, влияющих на производственный процесс. В основу комплектования МТП заложен экономический расчет, который учитывает как технические, так и экономические аспекты, обеспечивая оптимальное сочетание оборудования и ресурсов для достижения максимальной эффективности работы.

Представленная на рисунке 1.1 методика определения потребности в производственно-технических базах (ПТБ) применима как для малых крестьянских и фермерских хозяйств, так и для крупных

сельскохозяйственных производителей независимо от формы организации хозяйства. Данная методика позволяет определить оптимальные размеры (площади) производственно-технических баз [8,11,25,28,34,48].



Рисунок 1.1 – Блок-схема обоснования потребностей в ПТБ.

Одним из ключевых условий оптимизации парка машин при одновременном повышении уровня их технической готовности выступает комплексный учёт взаимосвязи между возрастным и марочным составом парка, реальной наработкой на отказ, а также мощностью и оснащённостью имеющейся производственно-технической базы. Без такого взаимосвязанного подхода любые решения по обновлению парка или реконструкции ПТБ теряют экономическую обоснованность [51,52,76,84,85]. На этапах оптимизации парка машин необходимо учитывать различные факторы [109,121,135,168].

Под первичной информацией понимаются данные о наличии и состоянии зданий, оборудования, оснастки, о численности и квалификации ремонтного персонала, а также о фактической загрузке ПТБ в различные сезоны [33,45,173]. В частности, к такой информации относятся:

- по зданиям и сооружениям: общая и производственная площадь, степень износа, наличие отопления, вентиляции, освещения, соответствие противопожарным нормам;
- по оборудованию и оснастке: перечень, количество, год выпуска, фактическое состояние, коэффициент загрузки, потребность в замене или модернизации;
- по персоналу: списочная и явочная численность ремонтных рабочих, их квалификационные разряды, стаж работы по специальности, потребность в обучении или повышении квалификации;
- по загрузке ПТБ: объёмы выполненных работ по ТО и ремонту в межсезонный и полевой периоды (чел.-ч), простои из-за отсутствия запчастей или оборудования, доля unplanned ремонтов.

Оптимизация и комплектование парка машин – это научно-обоснованный поиск такого состава и количества техники, который обеспечит выполнение всего объема полевых работ в установленные агросроки с минимальными суммарными затратами. Этот процесс лежит в основе повышения эффективности всего сельхозпроизводства.

На следующей стадии исследования необходимо перейти к рассмотрению научно-практических основ оптимизации и комплектования машинно-тракторного парка (МТП) в хозяйствах региона [63,107,147]. Данный этап предполагает детальный анализ ряда системообразующих факторов, определяющих эффективность использования техники. В первую очередь, это уровень специализации хозяйства (зерновое, животноводческое, смешанное и т.д.), который напрямую влияет на набор необходимых машин и орудий. Далее учитывается структуризация производства – то есть, как организованы технологические процессы, насколько они разделены или, напротив, интегрированы. Важным параметром выступает концентрация производства – размеры посевных площадей, поголовья скота, объёмы выпускаемой продукции, поскольку от этого зависит масштаб требуемого парка техники. Не менее значима и степень механизации существующих

процессов: какие операции уже механизированы, а где ещё применяется ручной труд или устаревшая техника. На основе комплексного анализа этих факторов – специализации, структуризации, концентрации и уровня механизации – формируется обоснованная потребность в реконструкции уже имеющихся производственно-технических баз (ПТБ) или в строительстве совершенно новых объектов. Такой подход позволяет не просто «закрыть текущие дыры», а создать перспективную систему технического сервиса, адекватную реальным задачам и ресурсам хозяйств региона.

Третьим ключевым аспектом исследования является изучение принципов формирования производственно-технических баз (ПТБ), а также детальный анализ этапов организации ремонтного производства [19,24,27,44,50,60,61,75,77,88,95]. В рамках данного этапа необходимо рассмотреть возможности и пределы использования существующих ПТБ для обслуживания как оптимизированного (перспективного) состава комбайнового парка, так и фактически наличного парка машин, который может иметь значительный износ и возраст. Особое внимание уделяется инженерным и экономическим предпосылкам, которые обосновывают необходимость принятия новых строительных решений в отношении ПТБ: реконструкции действующих помещений, дооснащения оборудованием или возведения совершенно новых объектов.

На четвёртой стадии исследования проводится комплексная обработка информации, собранной и проанализированной на первом, втором и третьем этапах. Полученные данные используются для оценки того, как оптимизация состава парка машин влияет на потребность в строительстве новых или реконструкции уже имеющихся производственно-технических баз в рассматриваемом регионе. Итогом этой стадии становится обоснование конкретных решений по развитию ремонтной инфраструктуры.

На пятой стадии исследования детально рассматриваются производственно-организационные вопросы, связанные с обеспечением эффективной взаимосвязи технических средств и технологии в

производственном цикле. Анализируется всё разнообразие агротехнических и технологических приёмов, используемых в сельском хозяйстве при выполнении различных технологических операций (вспашка, культивация, посев, уход за растениями, уборка урожая и т.д.), которые осуществляются с помощью комплекса машинных агрегатов (тракторов, комбайнов, прицепных и навесных орудий).

Шестой этап исследования посвящён вопросам перераспределения инвестиционных потоков между подразделениями агропромышленного комплекса. При этом учитываются организационно-экономические показатели использования машин, которые напрямую зависят от максимальной отдачи технического оснащения и качественной работы производственно-технической базы. Иными словами, инвестиции направляются в те звенья АПК, где современная техника и хорошо налаженный сервис обеспечивают наивысшую эффективность – рост производительности, снижение простоев, уменьшение потерь урожая. Такой подход позволяет связать финансовые решения с реальными технико-экономическими результатами, добиваясь максимальной отдачи от каждого вложенного рубля (тенге) в технику и ремонтную инфраструктуру.

Седьмая, заключительная стадия исследования подводит итоги всех предыдущих этапов. На основании полученных данных определяется фактический уровень развития механизированных работ в хозяйствах региона, а также разрабатывается система оптимизации всего парка машин (или только комбайнового парка) с целью повышения его технической готовности и экономической эффективности.

Разработанная методика решения задачи оптимизации парка машин может быть использована научно-конструкторскими предприятиями и исследовательскими институтами для дальнейшей модернизации комбайнов. Предложенная методика позволяет реализовать комплексное решение поставленной задачи, что наглядно представлено на рисунке 1.2.

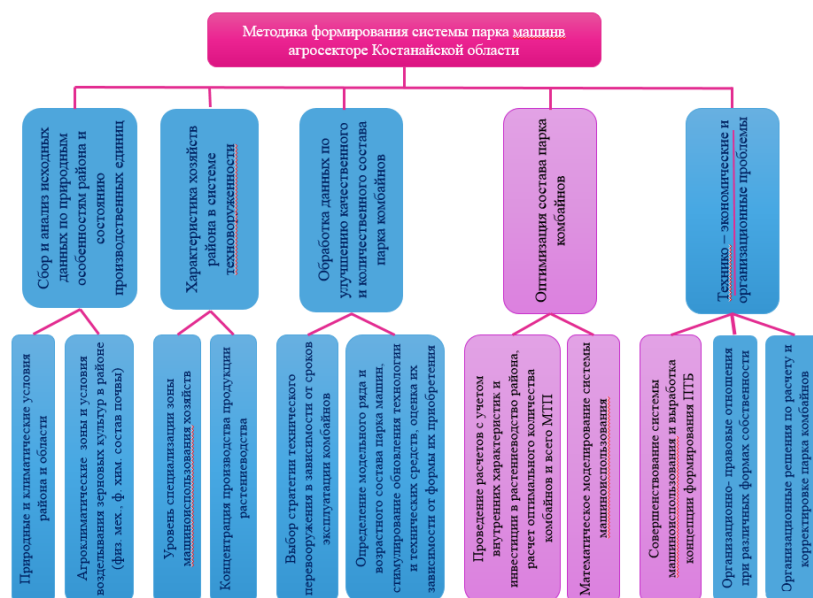


Рисунок 1.2 – Методика формирования системы машин для аграрного сектора севера Казахстана.

Предложенные выше подходы могут быть реализованы в хозяйствах несколькими способами:

1. Для мелких (фермерских) хозяйств в первую очередь создание кооперативов по совместному использованию дорогостоящей техники (МТС).
2. Для крупных предприятий это поэтапный план модернизации МТП с учетом фактического износа техники, возраста оборудования и технологической потребности в новых машинах. Такой подход позволяет управлять процессом замены парка, не допуская резкого роста капитальных затрат.

1.4 Адаптацией новой техники под производственные изменения в сельском хозяйстве с их эксплуатация

Адаптация новой техники под производственные изменения в сельском хозяйстве и её эксплуатация достаточно сложный процесс, который требует комплексного подхода. Он включает технологическую модернизацию, обучение персонала, изменение организационных процессов, учёт социокультурных факторов и поддержку со стороны государства. [39,41,42,43,62,64,68,76,86].

Современная сельскохозяйственная техника часто оснащена электроникой, системами автоматизации и цифровыми технологиями. Ключевым условием эффективного использования обновлённого парка машин является его интеграция в сложившиеся производственные процессы. Это неизбежно влечёт за собой ряд организационных изменений, таких как изменение технологических схем выполнения операций (например, переход от отдельной уборки к прямому комбайнированию, изменение маршрутов движения агрегатов); перераспределение задач между имеющимся оборудованием и персоналом, т.е. часть функций может быть автоматизирована, другие – переложены на более производительные машины, что требует пересмотра должностных инструкций и графиков работы; синхронизация с сопутствующими информационными системами и системами точного земледелия (GPS-навигация, карты урожайности), мониторинга почвы (влажность, плотность), управления складом (учёт зерна, семян, удобрений). Без такой синхронизации потенциал новой техники реализуется не полностью.

Внедрение систем удалённой диагностики, IoT-датчиков и аналитических платформ также позволяет отслеживать состояние техники в режиме реального времени, прогнозировать поломки и оптимизировать графики технического обслуживания.

Новая техника часто меняет характер труда механизаторов. Они становятся операторами, контролирующими работу автоматизированных систем. Для успешной эксплуатации необходимы:

- Образовательные программы. Обучение персонала работе с новыми технологиями, включая курсы по управлению оборудованием, чтению ошибок, базовому техническому обслуживанию.
- Информационные кампании. Повышение осведомлённости работников о преимуществах автоматизации для их работы и качества жизни.
- Преодоление технофобии. Многие сельские жители могут настороженно относиться к новым технологиям из-за страха потери работы

или непонимания принципов работы техники. Важно демонстрировать позитивные примеры и проводить практические занятия.

Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур в растениеводстве постоянно совершенствуется. Особенно заметен прогресс в технологиях выращивания орошаемых культур (например, риса, овощей, кормовых культур на поливных землях) [8,25,31,53,149,154]. Орошаемое земледелие, как правило, характеризуется более интенсивными севооборотами, высокими нормами внесения удобрений и средств защиты растений, а также жёсткими агротехническими сроками выполнения полевых работ – от закрытия влаги весной до уборки. Это, в свою очередь, требует не только совершенной техники, но и её безупречной технической готовности. Для хозяйств, возделывающих орошаемые культуры, особенно остро стоят вопросы оптимизации состава комбайново-тракторного парка и модернизации ПТБ, поскольку любая задержка с обработкой почвы, посевом или уборкой на орошаемых землях ведёт к быстрой потере влаги, снижению урожайности и прямым экономическим потерям.

Основная и объемная по масштабам и весьма значимая работа в сельском хозяйстве – это уборка зерновых, конечное после пахотных работ с почвой.

При уборке урожая зерновых культур выбор комбайнов осуществляется с учетом множества факторов, включая урожайность и всхожесть культуры, почвенно-климатические условия, а также возможности уплотнения почвы при работе техники. Особое внимание уделяется характеристикам почв и их генезису. Площадь посевов зерновых в пяти хозяйствах Алтынсаринского района Костанайской области на 2023 год представлена в приложении 8, таблица 7. Эти данные позволяют провести детальный анализ и оптимизировать процессы уборки с учетом специфики каждого хозяйства. [24,26,36142,143,158].

Реализация стратегии модернизации существующего парка техники требует переноса центра тяжести ремонтных работ с уровня отдельных

хозяйств на региональный уровень [40,50,74,91]. Вместо разрозненных ремонтных мастерских, которые часто не имеют современного оборудования и квалифицированных кадров, модернизацию комбайнов логично проводить на специализированных предприятиях. В Казахстане для этого уже есть необходимая база: это ТОО «КазТехМаш» в Петропавловске, собирающее комбайны Sampo Rosenlew, завод «КазАгроМаш», ТОО «Дормаш» в Костанаве и другие [114,139,148,150]. Такой подход позволяет не только снизить затраты хозяйств (модернизация комбайна может стоить 25 млн тенге, что в разы дешевле нового за 70 млн), но и привлечь к этой работе квалифицированных специалистов, что в конечном итоге повысит надежность и производительность машин.

На основе данного примера следует разработать методику, направленную на оценку соответствия современных комбайнов новым технологическим и производственным требованиям аграрного сектора. Это позволит выявить резервы повышения эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники через оптимизацию их конструкции, модернизацию отдельных узлов и агрегатов. В результате можно будет повысить производительность и надежность комбайнов, а также адаптировать их к изменяющимся условиям сельскохозяйственного производства.

1.5 Экономические и математические моделирования аспектов использования комбайнов

Экономическое и математическое моделирование аспектов использования комбайнов в сельском хозяйстве направлено на оптимизацию их работы, повышение производительности, снижение затрат и оценку эффективности. Такие модели позволяют анализировать технологические процессы, прогнозировать результаты эксплуатации и принимать обоснованные управленческие решения.

В современной науке экономико-математическое моделирование является ключевым инструментом для принятия обоснованных решений при формировании и эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП)..

Модели оптимизации парка техники направлены на поиск такого количества и марочного состава комбайнов, которое позволит выполнить весь объём уборочных работ в оптимальные агротехнические сроки с минимальными суммарными затратами [76,84,85].

Одной из наиболее перспективных методик является подход, учитывающий возможность варьирования продолжительностью выполнения механизированных работ в напряжённые периоды полевого сезона. Данный метод основан на итерационной корректировке результатов оптимизации с помощью традиционных моделей частично-целочисленного линейного программирования. Критерием оптимальности служит минимальная разница между экономией капиталовложений (за счёт покупки меньшего числа машин) и стоимостью потерь урожая от затягивания сроков уборки. Для реализации методики разработаны аналитические зависимости потерь урожая зерновых колосовых культур от продолжительности уборки.

Ученые Амурской области предложили способ оптимизации парка зерноуборочных комбайнов с использованием многофакторных математических численных методов и моделей по выделенным критериям. Такой подход позволяет найти оптимальное и эффективное решение по распределению уборочных агрегатов технологических комплексов с минимальными энергозатратами [6,27,30,38,48,54,57,78,96]. Данная методика особенно актуальна для хозяйств, не обладающих должным финансовым обеспечением и вынужденных максимально эффективно использовать имеющийся производственный потенциал.

В научной литературе рассматриваются два подхода к расчету комбайнового парка [46,49,65,86,96,100,116,126,140,144,146]:

Первый вариант – когда уборочная площадь задана. Парк комбайнов рассчитывается под известную площадь с разной продолжительностью уборки, но в границах агросрока.

Второй вариант – когда уборочная площадь не задана. Обосновывается парк комбайнов и рассчитывается, какую площадь он сможет убрать при различной продолжительности уборочных работ.

Для прогнозирования отказов и планирования технического обслуживания также применяются математические методы.

1. Предиктивная аналитика на основе нейросетей [48,56,66,67,76,79,81]. Российскими учеными создана цифровая платформа предиктивной аналитики сельхозтехники, которая при помощи анализа больших данных и методов искусственного интеллекта учит нейросеть выявлять проблемы до их возникновения. На основе данных телеметрии комбайнов модель способна выявить частоты вращения рабочих узлов, отличающиеся от номинальной в недопустимых пределах, и заблаговременно спрогнозировать неисправность, например, в ременных приводах [46,47,66,68,69,80,89,141,145,162,165].

2. Процессные модели обработки данных систем контроля [54,56,102,103,104,112,117,123,131,132,157]. Для обеспечения надёжности сложных самоходных машин разработаны способы предварительной обработки данных, получаемых с помощью автоматических систем контроля технического состояния комбайнов. Установлено, что сырые данные с аналитических систем не пригодны для анализа и прогнозирования, что связано с большим количеством пропущенных значений. Построение процессной модели позволяет получить структурированные и информативные данные для дальнейшего технического анализа [84,85,87,90,105,106,155].

Математические модели позволяют связать технические параметры работы комбайнов с экономическими показателями.

1. Математическая модель технико-экономических показателей. Данные модели позволяют установить эффективность крупнотоварных хозяйств и применения высокопроизводительных комбайнов, а также условия их оптимального использования. Приведена номограмма для расчета различных параметров комбайнового парка хозяйства.

2. Оптимизация эксплуатационных затрат [90,107,110,153]. На конкретном примере сельскохозяйственной организации Нижегородской области выполнена оптимизация зерноуборочных комбайнов, в результате которой эксплуатационные затраты и агротехнические сроки сокращаются. Прогнозирование показателей развития зерновой подотрасли позволило определить потенциальный объём валового сбора зерна и возможные затраты на его производство.

3. Экономическое обоснование выбора марки комбайна. При выборе комбайна ключевыми критериями выступают наименьшие удельные эксплуатационные затраты и меньшие потери зерна при уборке. Например, при замене комбайна СК-5М «Нива» на более современную модель годовой экономический эффект может составить 2,6 млн рублей, а прогнозируемый эффект за весь срок эксплуатации – более 8,8 млн рублей.

При выборе математической модели для распределения нагрузки комбайнов анализируются условия применения различных методов :

Линейное программирование – классический подход, но имеет недостатки при большой размерности задачи [26,46,107,108];

Динамическое программирование – позволяет учитывать многостадийность процесса уборки [109,116,117,122];

Алгоритм Дейкстры – эффективен для задач оптимизации маршрутов и потоков.

Экономико-математическое моделирование использования комбайнов превращает интуитивные управленческие решения в количественно обоснованные стратегии. Наиболее эффективны гибридные подходы, где оптимизационные и имитационные методы работают с реальными телематическими данными, а целевые функции отражают не только прямые затраты, но и риски, качество уборки и долгосрочную стоимость владения техникой.

Как отмечается в исследованиях, при увеличении количества используемых технических средств возрастает сложность структуры

математической модели, что делает её трудоёмкой. Поэтому в большинстве работ рассматривается альтернатива снижения размерности задачи.

Для данного исследования по повышению эффективности ПТБ и оптимизации парка комбайнов рекомендуется использовать комплексный подход, объединяющий:

Метод «гибких» сроков для обоснования оптимального количества комбайнов с учётом потерь урожая от затягивания уборочной кампании.

Многофакторные численные модели для учёта региональных особенностей (почвенно-климатические условия северных областей Казахстана).

Модели технико-экономических показателей для оценки эффективности различных вариантов состава парка.

Элементы предиктивной аналитики для прогнозирования отказов и планирования загрузки ПТБ в межсезонный период.

Такой подход позволит научно обосновать не только оптимальный состав комбайнового парка, но и требуемые мощности производственно-технической базы для его обслуживания.

1.6 Выводы

По результатам проведённого исследования, посвящённого повышению эффективности производственно-технических баз (ПТБ) при уборке зерновых культур (на примере хозяйств Костанайской области Республики Казахстан), можно сделать следующие основные выводы.

1. Современное состояние машинно-тракторного парка характеризуется критическим износом и низкой технической готовностью.

Уровень износа сельскохозяйственной техники в Казахстане, несмотря на позитивную динамику (снижение с 90% до 70% за четыре года), остаётся высоким. В Костанайской области из общего количества техники (около 28 тыс. ед.) более 50% признаны изношенными, а 76% машин эксплуатируются свыше нормативного срока (10 лет).

Коэффициент технической готовности (КТГ) зерноуборочных комбайнов составляет в среднем 57%, что значительно ниже нормативного значения (85-95%). Это приводит к простоям в уборочную страду, затягиванию агросроков и прямым потерям урожая (до 14% валового сбора).

Ежегодные темпы обновления парка (6-7%) пока не достигают целевого показателя (10%), хотя благодаря госпрограммам льготного лизинга и субсидирования закупки новой техники в 2025 году достигли рекордных 25 тыс. единиц.

2. Система технического сервиса и ПТБ требует кардинальной модернизации.

Большинство ранее существовавших ремонтно-технических станций (РТС) перепрофилированы или закрыты. Ремонт техники в хозяйствах часто ведётся кустарно, на открытых площадках, что не гарантирует качества, особенно при восстановлении сложных узлов (двигатели, гидравлика, электроника).

Обеспеченность предприятий АПК производственными площадями не превышает 50%, технологическим оборудованием – 47%, оснасткой – 15-40%. Рынок сервисных услуг развит только в крупных регионах.

Отсутствие современной ремонтной базы ведёт к увеличению времени восстановления техники на 30–40%, росту затрат на ремонт и топливо в среднем на 20% по сравнению с нормативами.

3. Раздробленность сельхозпроизводителей и дефицит квалифицированных кадров усугубляют технические проблемы

Дробление крупных механизированных бригад на множество мелких крестьянских и фермерских хозяйств (85% из них не имеют доступа к новой технике) привело к падению платёжеспособного спроса и консервации устаревшего парка.

Экономически нецелесообразно наращивать производство растениеводства путём привлечения дополнительной рабочей силы в условиях

кризиса; приоритетом является повышение производительности труда за счёт технической модернизации.

Кадровый дефицит (нехватка квалифицированных механизаторов и ремонтников, отсутствие у 72% работников профильного образования) и технофобия (боязнь новой техники) требуют создания на базе ПТБ центров компетенций для обучения и переподготовки персонала.

4. Методика обоснования потребности в ПТБ должна базироваться на системном анализе и учитывать региональные особенности

Разработанная в работе трёхэтапная методика (анализ исходного состояния → разработка проектных решений → экономическая оценка) опирается на нормативы РТП 37-87 и включает расчёт годовой трудоёмкости ТО и ремонтов, подбор оборудования, определение численности рабочих и площадей.

Ключевыми параметрами для расчёта являются: марочный и возрастной состав парка, фактическая наработка, статистика отказов, а также природно-климатические условия (резко континентальный климат, засушливость, тяжелосуглинистые почвы северных областей Казахстана).

Предложенный взаимосвязанный подход позволяет обосновать не только необходимую мощность ПТБ, но и оптимизировать состав комбайнового парка с учётом «гибких» агросроков и минимизации суммы капитальных вложений и потерь урожая.

5. Оптимизация парка комбайнов и развитие ПТБ дают значительный экономический эффект

Замена устаревших комбайнов (типа СК-5 «Нива») на современные модели, даже в условиях ограниченного финансирования, обеспечивает годовую экономию в несколько миллионов рублей (тенге) за счёт снижения расхода топлива, уменьшения потерь зерна и сокращения простоев.

Повышение КТГ с фактического 57% до нормативного 85-95% за счёт реконструкции ПТБ позволяет предотвратить потери урожая в размере до 10-

12%, что окупает капитальные вложения в ремонтную инфраструктуру за 2-4 года.

Экономико-математическое моделирование (многофакторные численные методы, имитационное моделирование, предиктивная аналитика на основе нейросетей) является эффективным инструментом для обоснования оптимального состава парка и прогнозирования отказов.

6. Научная и практическая значимость работы подтверждена анализом трудов ведущих учёных

Теоретической базой послужили работы казахстанских учёных (С.К. Тойгамбаев, Ж.С. Садыков, И.К. Кипшакбаев, Д.К. Абулхаиров, Е.Ж. Каспаков, В.Л. Астафьев), развивающих вопросы технической обеспеченности, моделирования уборочных процессов и региональной специфики.

Использованы фундаментальные результаты российской школы (О.Н. Дидманидзе, В.А. Евграфов, М.С. Захарова, А.Н. Пугачев, И.И. Габитов, И.М. Блянкинштейн) в области теории надёжности, технического сервиса, оптимизации МТП и экспертных систем.

Настоящее исследование интегрирует эти наработки применительно к условиям Костанайской области, что позволяет использовать её как для малых, так и для крупных сельхозпредприятий независимо от формы собственности.

Проблема низкой технической готовности зерноуборочных комбайнов в Казахстане имеет системный характер и не может быть решена только закупкой новой техники. Необходим комплексный подход, учитывающий вышеизложенные факторы.

ГЛАВА 2. Технический уровень эксплуатации и надежность самоходной сельскохозяйственной техники

2.1 Критерии оценки эффективности эксплуатации зерноуборочных комбайнов

Комплексная оценка эффективности эксплуатации зерноуборочных комбайнов строится на совокупности взаимосвязанных критериев, объединяющих технические, технологические и экономические аспекты.

Оценка эффективности эксплуатации зерноуборочных комбайнов представляет собой комплексную научно-практическую задачу, решение которой необходимо для выбора оптимальных технических средств, планирования уборочных работ и обоснования инвестиций в развитие производственно-технической базы. Объективность такой оценки достигается применением системы количественных показателей, охватывающих различные аспекты работы техники – от качества выполнения технологического процесса до экономической отдачи от использования машин.

Нормативной базой для проведения оценки служат межгосударственные стандарты, в первую очередь ГОСТ 28301-2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний», устанавливающий единые методы испытаний комбайнов, предназначенных для уборки зерновых колосовых культур, зернобобовых и риса прямым и отдельным комбайнированием. В исследовании применяются также ГОСТ 24055-2016 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки», устанавливающий общие положения, показатели и методы их получения, обработки и анализа при проведении испытаний сельскохозяйственной техники с учётом условий эксплуатации и особенностей выполнения технологического процесса, и ГОСТ 20793-86 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание», регламентирующий систему планово-предупредительного технического обслуживания.

Согласно ГОСТ 28301-2015, качество работы зерноуборочного комбайна оценивается по трём основным параметрам, которые контролируются при испытаниях и в процессе эксплуатации: потери зерна за комбайном, дробление зерна и засорённость зерна. Требования к методам и условиям испытаний установлены также в ГОСТ 24055-2016 (рисунок 2.1).

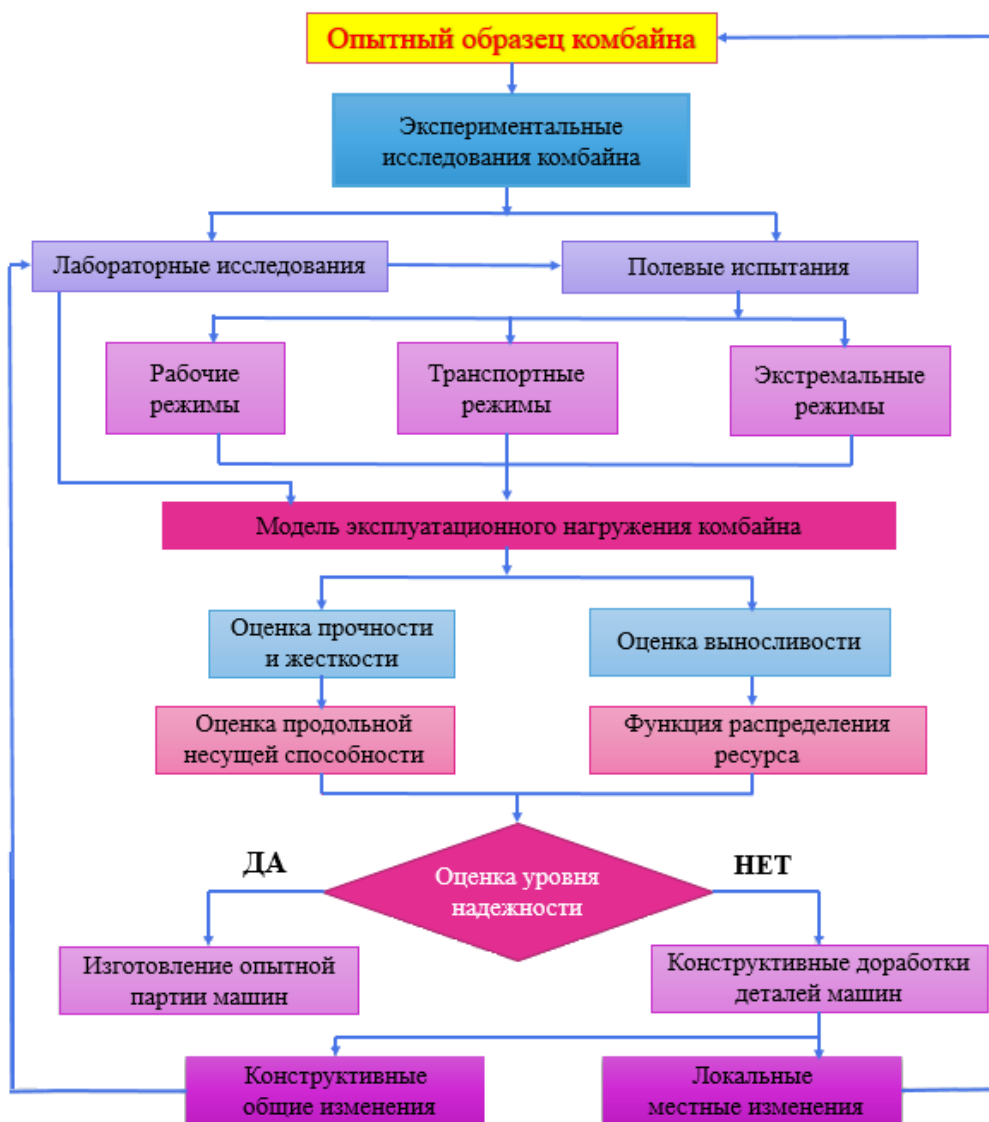


Рисунок 2.1 – Схема оценки заданного уровня надежности деталей машины

1. Потери зерна за комбайном. Потери зерна являются наиболее значимым показателем, определяющим сохранность урожая. Согласно ГОСТ 28301-2015, потери зерна молотильно-сепарирующим устройством не должны превышать 1,5%. Однако в ряде научных источников предельно допустимый норматив потерь составляет 2,5–3,0%, что объясняется различиями в

методиках измерения и условиях испытаний (бункерные потери, потери за жаткой и т.д.).

Потери зерна подразделяются на:

- Потери за жаткой - зерно, оставшееся на стерне, осыпавшееся при срезе или выбитое мотовилом.
- Потери за молотилкой - невымолоченные колосья в соломе, зерно, ушедшее с половой.
- Бункерные потери - зерно, не попавшее в бункер из-за негерметичности системы.

Причины повышенных потерь могут быть связаны как с техническим состоянием комбайна (износ рабочих органов, нарушение регулировок), так и с условиями эксплуатации (полеглость хлебов, повышенная влажность).

2. Дробление зерна. Дробление зерна – это процент механически повреждённых зёрен в бункере. Повышенное дробление существенно снижает качество зерна, особенно при использовании его для семенных целей. Причинами являются неверная регулировка зазоров в молотильном аппарате, повышенная частота вращения барабана, износ подбарабанья. Для экспериментальной оценки дробления стандарт использует понятие «макротравмирование зерна».

3. Засорённость зерна. Засорённость зерна – это содержание в бункерном зерне примесей (половы, сорняков, земли, битых зёрен). Данный показатель влияет на последующие затраты на очистку и сушку, а также на конечную цену реализации зерна. Причины: неправильная настройка системы очистки (решёта, вентилятор), повышенная влажность вороха.

Современные технико-экономические модели оценки эффективности использования зерноуборочных комбайнов основаны на предположении, что основные эксплуатационные показатели остаются неизменными на протяжении всего срока службы машины [29,68,91,92,108].

При проведении исследований в данном направлении необходим постоянный мониторинг работы зерноуборочных комбайнов. Имеющийся

объём информации позволяет оценить динамику показателей надёжности комбайнов «Енисей-1200» в процессе их эксплуатации у потребителя.

Как показывают исследования, в случае работы комбайнов «Енисей-1200» с наработкой 4250–6500 моточасов при своевременном обслуживании. Коэффициент надёжности технологического процесса в испытаниях достигал 1,0 при правильной настройке.

По данным исследований, при наработке свыше 4000 моточасов интенсивность отказов возрастает в 1,5-2 раза из-за усталостного износа подшипников, ремней, режущих аппаратов;

В интервале 4250-6500 часов большинство комбайнов данного класса требуют первого капитального ремонта молотильного аппарата или двигателя, что снижает доступность техники.

Таким образом, системный подход к оценке эффективности эксплуатации зерноуборочных комбайнов требует использования взаимосвязанной системы критериев, охватывающих качество уборки, надёжность, экономику и организацию технического сервиса.

2.2 Основные пути повышения надёжности сельскохозяйственной техники

Основные пути повышения надёжности сельскохозяйственной техники лежат в комплексной плоскости, объединяя меры, применяемые на этапах проектирования, производства, эксплуатации и ремонта. Комплексное решение этих вопросов способствует росту производительности и снижению затрат в сельском хозяйстве.

От того, как используется и обслуживается техника, зависит, насколько долго она сохранит заложенную в нее надёжность.

Добиться этого можно при правильной эксплуатации и строгого соблюдения рекомендаций по режимам работы, качеству топлива и масел, проведение качественной обкатки новых машин и обеспечение правильного хранения в межсезонье. Немало важным является качественное и своевременное ТО за счёт создание необходимой материально-технической

базы для проведения ТО и развитие сети сервисных центров, ответственных за сопровождение техники [60,131].

Принудительное (упреждающее) восстановление также является основой надежности, к примеру при замена узлов с истекающим ресурсом для предотвращения серьезных поломок.

Основным направлением в научных исследованиях ведутся на тему сокращение времени ремонта, развитие дилерской сети, оптимизации логистики и создание мобильных ремонтных бригад для быстрой доставки запчастей в поле

Надежность сельскохозяйственной техники (и любых машин в целом) определяется комплексом факторов, которые можно разделить на четыре основные группы: конструктивные, производственные, эксплуатационные и ремонтные.

1. Конструктивные факторы, которые закладываются при проектировании. Это наиболее фундаментальная группа, определяющая потенциальную надежность машины. Прочность и жесткость деталей – это способность выдерживать рабочие нагрузки без остаточных деформаций и разрушений.

Износостойкость трущихся пар повышается за счёт выбора материалов, термообработки, зазоров и систем смазки. Устойчивость к вибрациям и ударным нагрузкам особенно важно для почвообрабатывающих и уборочных машин.

Резервирование – наличие дублирующих систем (например, независимые приводы тормозов, многоконтурные гидросистемы). Унификация и взаимозаменяемость облегчает ремонт и снабжение запчастями. Доступность для обслуживания удобство проведения ТО и замены узлов.

2. Производственные факторы включая качество изготовления. Даже лучшая конструкция будет ненадежной при низком качестве производства. Точность изготовления – отклонения размеров и формы снижают ресурс

сопряжений. Качество материалов – соответствие спецификациям, отсутствие дефектов (раковин, трещин, неметаллических включений). Технология сборки – соблюдение затяжек, люфтов, центровок. Контроль качества – выявление дефектов на выходе (неразрушающий контроль, обкатка).

3. Эксплуатационные факторы, такие как условия и режимы работы. Они определяют, насколько полно реализуется заложенная надежность при различных режимах нагружения – превышение паспортной производительности, работа на предельных скоростях. Немало важными факторами является квалификация персонала, а именно навыки механизатора, соблюдение инструкций по эксплуатации.

Качество топлива, масел, смазок – использование некондиционных ГСМ резко ускоряет износ [60,132,135,152].

Условия хранения – защита от коррозии, перепадов температур, влажности (особенно в межсезонье).

Сезонная нагрузка – интенсивное использование в сжатые агросроки ведет к повышенному износу.

Агрофон – засоренность полей камнями, влажность почвы, запыленность.

4. Ремонтные факторы (качество восстановления)

После ремонта надежность обычно снижается, и степень этого снижения зависит от:

Качества ремонта – точность восстановления размеров, замена на оригинальные или неоригинальные запчасти.

Уровня технологии – применение специализированного оборудования (стенды для диагностики, разборки-сборки).

Наличия сервисной сети – оперативность и квалификация ремонтных бригад.

Прогнозирования отказов – своевременная замена узлов с выявленным снижением ресурса.

Специфические факторы для сельхозтехники [111,112,118]:

Абразивный износ – работа в среде почвы и растительных остатков (ножи, режущие аппараты, транспортеры).

Влияние биологических сред – кислотность сока растений, удобрений, навоза (коррозия).

Погодные условия – дождь, пыль, перепады температур от отрицательных до +40°C.

Сжатые сроки уборки – вынужденная работа с перегрузками, что увеличивает частоту отказов.

Все эти факторы взаимосвязаны даже при идеальной конструкции и производстве, грубая эксплуатация или плохой ремонт сведут надежность к нулю. И наоборот, высококачественное обслуживание может частично компенсировать конструктивные недостатки, но не полностью.

2.3 Оценка граничных параметров и надежности сельскохозяйственной техники на основе физико-математических моделей отказов

Надежность сельскохозяйственной техники имеет вероятностную природу из-за случайного характера многих факторов: нагрузок, условий эксплуатации, свойств материалов, качества изготовления. По этой причине все показатели надежности являются статистическими величинами, определяемыми на основе обработки данных, полученных в ходе эксплуатационных наблюдений или специальных испытаний.

В теории надежности используются как точечные оценки (средняя наработка на отказ, среднее время восстановления), так и интервальные оценки (доверительные границы для параметров распределения). Основные показатели надежности сельскохозяйственной техники представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Основные показатели надежности сельскохозяйственной техники

Показатель	Обозначение	Размерность	Физический смысл
Вероятность безотказной работы	$P(t)$	относительная	Вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникнет
Наработка на отказ	T_0	мото-ч, ч	Средняя наработка между двумя соседними отказами
Интенсивность отказов	$\lambda(t)$	1/мото-ч	Условная плотность вероятности возникновения отказа в момент времени t при условии, что до этого отказа не было
Среднее время восстановления	T_B	ч, мото-ч	Среднее время, затрачиваемое на поиск и устранение одного отказа
Коэффициент технической готовности	КТГ	относительный	Вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени
Гамма-процентный ресурс	T_γ	мото-ч	Наработка, в течение которой объект не достигает предельного состояния с вероятностью $\gamma\%$
Коэффициент оперативной готовности	Ког	относительный	Вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени и безотказно проработает заданное время

Схемно-конструктивная надежность оценивается:

1. Расчетно-экспериментальный методом, где основной метод оценки, сочетающий математические расчеты и натурные испытания.
2. Методом структурных схем, где сложная система (например, гидравлика) разбивается на отдельные элементы, для которых известна надежность. Соединяя их последовательно или параллельно в зависимости от их влияния на работоспособность, рассчитывают общую надежность системы.

3. Современными CAD/CAE-системами, где 3D-моделирование и расчеты методом конечных элементов (МКЭ) позволяют проводить виртуальные испытания на прочность и долговечность, значительно ускоряя и удешевляя процесс разработки.

4. Заключительный и самый важный этап проверки, который включает полигонные и эксплуатационные испытания, а также испытания на усталостную прочность ключевых элементов конструкции.

Технологическая надёжность – это свойство агрегата (машины) выполнять свои функции в соответствии с агротехническими требованиями в течение заданного промежутка времени при определённых условиях функционирования.

Если проектная надёжность – это заложенный в неё на стадии чертежей потенциал, то технологическая – это способность техники стабильно и качественно выполнять свою работу – убирать зерно с минимальными потерями и в срок – под воздействием реальных полевых факторов.

Для получения достоверных статистических данных об отказах сельскохозяйственной техники применяется комплекс методов, включающий:

1. Микрометраж – метод сбора статистических данных о наработке на отказ и времени восстановления путем непосредственных замеров в эксплуатационных условиях. Проводится с применением специальных измерительных инструментов и ведением журналов учета. Микрометраж позволяет определить:

- суммарную наработку каждого комбайна за наблюдаемый период (мото-ч);
- количество и виды отказов по каждому узлу;
- время простоя на ТО и ремонт каждого отказа;
- затраты на запасные части и ремонтные работы.

2. Выборочный контроль технического состояния, проводимый с определенной периодичностью (обычно через 500-1000 мото-ч) осмотр и

диагностика узлов комбайнов с целью выявления скрытых дефектов и оценки остаточного ресурса.

3. Статистическая обработка данных основанный на построение вариационных рядов наработки до отказа, определение закона распределения отказов, расчет точечных и интервальных оценок показателей надежности. При обработке данных определяются следующие статистические характеристики:

- Математическое ожидание наработки на отказ (среднее значение);
- Дисперсия и среднеквадратическое отклонение – характеризуют рассеивание случайной величины;
- Мода – наиболее вероятное значение наработки на отказ;
- Медиана – значение, относительно которого половина отказов происходит раньше, а половина - позже;
- Асимметрия и эксцесс – показатели формы распределения;
- Коэффициент вариации – отношение среднеквадратического отклонения к математическому ожиданию, характеризующее степень разброса.

4. Экспертные методы – опрос высококвалифицированных специалистов (главных инженеров хозяйств, механиков, сервисных инженеров) для выявления наиболее часто встречающихся типов отказов, определения причин их возникновения и оценки влияния условий эксплуатации на надежность.

5. Анализ эксплуатационной документации – изучение журналов учета наработки, протоколов диагностики, актов рекламаций и гарантийных случаев [133].

Износ является основной причиной постепенных отказов сельскохозяйственной техники, на долю которых приходится до 90% всех отказов при длительной эксплуатации (свыше 5 лет). Физическая сущность износа заключается в постепенном разрушении поверхностного слоя материала детали под действием сил трения и абразивных частиц.

Качественное и количественное описание этого процесса требует применения аппарата механики контактного взаимодействия, трибологии и диффузионной кинетики.

При работе деталей сельскохозяйственной техники возникают различные виды трения:

1. Трение скольжения (в шарнирах цепей, подшипниках, направляющих);
2. Трение качения (в зубчатых передачах, подшипниках качения);
3. Трение с присутствием абразива (в рабочих органах почвообрабатывающих машин, в механизмах, работающих в запыленной среде).

Для сельскохозяйственной техники наиболее характерны следующие механизмы изнашивания:

1. Абразивное изнашивание – самый интенсивный вид, при котором твердые частицы (песок, частицы почвы) царапают и срезают материал;
2. Усталостное выкрашивание – при контакте качения (подшипники, шарниры);
3. Износ при схватывании (задиры) – при недостаточной смазке и высоком давлении;
4. Коррозионно-механический износ – при одновременном действии трения и химической среды.

Величина износа деталей зависит от большого количества факторов: свойств материалов контактирующих тел, давления в контакте, скорости относительного перемещения, пути трения, характера смазки, наличия абразивных частиц и т.д.. В общем виде зависимость износа U от времени выражается следующим уравнением:

$$U = \int_0^t \alpha \cdot p(t) \cdot v(t) \cdot dt \quad (2.1)$$

где: U – величина износа (линейная или объемная), мм, мм³;

α – коэффициент износа, зависящий от свойств материалов и условий трения;

$p(t)$ – давление в контакте, изменяющееся во времени, МПа;

$v(t)$ – скорость относительного скольжения, м/с;

t – время работы, с.

Для реальных деталей давление и скорость в контакте могут существенно изменяться во времени в зависимости от режима и условий эксплуатации

Наиболее известной и широко применяемой физико-математической моделью износа является модель Аркарда, описывающая объемный износ при трении и абразивном воздействии:

$$V = k \cdot \frac{W \cdot S}{H} \quad (2.2)$$

где: V – объем удаленного материала, мм³;

k – безразмерный коэффициент износа (от 10^{-6} до 10^{-2} в зависимости от условий трения);

W – нормальная нагрузка, Н;

S – путь трения, м;

H – твердость изнашиваемого материала, МПа.

В дифференциальной форме модель Аркарда записывается как:

$$\frac{dV}{dS} = k \cdot \frac{W}{H} \quad (2.3)$$

Модель Аркарда получила широкое распространение благодаря своей простоте и физической обоснованности. Недостатком является необходимость экспериментального определения коэффициента износа k для каждой пары материалов и условий трения.

В работах ряда авторов предложены модели износа, основанные на гипотезе о том, что износ пропорционален работе сил трения, рассеянной в зоне контакта:

$$U = k_s \cdot A_{mp} \quad (2.4)$$

где: U – линейный износ, мм;

k_3 – энергетический коэффициент износа, мм/Дж;

$A_{тр} = \mu \cdot N \cdot S$ – суммарная работа сил трения, Дж;

μ – коэффициент трения;

N – нормальная нагрузка, Н;

S – путь трения, м.

Энергетический подход удобен тем, что позволяет связать износ непосредственно с энергетическими характеристиками процесса трения, которые могут быть измерены при испытаниях.

При стационарном режиме работы машины ($p = \text{const}$, $v = \text{const}$) и постоянном коэффициенте износа α уравнение изнашивания упрощается:

$$U(t) = \alpha \cdot p \cdot v \cdot t \quad (2.5)$$

При этом суммарный износ линейно растет во времени, а интенсивность изнашивания (скорость износа) остается постоянной:

$$I = \frac{dU}{dt} = \alpha \cdot p \cdot v \quad (2.6)$$

Ресурс детали T (время до достижения предельного износа $U_{пред}$) определяется как:

$$T = \frac{U_{пред}}{\alpha \cdot p \cdot v} \quad (2.7)$$

Критический износ – это величина износа, при которой деталь перестает выполнять свою функцию из-за нарушения геометрических параметров сопряжения. Для сопряжений «вал-втулка» (шарниры цепей, подшипники скольжения) критический износ равен величине, при которой зазор достигает максимально допустимого значения:

$$\Delta_{кр} = \Delta_0 + U_{кр}^в + U_{кр}^{отв} \quad (2.8)$$

где: Δ_0 – начальный зазор в сопряжении;

$U_{кр}^в$ – износ вала к моменту отказа;

$U_{кр}^{отв}$ – износ отверстия к моменту отказа.

Предельный износ – это величина износа, при которой дальнейшая эксплуатация становится небезопасной или экономически нецелесообразной (затраты на ремонт сопоставимы со стоимостью новой детали или машины). Обычно предельный износ принимается равным $(1,5-2,0) \times U_{кр}$.

Используемые в некоторых случаях расчеты деталей сельскохозяйственных машин на долговечность при их конструировании несовершенны, а зачастую вообще отсутствуют обоснованные расчеты допустимых износов, обеспечивающих высокое качество работы машины. Поэтому большое практическое значение имеют результаты экспериментальных исследований и данные микрометража.

Поскольку отказы сельскохозяйственной техники носят случайный характер даже в детерминированных условиях эксплуатации, в теории надежности широко используются вероятностные (стохастические) модели, основанные на законах распределения случайных величин. Наиболее распространенными являются экспоненциальное распределение, распределение Вейбулла и нормальное распределение.

Экспоненциальное распределение ($\lambda = \text{const}$) наиболее часто используется для описания отказов в период нормальной эксплуатации, когда интенсивность отказов приблизительно постоянна. Оно имеет следующие характеристики.

Функция (плотность) распределения:

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}, t \geq 0 \quad (2.9)$$

Функция надежности (вероятность безотказной работы):

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.10)$$

Интенсивность отказов:

$$\lambda(t) = \lambda = \text{const} \quad (2.11)$$

Средняя наработка на отказ:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} \quad (2.12)$$

Дисперсия наработки на отказ:

$$D[T] = T_0^2 = \frac{1}{\lambda^2} \quad (2.13)$$

Основное свойство экспоненциального распределения – отсутствие памяти («старение» отсутствует): вероятность безотказной работы в последующий интервал времени не зависит от предыстории работы. Это свойство делает его незаменимым для описания внезапных отказов, вызванных случайными перегрузками, дефектами сборки, ошибками оператора.

Распределение Вейбулла является более гибким, чем экспоненциальное, и применяется для описания как ранних (период приработки), так и поздних (период износа) отказов, а также внезапных отказов ($\beta = 1$).

Функция распределения Вейбулла:

$$F(t) = 1 - e^{-(t/\eta)^\beta}, t \geq 0 \quad (2.14)$$

Функция надежности:

$$P(t) = e^{-(t/\eta)^\beta} \quad (2.15)$$

Интенсивность отказов:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.16)$$

Средняя наработка на отказ:

$$T_0 = \eta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.17)$$

где: β – параметр формы ($\beta > 0$), определяющий характер изменения интенсивности отказов;

η – параметр масштаба ($\eta > 0$), мото-ч;

$\Gamma(x)$ – гамма-функция.

Учитывая случайный характер большинства факторов и комплексов воздействий, для исследования, анализа и расчета выходных погрешностей элементов применяются статистические методы, многофакторный анализ, ранговая корреляция и т.д.

Под эксплуатационной надежностью понимают комплексное свойство технического объекта, которое заключается в его способности выполнять заданные функции, сохраняя свои основные характеристики в определенных условиях эксплуатации в течение установленного промежутка времени. Она является ключевой характеристикой, которая обеспечивается и поддерживается на всех этапах жизненного цикла машины. Понятие эксплуатационной надежности связывает воедино свойства комбайна, заложенные конструкцией (проектная надёжность), и те, что приобретаются в процессе его использования, технического обслуживания и ремонта.

Если проектная надёжность — это потенциал машины, то эксплуатационная надёжность — это степень его реализации, напрямую зависящая от условий работы, качества ухода и своевременности ремонтов.

Безотказность: Свойство комбайна непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного периода уборочных работ (например, наработка на отказ).

Долговечность: Свойство комбайна сохранять работоспособность до наступления предельного состояния (например, общий ресурс до капитального ремонта).

Ремонтопригодность: Свойство комбайна, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин отказов и устранению их последствий путем проведения технического обслуживания и ремонтов (например, среднее время восстановления)

В зависимости от параметра формы β , распределение Вейбулла описывает различные периоды эксплуатации, как представлено в таблице 2.2

Для сельскохозяйственных машин распределение Вейбулла часто используется для оценки ресурса деталей, работающих в режиме изнашивания, когда $\beta > 1$. В частности, для шарнирных соединений цепей и подшипников скольжения характерно значение $\beta = 1,5 \dots 3,0$.

Таблица 2.2 – Распределение Вейбулла для описания отказов

Значение β	Характер отказов	Период эксплуатации	$\lambda(t)$
$\beta < 1$	Убывающая интенсивность отказов	Период приработки (ранние отказы)	Убывает
$\beta = 1$	Постоянная интенсивность отказов	Период нормальной эксплуатации (внезапные отказы)	Константа
$\beta > 1$	Возрастающая интенсивность отказов	Период износа и старения	Возрастает

Нормальное распределение применяется для описания постепенных износных отказов, когда рассеяние ресурса обусловлено накоплением повреждений и имеет симметричный характер.

Функция надежности (в нормированной форме):

$$P(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - T_0}{\sigma}\right) \quad (2.18)$$

где: $\Phi(u)$ – функция стандартного нормального распределения (табличная величина);

T_0 – средняя наработка до отказа;

σ – среднеквадратическое отклонение наработки.

Нормальное распределение хорошо описывает отказы по износу бичей молотильного барабана, накладок тормозов, износу режущих кромок сегментов жатки.

Выбор закона распределения при обработке экспериментальных данных производится на основе проверки согласия (χ^2 Пирсона, λ Колмогорова-Смирнова, ω^2 Мизеса). Наиболее полную информацию для выбора дают экспоненциальная нормальная и вейбулловская вероятностные бумаги, а также анализ коэффициента вариации. Для сельскохозяйственной техники рекомендуется:

Таблица 2.3 – Выбор закона распределения

Тип деталей	Закон распределения	Причина
Внезапные отказы	Экспоненциальный ($\beta=1$)	Отсутствие старения
Износ трущихся деталей	Вейбулла ($\beta>1$)	Монотонное старение
Усталостные отказы	Логарифмически нормальный	Нелинейное накопление повреждений
Ресурс при симметричном рассеянии	Нормальный (Гаусса)	Симметричная функция плотности

Правильный выбор закона распределения критически важен для точности прогнозирования надежности, поскольку разные законы дают различные оценки вероятности безотказной работы, особенно в области малых и больших наработок [52, 130,135].

Рассмотрим деталь, находящуюся под воздействием постоянной механической нагрузки, цепная передача привода жатки – один из наиболее нагруженных узлов комбайна «Енисей-1200». Характерным отказом является провисание цепи из-за износа шарниров, а при значительных динамических нагрузках и усталостное разрушение пластин звеньев. Для этой передачи на основе экспериментальных данных могут быть построены как детерминированные (расчетные), так и вероятностные модели, позволяющие оценить её долговечность и вероятность безотказной работы в течение сезона.

Для большинства условий работы цепных передач основной причиной потери работоспособности является износ шарниров цепи. Пластины испытывают растягивающие нагрузки, но их износ не лимитирует ресурс [130,134]. Основной расчетный критерий – давление в шарнире:

$$p = \frac{F_t \cdot K}{A_{оп}} = \frac{F_t \cdot K}{d \cdot b} \leq [p] \quad (2.19)$$

где: F_t – окружная сила, передаваемая цепью, Н;

$A_{оп}$ – площадь проекции опорной поверхности шарнира, зависящая от диаметра валика d и длины втулки (ширины цепи b), мм²;

K – коэффициент эксплуатации, учитывающий условия работы, м;

$[p]$ – допускаемое давление в шарнире цепи при средних условиях эксплуатации, мм.

Коэффициент эксплуатации K представляет собой произведение пяти-шести частных коэффициентов:

$$K = K_{\partial} \cdot K_a \cdot K_n \cdot K_{рег} \cdot K_c \cdot K_{реж} \quad (2.20)$$

где: K_{∂} – коэффициент динамичности нагрузки;

K_a – коэффициент, учитывающий межосевое расстояние (или длину цепи);

K_n – коэффициент наклона передачи к горизонту;

$K_{рег}$ – коэффициент вида регулировки натяжения;

K_c – коэффициент смазки и загрязнения передачи;

$K_{реж}$ – коэффициент продолжительности работы в течение суток.

Для условий Костанайской области (запыленная среда, повышенные нагрузки, работа в две смены) эти коэффициенты принимают следующие значения: $K_{\partial} \approx 1,5$ (ударные нагрузки), $K_a \approx 1,0$ (межосевое расстояние в пределах нормы), $K_n \approx 1,0$ (передача горизонтальная), $K_{рег} \approx 1,25$ (нерегулируемое межосевое расстояние), $K_c \approx 1,5$ (запыленная среда, смазка периодическая), $K_{реж} \approx 1,2$ (12-часовая смена). Результирующий коэффициент эксплуатации $K \approx 2,8$.

Интенсивность отказов (λ) любого устройства или самоходных сельскохозяйственных машин меняется в течение его срока службы, и эта зависимость традиционно описывается «U-образной кривой». На рисунке 2.2 показано влияние всех возможных отказов.

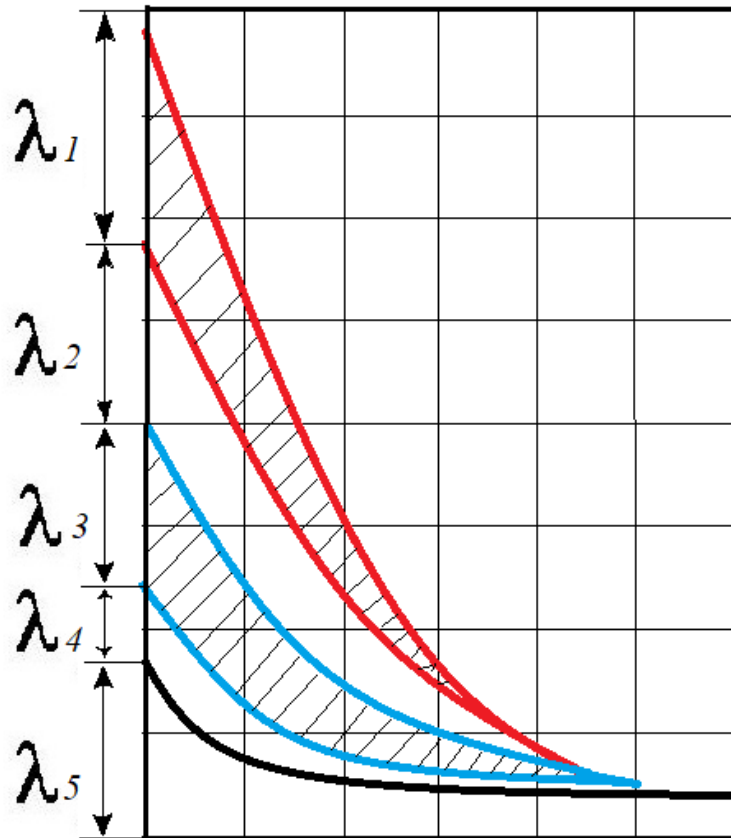


Рисунок 2.2 – Интенсивность отказов (λ) самоходных сельскохозяйственных машин

При известном давлении в шарнире и допускаемом износе (критическом увеличении шага цепи) можно оценить ресурс цепи в мото-часах.

Величина удельного износа на 1 км пробега цепи может быть выражена через параметры шарнира. В общем виде износ шарнира зависит от пути трения S и давления p :

$$U = U(p, S, \text{материалы, смазка}) \quad (2.21)$$

Для оценки долговечности цепи в первом приближении используют формулу:

$$T_{\text{изн}} = \frac{[U]}{I} \quad (2.22)$$

где: $[U]$ – критическое увеличение шага цепи (обычно 2–3% от номинального);

I – интенсивность изнашивания (скорость увеличения шага), определяемая экспериментально.

При эксплуатации в условиях повышенной запыленности (характерно для северных регионов Казахстана) интенсивность изнашивания увеличивается в 2-3 раза по сравнению со средними условиями ГОСТ, что приводит к существенному снижению ресурса цепи. Для цепи ПР-19,05-2 (шаг 19,05 мм, двухрядная) долговечность по износу в типовых условиях достигает 3000-5000 часов, а в условиях Костанайской области снижается до 1000-1500 часов.

Наработка цепи до отказа подчиняется распределению Вейбулла с параметром формы $\beta = 1,8 \dots 2,2$ (область постепенных износных отказов). Функция надежности:

$$P_{ин}(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{T_0 \cdot \Gamma(1 + 1/\beta)} \right)^\beta \right] \quad (2.23)$$

При расчете интенсивности отказов цепи необходимо учитывать как внезапные отказы, так и постепенные:

$$\lambda_{ин}(t) = \lambda_{внез} + \lambda_{изн}(t) \quad (2.24)$$

Внезапные отказы (обрыв цепи, поломка роликов) подчиняются экспоненциальному закону с интенсивностью $\lambda_{внез} \approx 2 \cdot 10^{-5}$ 1/ч. Постепенные отказы (износ шарниров, приводящий к провисанию цепи и сходу со звездочек) моделируются распределением Вейбулла с монотонно возрастающей интенсивностью $\lambda_{изн}(t)$.

Молотильный аппарат является центральным узлом зерноуборочного комбайна, определяющим эффективность и качество обмолота. Отказы молотильного аппарата делятся на внезапные (заклинивание, поломка бичей) и постепенные (износ бичей и планок подбарабанья, снижение вымолота и увеличение дробления). Основным критерий предельного состояния – износ рабочих поверхностей бичей барабана и планок подбарабанья, измеряемый в процентах от первоначальной высоты.

Барабан испытывает сложное нагружение (контактное давление, сжатие и изгиб) при циклическом взаимодействии с хлебной массой (всплески нагрузки при каждом обороте). Скорость изнашивания бичей – функция

пропускной способности W (рабочая ширина \times скорость), времени уборки и твердости зерна. На основе статистической обработки данных микрометража была получена аппроксимация:

$$U_{бич}(T) = U_{бич,0} + k_{бич,0} \cdot \int_0^T W(t) \cdot dt \quad (2.25)$$

Для комбайна «Енисей-1200» при работе на пшенице со средней урожайностью 15 ц/га скорость износа бичей составляет 0,005-0,01 мм на 100 га убранной площади.

Износ клавиш соломотряса и решет очистки приводит к снижению сепарирующей способности и росту потерь зерна за комбайном. Эта зависимость имеет нелинейный характер и описывается уравнением:

$$P(T) = P_0 \cdot e^{k_n \cdot T} \quad (2.26)$$

Для «Енисей-1200» коэффициент k_n составляет 0,006-0,008 1/мото-ч. При достижении потерь зерна значения 2% комбайн должен быть направлен на капитальный ремонт (замена клавиш, бичей, решет).

Интенсивность отказов молотилки $\lambda_{мол}(t)$ растет с возрастом; наилучшее описание – распределение Вейбулла с $\beta > 1$ ($\beta = 1,2-1,5$). Причины возникновения накопление повреждений, приработка и износ. Параметр масштаба $\eta_{мол}$ (время, к которому $P_{мол} = \exp(-1) \approx 0,368$) для «Енисей-1200» составляет 8000-10000 мото-ч, а параметр формы $\beta_{мол} \approx 1,3-1,6$. Значение $P_{мол}$ на наработке 250 мото-ч (сезон в северном регионе с засушливым климатом):

$$P_{мол}(250) = \exp \left[- \left(\frac{250}{9000} \right)^{1,4} \right] \approx \exp[-0,0083] \approx 0,992$$

Гидравлическая система комбайна «Енисей-1200» является наиболее частой причиной отказов и доходит до 30% всех простоев. Отказы происходят по трем основным группам: износ и разрушение уплотнений гидроцилиндров и насосов, загрязнение рабочей жидкости с последующим заклиниванием золотников и отказ насосного оборудования, усталостное разрушение трубопроводов и фитингов [82,93,128,138,156].

Механические нагрузки, превышающие допустимые пределы прочности, могут вызвать разрушение материала или элемента конструкции. Электрические перегрузки, превышающие номинальные значения, могут привести к короткому замыканию, перегреву и выходу из строя электрических компонентов. Тепловые нагрузки, превышающие температурный порог, могут вызвать деформацию, размягчение или разрушение материалов, что также приводит к отказу.

Наработка гидроцилиндра до отказа по уплотнениям описывается распределением Вейбулла с параметром $\beta = 1,1 \dots 1,3$ (вблизи экспоненциального). Уплотнения подвержены адгезионному (схватыванию) усталостному и абразивному (за счет загрязнения) износу. Скорость износа:

$$I_{\text{унл}} = k_{\text{унл}} \cdot p^m \cdot v^n \quad (2.27)$$

Для резиновых армированных уплотнений обычно принимают $m \approx 1$, $n \approx 1$. Ресурс уплотнений пропорционален давлению и скорости штока. Для гидроцилиндра подъема жатки комбайна «Енисей-1200» при $P = 16$ МПа, $v = 0,02 - 0,05$ м/с и периодичности смазки:

$$T_{\text{унл}} \approx 800 - 1200 \text{ мото-ч}$$

Загрязнение рабочей жидкости (частицы металла от насоса, силикатная пыль из-за негерметичности всасывающих магистралей, продукты старения масла) подчиняется дифференциальному уравнению:

$$\frac{dC}{dt} = q_{\text{абр}} - \gamma \cdot C \cdot Q \quad (2.27)$$

где: C – текущая концентрация загрязнений, мг/л;

$q_{\text{абр}}$ – скорость поступления абразива и продуктов износа, мг/мото-ч;

γ – коэффициент фильтрации;

Q – производительность фильтра, л/мото-ч.

При $C \rightarrow C_{\text{кр}}$ (критическая концентрация, мг/л) резко возрастает частота отказов: заклинивание золотников распределителей, отказ насоса, ускоренный износ уплотнений. В северных регионах Казахстана (сухой климат, высокие пылевые нагрузки) скорость $q_{\text{абр}}$ в 2-4 раза выше, чем в Средней полосе России.

Поэтому критическая концентрация достигается через 700-1000 мото-ч вместо 2500-3000 мото-ч (при штатном масляном фильтре). Это требует сокращения межсервисного интервала замены масла в 2,5-3 раза.

Таким образом, анализ типовых отказов гидросистемы комбайна выявляет следующие закономерности:

А) Закон распределения отказов гидрооборудования должен проверяться по критерию согласия χ^2 Пирсона, а выравнивающие функции целесообразно подбирать из классов экспоненциальных и вейбулловских законов.

Б) Наиболее слабыми звеньями гидросистемы в период приработки являются гидроцилиндры (износ уплотнений), гидронасосы (абразивный износ рабочих пар) и предохранительные клапаны (заклинивание золотников).

В) Установлены законы распределения отказов по элементам гидрооборудования: для золотников гидрораспределителей по распределению Вейбулла ($\beta \approx 1,2$), для гидронасосов по нормальному распределению, для уплотнений гидроцилиндров по экспоненциальному распределению.

2.3.1 Интегральная модель надежности комбайна

Для комплексной оценки надежности комбайна в целом применяется метод структурных схем, где каждый элемент (двигатель, гидросистема, молотилка, трансмиссия, электрооборудование) представляется в виде последовательного соединения, поскольку отказ любого из этих элементов ведет к отказу всей машины. Связи между параметрами технического состояния агрегатов и узлов могут быть сложными, поэтому надежность системы находят через произведение надежностей составляющих элементов:

$$P_{сум}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (2.28)$$

Изменение запаса прочности $R_{сист}$ — это интегральный показатель, отражающий совокупное действие физико-химических и механических факторов. Его учёт позволяет более точно прогнозировать наработку на отказ, обосновывать периодичность ТО и ремонта, а также принимать решение о

списании техники, когда остаточный запас прочности становится ниже нормативного коэффициента безопасности (обычно менее 1,5 для статических нагрузок и менее 2-3 для переменных). Последовательная схема надежности:

$$P_{сист}(t) = P_{дв} \cdot P_{гидр} \cdot P_{мол} \cdot P_{транс} \cdot P_{эл} \quad (2.29)$$

При экспоненциальном распределении наработки на отказ для каждого узла и внезапном характере отказов:

$$P_{сист}(t) = \exp\left[-(\lambda_{дв} + \lambda_{гидр} + \lambda_{мол} + \lambda_{транс} + \lambda_{эл}) \cdot t\right] \quad (2.30)$$

Средняя наработка на отказ комбайна:

$$T_{0,сист}(t) = \frac{1}{\lambda_{дв} + \lambda_{гидр} + \lambda_{мол} + \lambda_{транс} + \lambda_{эл}} \quad (2.31)$$

Для комбайна «Енисей-1200» со средней наработкой на отказ отдельных узлов (рисунок 2.3):

- Двигатель: $T_{0,дв} \approx 800-1200$ мото-ч (внезапные отказы редки – 1,5%);
- Гидросистема: $T_{0,гидр} \approx 150-250$ мото-ч (30% отказов);
- Молотилка: $T_{0,мол} \approx 400-500$ мото-ч (10% отказов);
- Трансмиссия и ходовая: $T_{0,тр} \approx 2000-3000$ мото-ч (0,6-1,1% отказов);
- Электрооборудование: $T_{0,эл} \approx 600-800$ мото-ч (8% отказов).

Суммарная интенсивность отказов будет равна:

$$T_{сист} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{200} + \frac{1}{450} + \frac{1}{2500} + \frac{1}{700} \approx 0,0010 + 0,0050 + 0,0022 + 0,0004 + 0,0014 \approx 0,01001 / \text{мото-ч}$$

Средняя наработка на отказ системы: $T_{0,сист} \approx 1 / 0,0100 \approx 100$ мото-ч.

Эта расчетная величина хорошо согласуется с эксплуатационными данными (90-110 мото-ч для «Енисей-1200»). Вероятность безотказной работы за сезон ($T = 250$ мото-ч) при $T_{сист} = \text{const} = 0,0100$ 1/мото-ч:

$$P_{сист}(250) = e^{-0,0100 \cdot 250} \approx e^{-2,5} \approx 0,082 \text{ (8,2\%)} \quad (2.32)$$

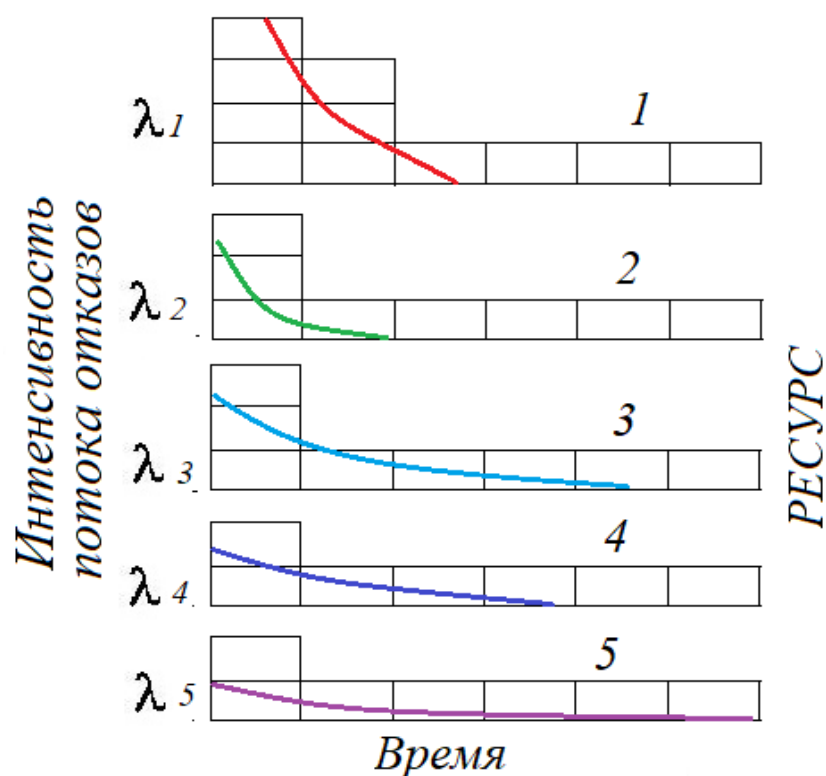


Рисунок 2.3 – Интенсивность на отказ (λ) самоходных сельскохозяйственных машин со средней наработкой.

Расчет коэффициента технической готовности (КТГ)

$$КТГ_{сист} = \frac{T_{0,сист}}{T_{0,сист} + T_{в,сист}} \quad (2.33)$$

где $T_{в,сист}$ – среднее время восстановления после отказа (принимается по статистике как среднее арифметическое по «Енисею-1200» с учетом сложности отказов в разных узлах). Для комбайна «Енисей-1200» $T_{в,сист} \approx 10-12$ мото-ч (в зависимости от удаленности ПТБ, квалификации ремонтного персонала, наличия запчастей).

На практике часто используют обобщенный показатель, учитывающий как безотказность, так и ремонтпригодность:

$$K_{оз}(t) = КТГ \cdot P_{ост}(t) \quad (2.34)$$

где $P_{ост}(t)$ – вероятность безотказной работы после восстановления. По результатам наблюдений для комбайна «Енисей-1200» в условиях Костанайской области КТГ колеблется от 0,88 (новые машины) до 0,55-0,65 (машины с 10-летней выработкой ресурса). Для поддержания КТГ на уровне

не ниже 0,85 требуется среднее время восстановления не более 8 мото-ч ($\approx 5,5$ дней с учетом 1,5-сменной работы). Это достижимо только при наличии современной ПТБ с неснижаемым запасом запчастей по гидросистеме и ходовой части.

2.3.2 Исследование проектной надежности

Понимание проектной надежности комбайнов разных производителей позволяет делать не эмоциональный, а научно обоснованный выбор. Более надежная машина, как правило, имеет более высокую стоимость, но ее покупка может быть экономически оправдана в долгосрочной перспективе за счет меньшего количества простоев [29,86].

Зная заложенный в конструкцию ресурс и слабые места, можно прогнозировать объем ремонтов и необходимость в запасных частях. Как справедливо отмечается в научных работах, определение значений показателей надежности позволяет планировать работу ремонтной службы и заранее подготавливать необходимые запасные части.

Разработанные методики позволяют прогнозировать объем ремонтных воздействий и даже обосновывать цену ремонта в зависимости от показателей надежности конкретной машины [119,134,137]. Для системного понимания, где именно в жизненном цикле техники закладывается ее надежность, представим взаимосвязь ее ключевых видов в виде следующей схемы (рисунок 2.4).

Для того чтобы спроектировать надёжную, но не избыточно тяжёлую машину, используются следующие подходы.

1. Метод структурных схем и оптимизации. На этапе проектирования строится структурная схема надёжности, где каждый элемент (двигатель, гидронасос, редуктор) имеет свой показатель безотказности. Задачей является подобрать такие элементы и такие связи (последовательные, параллельные), чтобы итоговая надёжность системы соответствовала требованиям при минимальной суммарной «стоимости» (которая коррелирует с материалоемкостью). Это классическая задача оптимизации.

2. Расчётно-экспериментальный метод. Сочетает математическое моделирование (метод конечных элементов, анализ усталостной прочности) с ограниченными натурными испытаниями. На основе расчётов уточняются допуски, посадки, толщины стенок. Испытания подтверждают, что при выбранных параметрах запас прочности достаточен, но не чрезмерен.

3. Нормирование показателей надёжности. ГОСТ 27.003-2016 требует, чтобы в техническом задании на разработку машины были заданы не только предельные значения наработки на отказ, но и условия эксплуатации. Это позволяет проектировщику не закладывать избыточный ресурс на «всякий случай», а ориентироваться на реальные нагрузки.

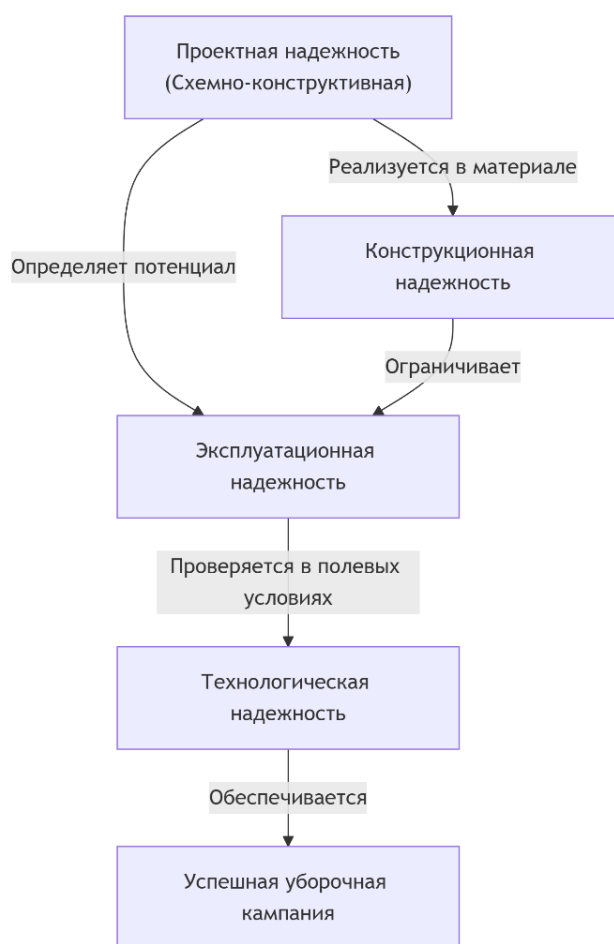


Рисунок 2.4 – Взаимосвязь ключевых видов надёжности

Эта схема наглядно демонстрирует, как изначальная проектная надёжность, проходя через этапы материального воплощения и реальной

эксплуатации, в итоге влияет на конечный результат, т.е. успех всей уборочной кампании.

Современные комбайны демонстрируют, что можно иметь большой ресурс при меньшей массе за счёт применения легированных сталей, компьютерного моделирования нагрузок и совершенной технологии изготовления (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Сравнение материалоемкости комбайнов

Параметр	«Енисей-1200» (проект 1980-х)	Современный импортный комбайн (John Deere / Claas)
Материалоемкость	Высокая (много чугуна, толстого листа)	Относительно низкая (высокопрочные стали, пластик, алюминий)
Ресурс до капремонта	1500–2000 мото-ч	4000–6000 мото-ч
Удельная масса на 1 кВт	~35–40 кг/кВт	~25–30 кг/кВт
Принцип достижения	Избыточный запас прочности («чтобы не сломалось»)	Оптимизация, расчёт, испытания

Однако важно понимать, что существует нижний теоретический предел материалоемкости, определяемый физикой и технологией. Дальнейшее снижение массы ведёт к росту напряжений и, как следствие, к усталостным разрушениям. Поэтому задача формулируется как достижение заданной надёжности при материалоемкости, стремящейся к минимально допустимой, а не абсолютно минимальной [64].

2.4 Метод конечных элементов

Граничные параметры деталей и узлов сельскохозяйственной техники – это значения, при превышении которых их дальнейшая эксплуатация становится недопустимой (с точки зрения безопасности, работоспособности или экономической эффективности). Определение граничных параметров

является основой для назначения ремонтных допусков, выбраковки деталей и списания техники [33].

Оценка граничного износа детали (для случая сопряжения «вал - втулка» или шарнира цепи) проводится по формуле:

$$U_{ep} = d_{\max} - d_{\min} \quad (2.35)$$

При подстановке в формулу вместо d_{\max} и d_{\min} – значения с учетом допустимых отклонений размеров. Однако этот расчет справедлив для «жестких» (катастрофических) отказов, которые прекращают работоспособность немедленно. Для постепенных отказов (например, падение давления в масляном канале при износе вала):

$$U_{ep} = \frac{Q_{кр}}{C \cdot \Delta P \cdot \omega \cdot t} \quad (2.36)$$

В общем случае $U_{гр}$ (графически) – это точка резкого изменения наклона функции $U(t)$ либо точки пересечения с асимптотой, когда машина переходит в состояние резкого роста потерь («срыв уборки») [88,117].

Микрометраж – это метод сбора статистических данных об износе деталей путем измерения их параметров через определенные интервалы наработки. Позволяет построить эмпирические кривые износа деталей во времени $U=f(T)$ и определить среднюю скорость изнашивания и её разброс, а также установить граничные значения износа, при которых деталь теряет работоспособность.

На основе полученных зависимостей $U(T)$ и известного граничного износа $U_{гр}$ остаточный ресурс детали (в мото-часах) определяется как:

$$T_{ост} = \frac{U_{ep} - U_{тек}}{I_{cp}} \quad (2.37)$$

где $U_{тек}$ – текущий износ детали на момент диагностики, I_{cp} – средняя интенсивность изнашивания, полученная по данным микрометража.

Помимо технического критерия $U_{факт} \geq U_{гр}$, существует экономический критерий, основанный на сопоставлении затрат на ремонт ($C_{ремонт}$) и стоимости новой детали или остаточной стоимости комбайна:

$$K_{экон} = \frac{C_{ремонт}}{C_{нов}} \quad (2.38)$$

При $K_{экон} \geq 0,7-0,8$ (достигается для старых комбайнов с фактическим износом 70-80%) ремонт признается экономически нецелесообразным, и техника подлежит списанию. По данным Костанайской области, при фактической выработке комбайнов «Енисей-1200» на 70% и выше доля экономически необоснованных ремонтов достигает 40-60% от общего числа капитальных ремонтов (оценка экспертов).

2.5 Применение метода конечных элементов

Метод конечных элементов (МКЭ) является наиболее точным инструментом для определения напряженно-деформированного состояния деталей в условиях сложного нагружения. Применительно к деталям комбайна «Енисей-1200» (кожухи, валы, рама, навеска) МКЭ позволяет:

- Построить 3D-CAD-модель в SolidWorks или другом ПО.
- Задать свойства материала (сталь 45 для несущих деталей, сталь 20Х для валов ШВП, чугун СЧ20 для корпусных деталей).
- Определить граничные условия (закрепления, относительные перемещения).

Приложить нагрузки с учетом эксплуатационных перегрузок ($K = 1,2-1,5$), пространственных моментов и динамики.

По результатам МКЭ при идеальном нагружении максимальное эквивалентное напряжение (по Мизесу) для вала $\varnothing 40$ мм составило ≈ 380 МПа при пределе текучести стали 45 ≈ 560 МПа. Запас статической прочности:

$$n_{ст} = \frac{\sigma_m}{\sigma_{экр, макс}} \approx \frac{560}{380} \approx 1,47 \quad (2.39)$$

Значение 1,47 попадает в нормативный интервал 1,2–1,5. При длительной эксплуатации (усталостная прочность с учетом износа шпоночного паза) запас снижается до 1,1–1,2, что требует перехода к плановой замене вала при выработке парком.

Коррозионный износ деталей (например, кожухов и рам, работающих в агрессивной среде) описывается экспоненциальной моделью, где толщина стенки уменьшается со временем по закону:

$$\delta(t) = \delta_0 \cdot e^{-k_k t} \quad (2.39)$$

Для деталей, работающих в среде удобрений, коэффициент интенсивности коррозии k_k может достигать 0,01-0,03 1/год. Перераспределение внутренних напряжений из-за коррозионного утонения стенки учитывается в МКЭ-модели с помощью вариации толщины элемента, что позволяет оценить остаточный ресурс. При расчете долговечности деталей необходимо учитывать скорость коррозии и механические напряжения.

Результаты моделирования должны быть верифицированы с помощью тензометрирования натуральных узлов комбайна на стенде или в поле. Для «Енисей-1200» были проведены испытания рамы корпуса молотилки: расхождение с МКЭ не превысило 8-12%, что подтвердило адекватность модели.

Усталостные трещины возникают при циклических нагрузках, когда максимальное напряжение превышает предел выносливости. Для сельхозмашин с переменным режимом нагружения (колебания урожайности, скорость движения) применяют накопление повреждений по линейной гипотезе Палмгрена-Майнера. Расчет эквивалентного числа циклов нагружения и вероятности безотказной работы осуществляется с помощью вероятностного подхода, где напряжения рассматриваются как случайные величины.

Усталостное разрушение металла происходит в три стадии:

1. Накопление повреждений (образование субмикроскопических трещин).
2. Зарождение микротрещины.
3. Рост макротрещины (циклическое раскрытие до достижения критической длины и мгновенное разрушение).

Эмпирическая зависимость между напряжением σ и числом циклов до разрушения N :

$$\sigma^m \cdot N = C \quad (2.40)$$

где m и C - константы материала (для конструкционных сталей $m \approx 3-5$). Для ответственных деталей комбайна (валы барабана, подшипники) накопление усталостных повреждений описывается распределением Вейбулла с $\beta \approx 2-3$ (время до разрушения $\sim \sigma^{-m}$).

2.6 Критерии отказов и предельных состояний техники

Правильное установление критериев отказов и предельных состояний – это база для объективной оценки технического состояния техники, планирования ее ремонта и обоснованного списания. Чтобы система работала четко, все эти критерии должны быть однозначными, конкретными и основываться на требованиях нормативной документации. Все критерии отказов можно разделить на три блока: экономические; технические; параметрические.

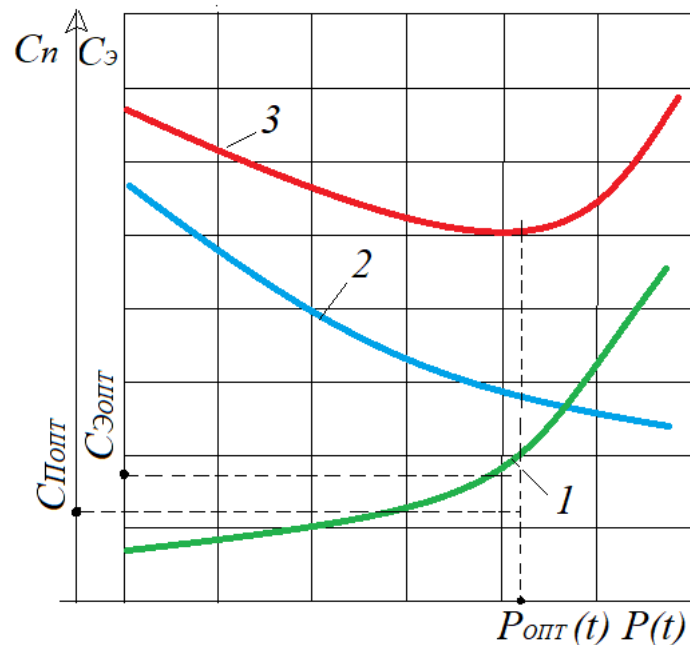


Рисунок 2.5 – Зависимость эксплуатационных и производственных затрат от условия надежности объекта:

1 - экономические затраты; 2 - затраты технические; 3 - параметрические затраты.

Также отказы разделяют на группы сложности в зависимости от времени и трудоемкости их устранения. Эта классификация напрямую влияет на планирование ремонтных работ:

1 Отказы, устраняемые до 2 часов. Замена или регулировка легкодоступных деталей без снятия узлов (например, замена ремня, предохранителя).

2 Отказы, устраняемые до 8 часов. Требуют ремонта или замены деталей со вскрытием внутренних полостей (например, замена шестерен в раздаточной коробке).

3 Отказы, требующие для устранения более 8 часов. Как правило, это капитальные ремонты.

2.6.1 Причины отказов технических систем

Понимание типа отказа помогает выбрать правильную стратегию его устранения. Ниже приведены основные классификации [35,94].

Таблица 2.5 – Классификация отказов по характеру проявления и причине

Классификационный признак	Вид отказа	Характеристика
По характеру изменения параметров	Внезапный	Скачкообразное изменение параметров (обрыв цепи, поломка вала). Предсказать сложно, но обычно легко обнаружить.
	Постепенный	Результат накопления повреждений (износ шестерен, засорение фильтров). Можно прогнозировать и предотвращать диагностикой.
По причине возникновения	Конструктивный	Следствие несовершенства конструкции (просчет в прочности детали).
	Производственный	Результат нарушения технологии изготовления (дефект литья, неправильная сборка).

	Эксплуатационный	Следствие неправильной эксплуатации (перегрузка, несвоевременное ТО, низкокачественное топливо). Самая многочисленная группа.
По взаимосвязи	Зависимый	Вызван другими отказами (например, поломка двигателя из-за забитого радиатора).
	Независимый	Не является следствием других отказов.
По возможности обнаружения	Явный	Обнаруживается визуально или штатными приборами.
	Скрытый	Не обнаруживается визуально, выявляется только специальными методами диагностики.
По степени критичности	Критический	Ведет к тяжелым последствиям (травмы, длительный простой, большие затраты). Классифицируется по прямым и косвенным потерям.

В отличие от отказа, предельное состояние – это приговор для агрегата или машины в целом. Его наступление означает, что дальнейшая эксплуатация опасна, запрещена или экономически бессмысленна. В большинстве случаев критерии делятся на две группы:

Первая группа: Дальнейшая эксплуатация недопустима из-за риска катастрофических последствий (например, разрушение рамы, отказ тормозов).

Вторая группа: Дальнейшая эксплуатация нецелесообразна из-за экономических причин (затраты на ремонт превышают стоимость машины или близки к ней).

Существуют и экономико-математические методы для принятия решения о списании. В исследованиях для этой цели часто используется понятие «потеря годности» (λ) — коэффициент, отражающий долю износа или утраты ресурса (рис. 2.5).

Интервал выбора ($0,45 < \lambda < 0,5$): Владелец может выбрать: отремонтировать машину или утилизировать.

Граница ремонта ($\lambda < 0,45$): Предпочтителен капитальный ремонт. Затраты на него окупятся в будущем.

Граница утилизации ($\lambda > 0,5$): Эксплуатация и ремонт становятся нецелесообразными. Технику следует утилизировать.

На практике, как показывают исследования ремонтных мастерских, значительная часть поступающей техники уже находится за пределами этого интервала ($\lambda > 0,5$), что делает их ремонт неоправданным.

Исследование эксплуатационной нагруженности — это не абстрактная научная задача. Оно имеет прямое и очень важное практическое значение.

Анализ нагруженности является базой для корректировки показателей прочности и расчета долговечности деталей. Это позволяет целенаправленно усиливать "слабые" места конструкции, предсказывать возникновение отказов и, в конечном счете, закладывать в машину более высокую надежность еще на этапе проектирования.

Данные о нагруженности позволяют не только улучшить конструкцию, но и оптимизировать процессы использования техники.

Рациональный подбор агрегатов помогает правильно подобрать трактор к сельхозмашине или, наоборот, определить необходимое количество машин к трактору.

Контроль технического состояния позволяет отслеживать износ деталей и своевременно проводить техническое обслуживание.

Знание режимов нагруженности помогает прогнозировать затраты на ремонт и обосновывать необходимость технического обслуживания.

В конечном итоге все это ведет к экономии материалов, топлива и снижению общей стоимости владения техникой.

Период приработки характеризуется высокой, но быстро убывающей интенсивностью отказов. Отказы в это время — это в основном скрытые дефекты, не выявленные на этапе производства.

Следующий за приработкой, это период нормальной эксплуатации и самый продолжительный этап, во время которого интенсивность отказов становится приблизительно постоянной и минимальной. Отказы в этот период носят случайный характер (рисунок 2.7).

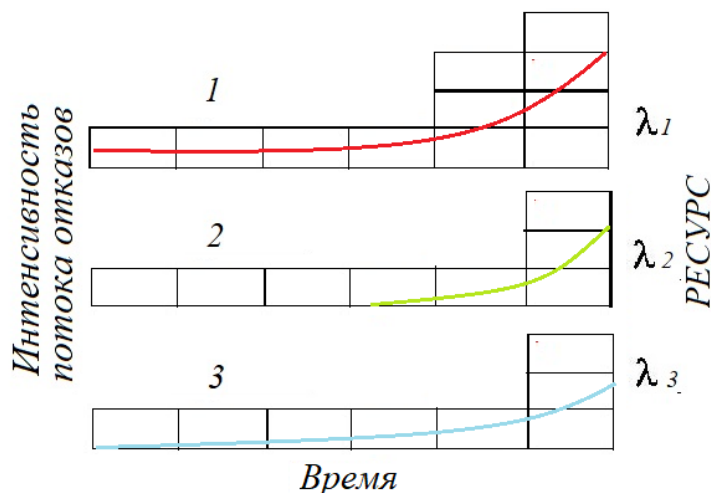


Рисунок 2.6 – Интенсивность потока отказов (λ) самоходных сельскохозяйственных машин в завершающий период эксплуатации машины:

1- перегрузки; 2 - ослабление креплений; 3 - ухудшение свойств материала.

На финальном этапе период старения или износа (рисунок 2.7), по мере выработки ресурса, интенсивность отказов снова начинает быстро расти из-за естественного износа деталей и старения материалов.

В первый период эксплуатации основной вклад вносят так называемые приработочные отказы. Их появление связано преимущественно с недостатками, допущенными на этапах производства и подготовки техники:

1. Несовершенство технологии и низкое качество сборки: Ошибки, допущенные при изготовлении и сборке узлов и агрегатов, а также плохой контроль качества на предприятии.

2. Скрытые дефекты деталей: Микротрещины, раковины и другие внутренние дефекты материалов, которые не были обнаружены при входном контроле.

3. Неправильная обкатка: Нарушение рекомендованного режима работы комбайна в первые часы его эксплуатации (работа на предельных нагрузках, превышение скорости и т.д.).

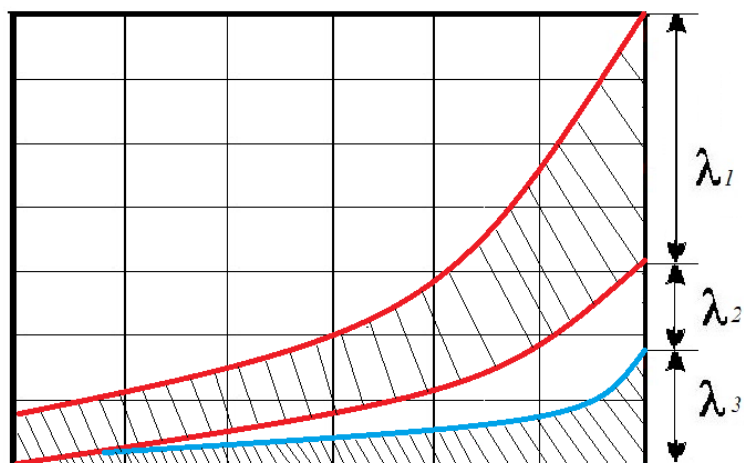


Рисунок 2.7 - Влияние факторов финальных отказов на интенсивность потока в предписанный период эксплуатации машины

Главная задача на этапе приработки как можно быстрее «выжечь» потенциальные дефекты и перевести технику в период нормальной эксплуатации.

Проведение обкатки является самым критический этапом. В руководстве по эксплуатации к комбайну указаны щадящие режимы для этого периода (пониженные нагрузки и скорости). Их строгое соблюдение позволяет деталям притереться друг к другу и выявить скрытые дефекты без разрушительных последствий.

Усиленный контроль и ТО во время обкатки и после нее необходим более частый контроль за состоянием всех систем, уровнем масел и смазок. На этом этапе не должно быть экономии на расходных материалах.

Качественная предпродажная подготовка у официального дилера, включающая проверку всех регулировок, может значительно снизить число ранних отказов еще до передачи техники в хозяйство [17,37,55].

В некоторых отраслях промышленности практикуется «технологический прогон» или «термоэлектротренировка» на заводе, когда изделие работает в экстремальном режиме, чтобы все скрытые дефекты проявились еще до того, как оно попадет к потребителю.

Совокупное влияние этих факторов должно вызывать увеличение интенсивности потока отказов.

2.7 Оптимизация уровня технической эксплуатации

Оптимизация уровня технической эксплуатации — это ключевая стратегия, направленная на повышение эффективности, надёжности и экономичности использования машинно-тракторного парка (МТП). В современных условиях, когда большая часть техники имеет высокий износ, системный подход к управлению технической эксплуатацией позволяет не просто сократить затраты, но и значительно продлить срок службы агрегатов.

В контексте АПК оптимизация уровня технической эксплуатации означает переход от хаотичного, часто «реактивного» обслуживания к стратегическому, плановому и прогнозируемому процессу. Главная цель — найти оптимальный баланс между затратами на поддержание техники и получаемой от её использования отдачей. Это достигается через решение нескольких ключевых задач:

1 Повышение коэффициента технической готовности (КТГ) парка до нормативных 85–95% для обеспечения бесперебойной работы в период полевых работ.

2 Снижение суммарных затрат на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) за счёт плановых, а не экстренных, вмешательств.

3 Максимальное использование ресурса каждой единицы техники с отсрочкой дорогостоящей замены.

4 Обеспечение стабильного качества выполнения технологических операций (например, уборки зерна с минимальными потерями).

Условие целесообразности вложения затрат в повышение уровня технической эксплуатации будем оценивать величиной прибавки урожая.

Внедрение комплексной системы оптимизации даёт измеримые экономические результаты, которые окупают первоначальные вложения. Ключевой эффект выражается в следующем:

Снижение затрат: Плановое устранение дефектов обходится на 40-60% дешевле экстренного ремонта в сезон, а также сокращаются затраты на топливо и оплату аврального труда.

Продление срока службы: Регулярная профилактика увеличивает общий срок эксплуатации техники на 20–30%, что позволяет крупным хозяйствам отсрочить покупку новых комбайнов на несколько лет.

Рост производительности: Увеличение полезного рабочего времени комбайна на 7% и производительности на 10% напрямую ведёт к увеличению намолота и сокращению уборочной кампании, что особенно важно в зонах рискованного земледелия.

2.8 Выводы

1. На основании анализа факторов определяющих надежность машин в процессе эксплуатации установлено, что основными являются объективные вопросы.

2. К одному из объективных факторов относятся уровень фактической эксплуатации, который в основном и определяют затраты связанные с содержанием машин.

3. Полученные физико-математические модели и рассчитанные на их основе показатели надежности могут быть использованы для:

- прогнозирования остаточного ресурса комбайнов и планирования их капитального ремонта;
- оптимизации складских запасов запасных частей (переход от «страхового» запаса к «прогнозному»);
- обоснования необходимости реконструкции ПТБ;
- принятия экономически обоснованных решений о списании техники при $K_{\text{экон}} \geq 0,7-0,8$.

Таким образом, представленный в работе комплекс физико-математических моделей создает научно-методическую основу для повышения эффективности эксплуатации комбайнового парка в хозяйствах Костанайской области. Полученные количественные оценки позволяют перейти от реактивной стратегии ремонта («ремонт по факту поломки») к плано-предупредительной и прогнозной, что в условиях коротких

агротехнических сроков является единственным способом минимизации потерь урожая и повышения конкурентоспособности аграрного производства.

ГЛАВА 3. Исследование повышения надежности агрегатов зерноуборочных комбайнов

3.1 Исследование показателей надежности комбайнов Енисей 1200

Методическая новизна исследования заключалась в применении двухуровневого подхода к оценке надежности зерноуборочных комбайнов. На первом уровне анализировались интервальные (сезонные) показатели надежности, которые охватывали период эксплуатации с момента времени (t_i) до (t_j). Эти показатели позволяли оценить стабильность работы комбайнов в течение определенного сезона.

На втором уровне рассматривались интегральные (суммарные) показатели надежности, охватывающие весь период эксплуатации с момента начала использования комбайна (t_0) до текущего времени (t_j). Этот подход обеспечивал комплексную оценку надежности комбайнов за весь период их использования, учитывая возможные изменения в условиях эксплуатации и техническом обслуживании.

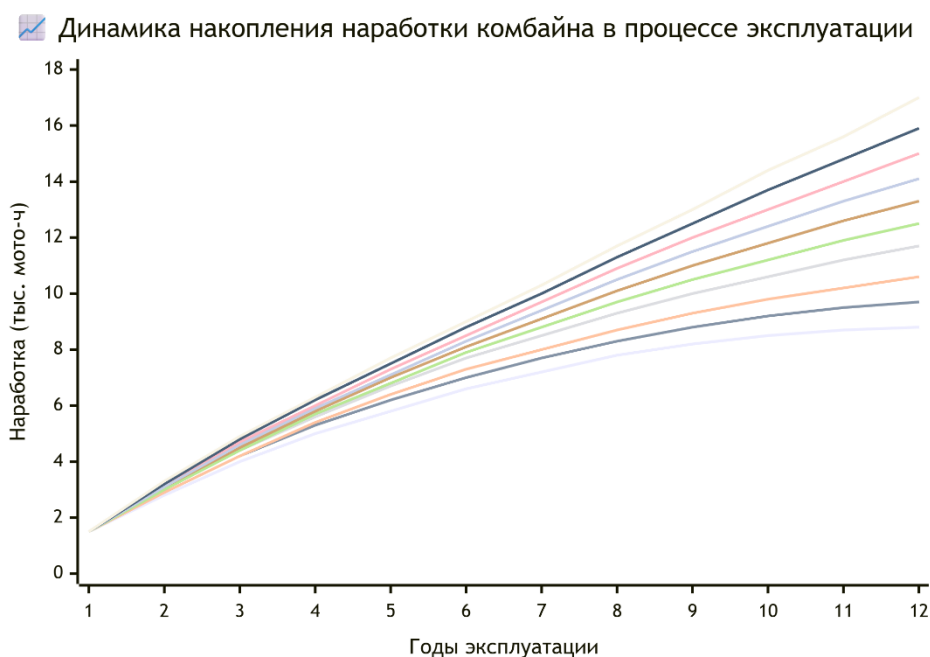


Рисунок 3.1 – Динамика наработки комбайна в процессе эксплуатации

Линии на графике показывают не динамику одного комбайна, а прогресс парка техники. Каждая новая линия отражает, как современные комбайны с каждым годом увеличивают свою среднюю сезонную выработку - от 1,5 тыс. мото-часов за первые 5 лет до 3,5+ тыс. мото-часов за сезон у самых новых машин.

Такой двухуровневый анализ позволил более глубоко понять динамику изменения надежности зерноуборочных комбайнов и выявить факторы, влияющие на их стабильность в различных временных интервалах.

Рассмотрим данный подход на примере интервального и интегрального коэффициентов готовности [35,59,72,120,126,134].

Для каждого комбайна и каждого сезона (года) необходимо знать:

$T_{\text{раб}}$ – суммарное время работы (в часах) за сезон (наработка).

$T_{\text{рем}}$ – суммарное время простоев на техническое обслуживание и ремонт (в часах) за сезон.

Коэффициент технической готовности за интервал (сезон) рассчитывается как:

$$КТГ_{\text{инт}} = \frac{T_{\text{раб}}}{T_{\text{раб}} - T_{\text{рем}}} \quad (3.1)$$

Интегральный КТГ с начала эксплуатации (например, за 5 лет) рассчитывается как суммарная наработка за все годы, деленная на суммарное время (наработка + простои) за все годы:

$$КТГ_{\text{инт}} = \frac{\sum T_{\text{раб}}}{\sum T_{\text{раб},i} - \sum T_{\text{рем},i}} \quad (3.2)$$

Возьмем комбайн «Енисей-1200» с 2020 по 2024 год (5 сезонов), данные представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Сезонная наработка комбайна «Енисей-1200» за 5 лет.

Сезон (год)	Наработка $T_{раб}$, ч	Простои $T_{рем}$, ч	КТГ интервальный	КТГ интегральный (накопленный)
2020	200	30	$200/(200+30)=0,870$	$200/(230)=0,870$
2021	210	40	$210/250=0,840$	$(200+210)/(230+250)=$ $=410/480=0,854$
2022	180	50	$180/230=0,783$	$(410+180)/(480+230)=$ $=590/710=0,831$
2023	160	60	$160/220=0,727$	$(590+160)/(710+220)=$ $=750/930=0,806$
2024	140	70	$140/210=0,667$	$(750+140)/(930+210)=$ $=890/1140=0,781$

Интервальный КТГ снижается с 0,87 до 0,67 за пять лет. Интегральный КТГ снижается с 0,87 до 0,78. Оба показывают ухудшение (рисунок 3.2), но интервальный чувствительнее к текущему состоянию.

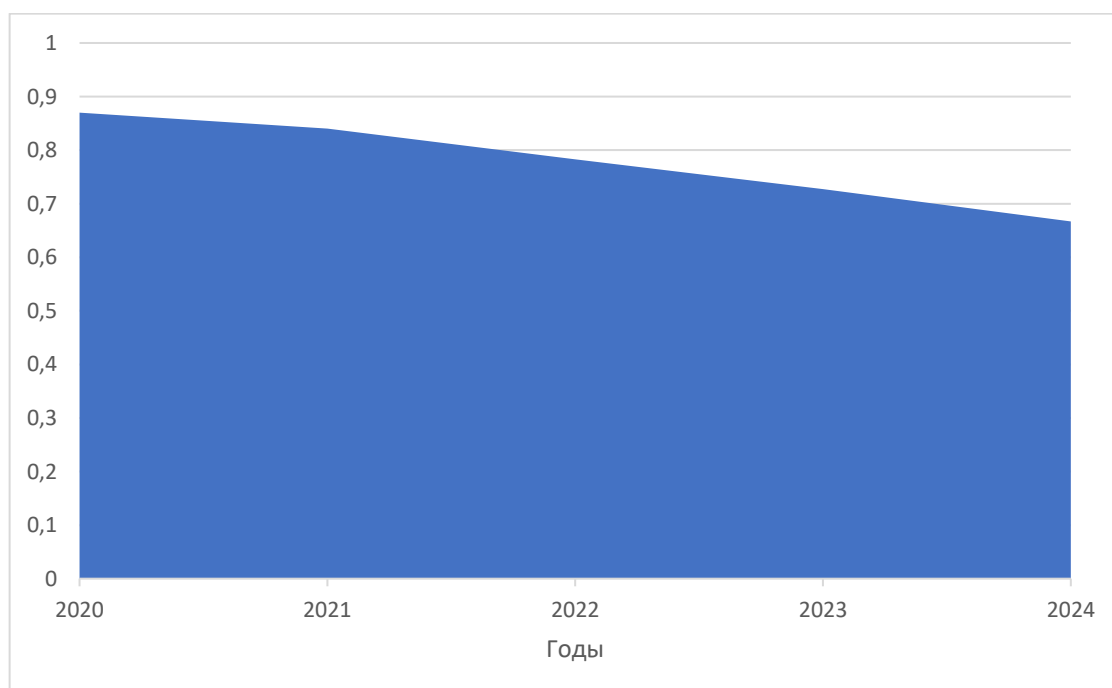


Рисунок 3.2 – Реализации случайной функции: интегральный коэффициент готовности зерноуборочного комбайна «Енисей 1200».

Для выявления «болевых точек» комбайнового парка по причинам отказов приведены данные о времени простоя. Реальные данные приведены в условиях реальной эксплуатации в 2020...2024 годах (на основе опыта

эксплуатации), на которых отработана методика. Исходные данные представлены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Исходные данные (время простоя за сезон, часы)

Причина отказа	Время простоя, ч
Двигатель (топливная система, СМД-22)	28
Гидравлика (насосы, цилиндры, распределители)	42
Молотилка (барабан, дека, подбарабанье)	18
Ходовая часть (мосты, колёса, тормоза)	12
Электрооборудование (проводка, датчики)	8
Жатка и транспортёр	22
Прочие	10

Итого простоев: $28+42+18+12+8+22+10 = 140$ часов

Рабочее время (установлено за сезон): 400 часов

Коэффициент технической готовности (КТГ) за сезон:

$КТГ = 400 / (400 + 140) = 0,74$ (74%) – ниже норматива (85–95%).



Рисунок 3.3 – Время простоя за сезон.

Как показывают таблица 3.2 и рисунок 3.2 наибольшие потери времени даёт гидравлика (42 ч) и двигатель (28 ч). Это основные «болевые точки».

Кумулятивная кривая (диаграмма Парето – «80/20») позволяет увидеть, какие 20% причин дают 80% простоев (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Порядок расчёта

Причина	Часы	% от итога	Накопленный %
Гидравлика	42	30,0%	30,0%
Двигатель	28	20,0%	50,0%
Жатка и транспортёр	22	15,7%	65,7%
Молотилка	18	12,9%	78,6%
Ходовая часть	12	8,6%	87,2%
Прочие	10	7,1%	94,3%
Электрооборудование	8	5,7%	100,0%

Первые три причины (гидравлика, двигатель, жатка) дают 65,7% простоев. Если добавить молотилку – уже 78,6% (почти 80%). Следовательно, основные резервы повышения готовности – ремонт и обслуживание гидравлики, двигателя и жатки. ПТБ должна иметь для них запас запчастей и специалистов.

Расчет дополнительных показателей надежности

Наработка на отказ (интервальная):

$$T_0 = \frac{T_{\text{раб}}}{n} \quad (3.3)$$

где n – количество отказов за сезон.

Среднее время восстановления (интервальное):

$$T_B = \frac{T_{\text{рем}}}{n} \quad (3.4)$$

Интервальный КТГ за каждый сезон i рассчитывается по формуле:

$$КТГ_i = \frac{T_{\text{раб},i}}{T_{\text{раб},i} + T_{\text{прост},i}} \quad (3.5)$$

где:

$T_{\text{раб},i}$ – суммарное время чистой работы комбайна в сезоне (мото-часы);

$T_{\text{прост},i}$ – суммарное время простоев по всем причинам (ремонт, ТО, ожидание запчастей).

Для анализируемого сезона сезона:

$$\text{КТГ} = 400 / (400 + 140) = 0,74$$

Если отслеживать несколько сезонов, можно рассчитать КТГ для каждого и построить график динамики готовности (таблица 3.3 и рисунок 3.4).

Таблица 3.3 – Динамики готовности

Сезон	Рабочее время, ч	Простои, ч	КТГ
2021	380	110	0,78
2022	410	135	0,75
2023	390	150	0,72
2024	400	140	0,74

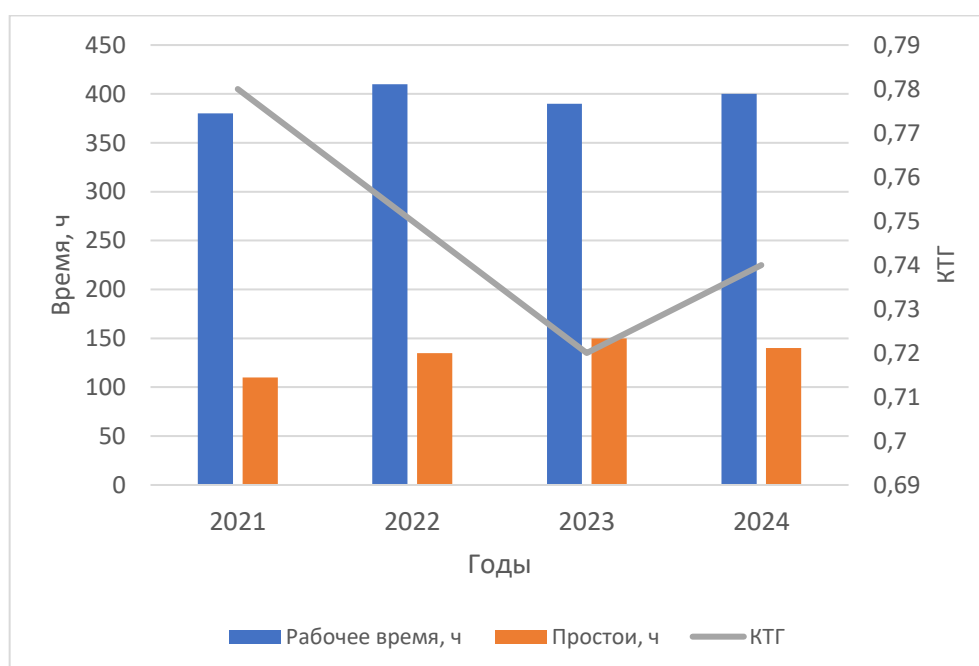


Рисунок 3.4 – График динамики готовности

На основе анализа простоев комбайнов «Енисей-1200» за уборочный сезон установлено, что гидравлическая система является основной причиной потерь рабочего времени (30% всех простоев). Кумулятивная кривая показывает, что первые три причины (гидравлика, двигатель, жатка) дают 65,7% суммарного времени простоев. Это позволяет обосновать приоритетные направления при реконструкции ПТБ: оснащение стендами для диагностики и ремонта гидравлики, создание неснижаемого запаса запасных частей к двигателям и жаткам, а также повышение квалификации ремонтного персонала именно по этим системам.

Отказы техники происходят вследствие естественного износа, механических деформаций и коррозионных процессов, затрагивающих ключевые узлы и агрегаты. Для восстановления работоспособности этих систем требуется проведение сложного ремонта или полная замена компонентов, что вызывает значительные простои в эксплуатации комбайнов и сопряжено с высокими экономическими издержками [52, 89, 101, 113, 162].

Одним из ключевых показателей надежности сельскохозяйственной техники является удельная стоимость технического обслуживания и ремонта, отражающая затраты на поддержание работоспособности комбайна в расчете на единицу его стоимости.

Для анализа затрат на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) комбайнов была собрана информация из различных сельскохозяйственных предприятий. В состав данных входили расходы на приобретение запасных частей, оплату труда ремонтных рабочих и персонала, задействованного в проведении ТО, стоимость материалов, используемых при ремонте и обслуживании, а также затраты на эксплуатацию специализированного оборудования и техники. Кроме того, учитывалась стоимость нового комбайна в каждом конкретном периоде.

Поскольку сбор данных осуществлялся в разные временные отрезки, характеризующиеся различными уровнями цен на технику, запасные части и другие ресурсы, для обеспечения сопоставимости результатов, затраты на ТОиР были выражены в виде отношения к стоимости нового комбайна в соответствующий временной период.

Обработку собранной информации проводили аналогично методике, применяемой для анализа коэффициента готовности техники, с учетом общей наработки каждого отдельного комбайна [149,158].

Параметрический метод оценки ресурса основан на предположении, что наработка техники до отказа подчиняется определенному закону распределения. В отличие от непараметрических методов, он позволяет не

только получить точечную оценку среднего ресурса, но и рассчитать его доверительные границы. [34,46,54,158].

Для практического расчета среднего ресурса комбайна «Енисей-1200» или его агрегатов (например, двигателя, гидросистемы) можно использовать следующий алгоритм представленный на рисунке 3.4) [51, 94, 125, 130].

1. Сбор исходных данных. Необходимо собрать выборку из наработок на отказ, например, для двигателей комбайнов. Чем больше объем выборки, тем точнее будет результат.

2. Проверка на нормальность. Для многих узлов техники наработка на отказ может быть описана нормальным законом распределения (ЗНР). Это предположение необходимо проверить с помощью статистических критериев.

3. Расчет среднего арифметического. Точечная оценка среднего ресурса (\bar{T}) рассчитывается как среднее арифметическое значение всех наработок в выборке. Это и есть средний ресурс по выборке.

4. Расчет доверительных границ. Для оценки точности и надежности полученного значения среднего ресурса рассчитываются его доверительные границы. Например, с доверительной вероятностью 0,9 (90%) можно утверждать, что истинное значение среднего ресурса находится между нижней и верхней доверительными границами.

Нижняя доверительная граница (НДГ) среднего ресурса для плана испытаний без восстановления (все объекты испытываются до отказа) рассчитывается по формуле:

$$T_H = \bar{T} - u_q \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (3.6)$$

где: T_H – нижняя доверительная граница среднего ресурса;

\bar{T} – средний ресурс по выборке;

u_q – квантиль нормального распределения, соответствующий доверительной вероятности (например, для $q=0,9$ значение $u_q = 1,28$);

σ – среднеквадратическое отклонение наработок в выборке;

N – объем выборки.

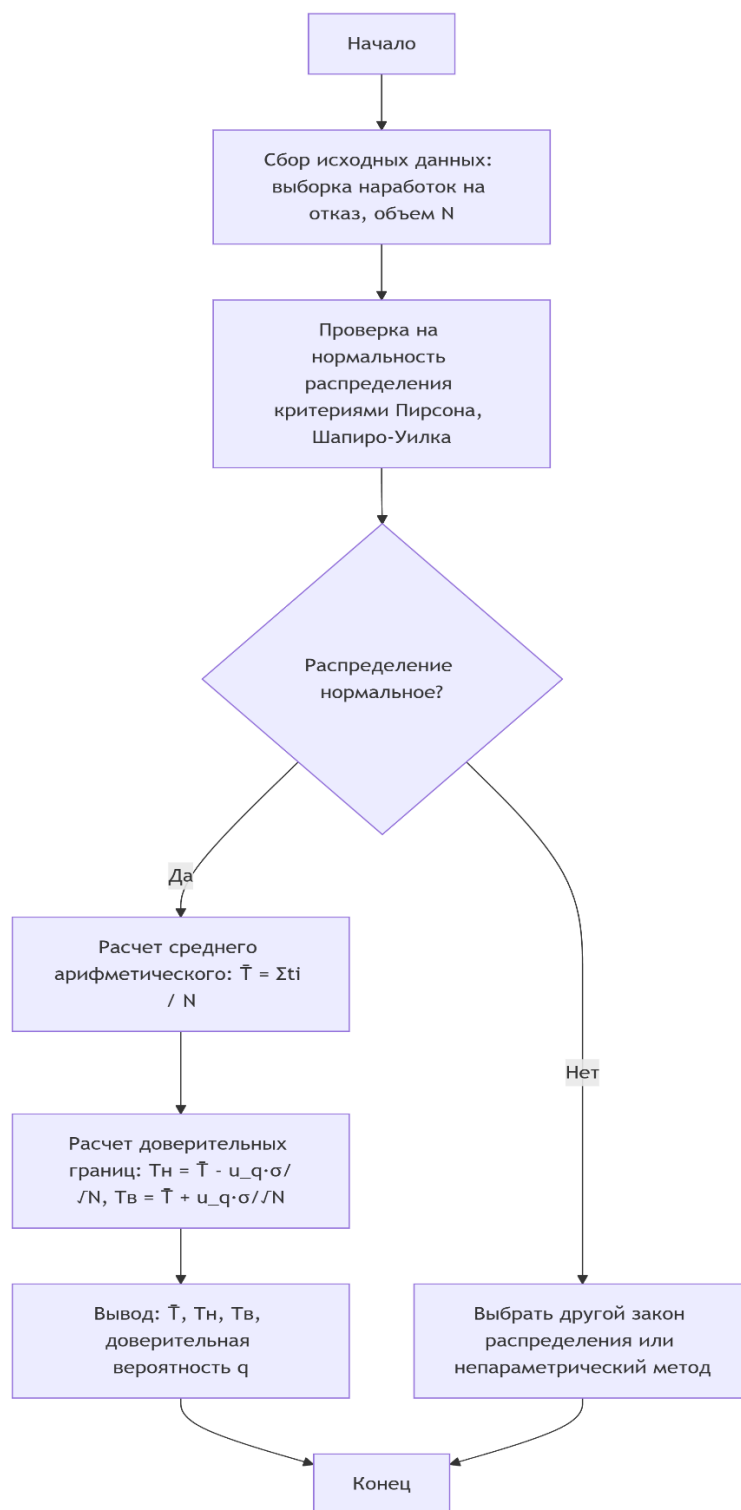


Рисунок 3.4 – Алгоритм расчета среднего ресурса комбайна «Енисей-1200» или его агрегатов

Экспериментальные данные о среднем ресурсе и 90%-м гамма-ресурсе зерноуборочного комбайна «Енисей-1200» предоставляют сельскохозяйственным производителям важную информацию для

разработки научно обоснованной стратегии обновления парка техники. Эти показатели позволяют прогнозировать сроки эксплуатации машин, оптимизировать затраты на техническое обслуживание и ремонт, а также планировать замену оборудования в соответствии с реальными эксплуатационными характеристиками. Таким образом, использование этих данных способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства и снижению экономических рисков, связанных с эксплуатацией устаревшей техники.

3.2 Исследование показателей надежности зарубежных комбайнов

Надёжность зарубежных комбайнов – это комплексный показатель, который зависит не только от марки, но и от условий эксплуатации, качества обслуживания и, что немаловажно, от своевременного использования оригинальных запасных частей. В целом, их отличает высокая технологичность, комфорт для оператора и, как правило, больший ресурс до капитального ремонта по сравнению с техникой прошлых поколений [136].

Для наглядности основные характеристики наиболее популярных в странах СНГ брендов сведены в таблицу 3.4. Данные основаны на отзывах эксплуатантов, результатах испытаний и официальной информации производителей.

Таблица 3.4 – Основные характеристики наиболее популярных в странах СНГ брендов

Критерий	John Deere (США)	Claas (Германия)	New Holland (США/Италия)
Ресурс и надёжность	Высокая надёжность. Потенциальный ресурс двигателя при правильной эксплуатации может достигать 15 000 мото-часов.	Высокая надёжность. Есть примеры 13-летней эксплуатации без серьёзных нареканий.	Хорошая надёжность. Считается одним из лидеров по этому показателю на рынке.

Слабые места	Отмечается критическая важность использования фирменных ТСМ	Отмечается критическая важность использования оригинальных расходных материалов (ремней, цепей). Аналоги могут привести к быстрому износу и поломкам.	Гидроход, проблемы с проводкой, преждевременный износ дисков и редуктора ротора на некоторых моделях.
Потенциальный ресурс (до КР)	Двигатель может отработать до 15 000 мото-часов.	Двигатель может отработать до 18 000 мото-часов.	Двигатель может отработать до 12 000 мото-часов.
Экономичность (расход топлива)	Минимальный расход топлива в своём классе.	Экономичный расход топлива.	Экономичный расход топлива.

Проведённое в 2019-2024 гг. исследование надёжности показало, что большая часть отказов (около 38%) приходится на жатвенную часть, а их устранение занимает в среднем до 30 минут. Напротив, поломки двигателя и ходовой части случаются редко (1,5% и 1,1% отказов), но их ремонт требует уже нескольких часов (5,8 и 4,2 часа соответственно).

Определённым доверием у местных аграриев пользуются и модели «ACROS». Механизаторы отмечают, что в первые 4-5 лет эксплуатации эти комбайны не требуют серьёзного ремонта, что также является показателем надёжности для данного ценового сегмента.

Интегральные показатели надёжности обобщают несколько свойств техники, чаще всего такие как безотказность и ремонтпригодность. Они позволяют оценить способность комбайна выполнять работу в целом, с учётом вероятных поломок и времени на их устранение. Ключевыми интегральными показателями для зерноуборочных комбайнов являются коэффициент технической готовности (КТГ), наработка на отказ (НН показатель безотказности) и среднее время восстановления (СВ показатель ремонтпригодности). Хотя произвести полную количественную оценку для

всех марок в рамках этого ответа затруднительно, основные принципы их расчета и сравнения выглядят следующим образом.

Анализ простоев как основа для повышения КТГ показывает что наибольшее число отказов приходится на жатвенную часть (38,1%), в то время как отказы двигателя и ходовой части составляют лишь 1,5% и 1,1% от общего числа. При этом устранение неисправности в жатке занимает в среднем до 30 минут, а поломка двигателя может обернуться простоем почти в 6 часов. Следовательно, для повышения КТГ в первую очередь необходимо оптимизировать работу именно с наиболее часто отказывающимися узлами (жатки, режущий аппарат), а не с дорогостоящими, но редкими отказами.

В рамках исследования, применяя разработанный методический подход, были вычислены интегральные показатели надёжности для выборки зарубежных зерноуборочных комбайнов. Эти результаты визуализированы на рисунке 3.5. Анализ данных позволил выявить ключевые тенденции и характеристики надёжности техники, что способствует более обоснованному принятию решений в области эксплуатации и технического обслуживания зерноуборочных комбайнов.

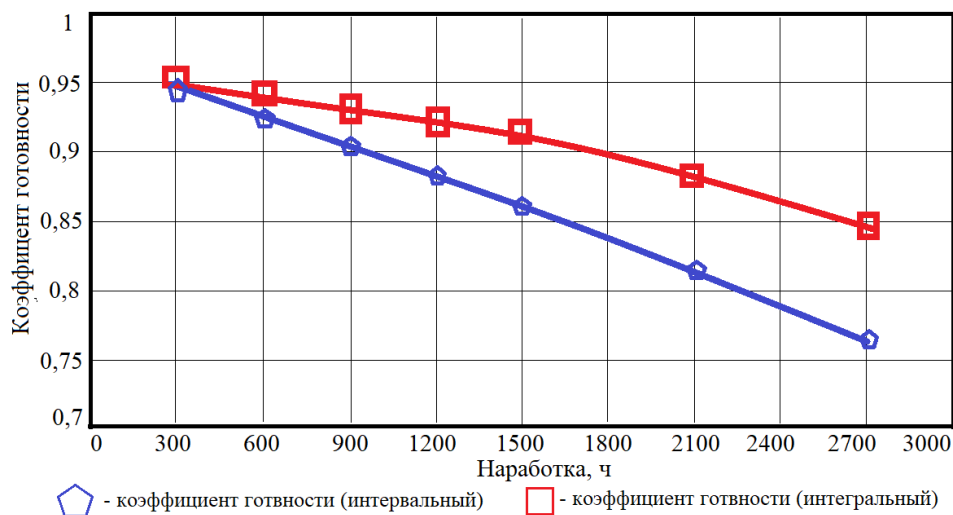


Рисунок 3.5 – Зависимости коэффициента готовности зарубежных комбайнов от наработки

Аналитическое выражение, описывающее зависимость интегрального коэффициента готовности зарубежных зерноуборочных комбайнов от наработки, представлено следующим образом:

$$K_{Г^{оум}} = 4 \cdot 10^{-8} \cdot N^2 - 2 \cdot 10^{-7} \cdot N^2 - 3 \cdot 10^{-5} \cdot N + 0,963 \quad (3.7)$$

Функция, представленная на рисунке 3.5, демонстрирует более плавное снижение коэффициента готовности с увеличением наработки по сравнению с комбайнами «Енисей-1200». Этот факт указывает на более высокую надёжность зарубежных зерноуборочных комбайнов. Анализ данных позволяет сделать вывод о превосходстве зарубежных моделей в плане долговечности и стабильности работы в условиях длительной эксплуатации. Плавное снижение коэффициента готовности свидетельствует о более эффективном проектировании и использовании современных технологий в производстве зарубежных комбайнов, что обеспечивает их более длительный срок службы и меньшее количество отказов.

3.3 Анализ, качества технологического процесса уборки комбайном Енисей 1200

Основными показателями, по которым оценивается качество работы зерноуборочного комбайна, являются три ключевых параметра [40,92]: потери зерна за комбайном, дробление зерна, засоренность зерна (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Основные показатели, по которым оценивается качество работы

Показатель	Нормативное значение по ГОСТ	Фактические показатели для «Енисей-1200»	Примечания
Потери зерна за комбайном	Не более 2%	Менее 2%	Потери за молотилкой - менее 1,5%.
Дробление зерна	Не более 2%	Данные варьируются	Зависит от настроек и состояния молотильного аппарата.
Засоренность зерна	Не нормируется	Данные варьируются	Оценивается содержанием половы, сорняков и других примесей.

Эти показатели являются ключевыми для «Енисей-1200», но их фактическое значение напрямую зависит от ряда факторов, главным из которых является техническое состояние комбайна.

Анализ показывает, что решающее влияние на качество работы оказывают своевременная и точная настройка рабочих органов, их техническое состояние и условия эксплуатации.

Проблемы с подачей массы в жатке – это частая проблема из-за плохого захвата и подача скошенной массы от жатки к наклонной камере. Причины могут быть в неправильном зазоре между шнеком и днищем, ослабленных пружинах приемного битера или неправильной регулировке фартука жатки. Устранение этой проблемы критически важно для обеспечения бесперебойной работы комбайна.

Качество обмолота напрямую зависит от правильно выбранных зазоров в молотильном аппарате. Для разных культур существуют свои оптимальные параметры. Например, для пшеницы на комбайне «Енисей-1200-М» рекомендуются зазоры 16-18 мм на входе и 2-4 мм на выходе. Точная регулировка позволяет минимизировать потери и дробление. Процесс настройки требует использования специального инструмента, такого как ступенчатый щуп для измерения зазоров подбарабанья.

Правильная настройка сит и воздушного потока критически важна для снижения потерь и повышения чистоты зерна. Регулировка зазоров жалюзи на верхнем и нижнем решетках должна соответствовать убираемой культуре. Для «Енисей-1200» распространенным решением для улучшения очистки является установка удлинителя верхнего решета.

Качество уборки сильно зависит от возделываемой культуры и погодных условий. Двухбарабанная схема комбайна отлично подходит для уборки влажных и труднообмолачиваемых хлебов. Однако, для таких культур как соя, «Енисей-1200» может требовать особых настроек или доработок. Важно корректировать настройки молотилки в зависимости от влажности зерна (например, для сухого зерна зазоры следует увеличивать).

Таким образом, в основе большинства проблем с качеством уборки лежат именно настройки. Приведенная ниже таблица суммирует основные параметры, которые необходимо контролировать.

Для поддержания высокого качества уборки комбайном «Енисей-1200» необходимо контролировать и своевременно регулировать следующие параметры, предоставленные в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Регулируемые параметры комбайна «Енисей-1200»

Рабочий орган	Регулируемый параметр	Рекомендации по настройке
Жатка	- Зазор между шнеком и днищем - Высота среза - Вынос мотовила	Настройка для разных культур по инструкции
Молотилка	- Частота вращения барабана - Зазоры барабан-подбарабанье (на входе/выходе)	950-1250 об/мин для пшеницы 16-18 мм / 2-4 мм для пшеницы
Очистка	- Зазор жалюзи решет (верхнего/нижнего) - Частота вращения вентилятора	Регулировка под культуру

Следование этим рекомендациям и понимание конструктивных особенностей комбайна первый шаг к повышению качества уборки.

Дальнейшее улучшение качества уборки возможно, как за счет точного соблюдения регламентов обслуживания, так и через ряд конструктивных доработок.

До 80% простоев в поле связаны с плохой подготовкой машин. Особого внимания требуют:

- Предохранительные муфты., т.е. настройка муфты трансмиссионного вала жатки на 50 кг/м и верхнего вала наклонной камеры на 60 кг/м критически важна для предотвращения поломок.
- Герметизация., т.е. тщательная проверка и устранение зазоров между наклонной камерой и хедером (не более 1-1,5 мм), а также уплотнений на молотилке и зерновом люке предотвращает потери зерна.

Конструктивные доработки и модернизация:

- Замена режущего аппарата и мотовила. Установка беспальцевого режущего аппарата и мотовила с пружинными граблями позволяет снизить потери зерна при уборке полеглых хлебов на 5-7%.
- Доработка системы очистки. Установка удлинителя верхнего решета является эффективным способом повышения эффективности очистки и снижения потерь.
- Обновление узлов. Замена устаревших узлов, например, установка более надежного двигателя ЯМЗ 236, как на модернизированной версии «Енисей 1200РМГ», повышает общую надежность и, как следствие, стабильность качества уборки.

Для повышения качества уборки в специфических условиях (например, на переувлажненных почвах) могут быть полезны специализированные модификации, такие как гусеничный «Енисей-1200Р», предназначенный для уборки риса и сои.

Показатели эффективности зерноуборочных комбайнов подвержены изменениям в течение всего срока их эксплуатации. В рамках научных исследований в этой области был проведен детальный анализ работы зерноуборочных комбайнов модели «Енисей-1200» при их эксплуатации в реальных условиях. Исследования проводились в Алтынсаринском районе Костанайской области Республики Казахстан.

Исследования показывают, что в сельскохозяйственных предприятиях данные дефекты часто не устраняются своевременно. В результате комбайны «Енисей-1200», имеющие возраст более 10–12 лет, работают в режиме параметрического технологического отказа [120,127]. Этот режим характеризуется превышением допустимого уровня потерь зерна. Эти отказы, как показано в таблице 3.7, приводят к снижению эффективности работы комбайна. Эксплуатация комбайнов в данном режиме приводит к значительным потерям, которые могут достигать 18-32 тонн зерна на один комбайн [89,90,92,93,104,122].

Таблица 3.7 – Дефекты приводящие к повышенным потерям зерна

Рабочий орган / Система	Характер дефекта	Механизм появления потерь	Способ выявления / Диагностика
Жатка (режущий аппарат)	Износ или притупление сегментов и противорежущих пластин	Нож не срезает стебли чисто – они вырываются с корнем или остаются не срезанными, теряются колосья.	Визуально: неровный срез стерни, «бахрома». Проверка зазора между сегментом и противорежущей пластиной (должен быть 0–0,5 мм).
Жатка (шнек)	Увеличенный зазор между спиралью шнека и днищем жатки (более 15 мм)	Зерно и колосья не домолачиваются, проваливаются под шнек, теряются на поле.	Измерение щупом. Норма: для зерновых 10–15 мм, для риса/сои 5–10 мм.
Жатка (мотовило)	Неправильная регулировка выноса или высоты мотовила (слишком низко/высоко, далеко/близко)	Мотовило выбивает зерно из колосьев до среза, либо не подводит стебли к ножу, часть колосьев падает на землю.	Визуально: планки мотовила должны касаться стеблей выше середины, но не бить по колосьям.
Наклонная камера	Ослабление натяжения цепей, износ битеров, зазоры в транспортёре	Неравномерная подача хлебной массы, сгуживание перед молотилкой, периодические «выбросы» колосьев.	Проверка натяжения цепи (прогиб 20–30 мм), состояние пальцев битера.
Молотильный аппарат (барaban – подбарabanье)	Зазоры на входе и выходе больше рекомендуемых (для пшеницы более 20 мм на входе, более 6 мм на выходе)	Колосья полностью не обмолачиваются, часть зерна уходит в солому.	Измерение ступенчатым щупом при остановленном комбайне.

Молотильный аппарат	Несоответствие частоты вращения барабана типу культуры и влажности (слишком низкие обороты)	Неполный вымолот, зерно остается в колосе.	Проверка по тахометру. Для пшеницы 950–1250 об/мин, для влажной – выше.
Молотильный аппарат	Износ бичей барабана или планок подбарабанья	Ухудшается захват и обмолот, часть колосьев проскакивает невымолоченными.	Визуально: износ бичей более 10–15% по высоте.
Сепарация (соломотряс)	Износ клавиш, забитые решетки, низкая частота колебаний	Зерно не проваливается сквозь слой соломы, уходит в копнитель.	Осмотр клавиш, проверка частоты вращения коленвала соломотряса (200–220 об/мин).
Очистка (решета, вентилятор)	Неправильный угол открытия жалюзи решет (слишком узкий или широкий)	При узком – зерно уходит в полу; при широком – ворох забивает решета, зерно теряется.	Измерение зазора жалюзи. Для пшеницы верхнее решето 6–8 мм, нижнее 4–6 мм.
Очистка	Недостаточный или избыточный поток воздуха от вентилятора	При недостатке – зерно не отсепарируется, уходит в полу; при избытке – зерно выдувается.	Регулировка частоты вращения вентилятора (обычно 800–1100 об/мин).
Герметизация	Нарушена герметизация кожухов, щели между камерами, износ уплотнений	Зерно высыпается через неплотности, особенно на молотилке и в бункере.	Визуальный осмотр на работающем комбайне (просypание пыли и зерен).
Зерновой элеватор (шнеки, нории)	Износ или зазор в шнеках, повреждение ковшей нории	Зерно дробится, часть теряется через разрывы труб, не доходит до бункера.	Осмотр состояния шнеков, проверка зазора между шнеком

			и кожухом (не более 10 мм).
--	--	--	-----------------------------

Анализ качества работы группы комбайнов «Енисей-1200» за три уборочных сезона (2022–2024 гг.) выявил статистически значимое ухудшение всех трёх ключевых показателей (потерь, дробления, засорённости) с ежегодным приростом примерно на 0,3–0,5 процентного пункта. Такое изменение связано с прогрессирующим износом молотильно-сепарирующих узлов и отсутствием плановой замены решёт и бичей барабана. К концу третьего сезона потери зерна достигли 4,8%, что на 92% превышает норматив, делая дальнейшую эксплуатацию комбайнов без капитального ремонта экономически нецелесообразной.

Полученные в работе регрессионные и корреляционные функции, описывающие изменение интегральных (наработка на отказ, среднее время восстановления) и интервальных (сезонный коэффициент технической готовности) показателей надёжности зерноуборочных комбайнов «Енисей-1200» в зависимости от наработки и возраста, позволяют:

- Прогнозировать остаточный ресурс машины с доверительной вероятностью 0,9 на 2–3 сезона вперёд.
- Оценивать ожидаемые затраты на техническое обслуживание и ремонт (включая запасные части, оплату труда ремонтников, простои) на протяжении всего жизненного цикла комбайна (12–15 лет).
- Обосновать экономически целесообразный момент списания или капитального ремонта, когда удельные затраты на поддержание надёжности превышают 70% от стоимости новой техники.

Практическое применение функций показано на примере хозяйств Костанайской области, где прогнозируемое снижение КТГ с 0,74 до 0,68 к 5-му сезону эксплуатации требует увеличения ремонтного фонда ПТБ на 25% и создания неснижаемого запаса по гидравлике и жатке.

3.4 Оценка эксплуатационных показателей комбайнов ближнего и дальнего зарубежья

Анализ эксплуатационных показателей комбайнов из ближнего и дальнего зарубежья показывает, что выбор оптимальной машины - это поиск баланса между высокими технологиями и экономической целесообразностью, который напрямую зависит от масштаба хозяйства, доступных ресурсов и агроклиматических условий конкретного региона.

Для многих хозяйств в Казахстане решающим фактором становится не цена покупки, а совокупная стоимость владения (ТСО) [81, 82, 83].

Ближнее зарубежье привлекает низкой себестоимостью уборки и существенно более низкой ценой. Государство субсидирует покупку отечественного комбайна (10-12,5 млн тг) в большей степени, чем импортного (30-37,5 млн тг), делая его покупку более выгодной. Однако стоит учитывать чувствительность некоторых моделей (например, ACROS 580) к качеству дизеля.

Дальнее зарубежье (John Deere, CLAAS) – это значительные инвестиции, которые оправданы в крупных хозяйствах, где их высокая производительность и надежность позволяют быстро убрать большие площади и сэкономить на потерях зерна и ремонтах. Как отмечают эксперты, для хозяйств с большими объемами работ «себестоимость уборки у них самая низкая».

Адаптированность техники из ближнего зарубежья к местным условиям зачастую выше, так как она создается с учетом реалий постсоветского сельского хозяйства. Например, двухбарабанная молотилка GS12 эффективно работает на влажной и скрученной массе, а режущий аппарат «Шумахер» обеспечивает чистый срез на высокой скорости.

Информация о наличии комбайнов как дальнего, так и ближнего зарубежья в Алтынсаринском районе, а также результаты исследования надёжности российских комбайнов представлены в приложении 2. В указанном приложении приведены основные показатели пяти комбайнов модели «Енисей-1200М», которые находились под наблюдением в течение

первого года эксплуатации. Важно отметить, что в 2023 году производство комбайна «Енисей-1200М» было прекращено (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Комбайн «Енисей 1200М» на поле

3.4.1 Повышение безотказности путем оценки параметров эксплуатационной надежности отечественной техники

В ходе исследования были выявлены нетехнологические аспекты, которые увеличивают трудоемкость технического обслуживания (ТО), текущего ремонта (ТР) и устранения последствий отказов сложной сельскохозяйственной техники, используемой в агропромышленном комплексе (АПК). На основе анализа и обобщения полученных данных разработаны рекомендации по повышению ремонтпригодности данной техники.

Исследования проводились на базе хозяйств Алтынсаринского района Костанайской области Республики Казахстан. Объектами исследования стали пять хозяйств:

- * Шербаковский сельский округ;
- * Новоалексеевский сельский округ;
- * Докучаевский сельский округ;
- * Дмитровский сельский округ;
- * Большечураковский сельский округ.

Эти хозяйства были выбраны для анализа из-за их репрезентативности в отношении условий эксплуатации сельскохозяйственной техники в данном регионе. В процессе исследования были изучены эксплуатационные характеристики техники, частота и причины отказов, а также особенности проведения ТО и ТР.

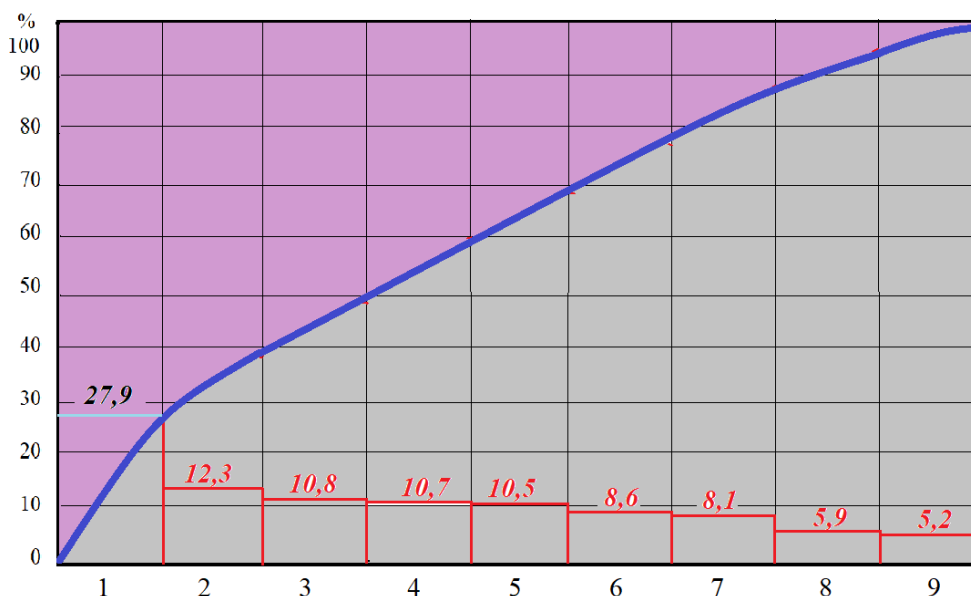


Рисунок 3.8 – Диаграммы Парето. Распределение отказов узлов, агрегатов и систем комбайна Енисей 1200М в гарантийный период их эксплуатации (по комбайну):

- 1 -агрегаты гидросистемы; 2 -другие; 3 -механические передачи;
 4 -трансмиссия; 5 - жатвенная часть; 6 - моторно-силовая установка; 7 - сепарирующие устройства; 8 - транспортирующие устройства; 9 - электрооборудование.

Результаты исследования позволили выявить ключевые факторы, влияющие на трудоемкость и эффективность ремонтных работ. На основании этих данных были сформулированы рекомендации, направленные на улучшение конструкции и эксплуатационных характеристик техники, а также на оптимизацию процессов ТО и ТР. Внедрение предложенных мер позволит повысить ремонтпригодность сельскохозяйственной техники и снизить затраты на ее эксплуатацию в условиях АПК.

Анализ качества работы группы комбайнов «Енисей-1200» за три уборочных сезона (2022–2024 гг.) выявил статистически значимое ухудшение всех трёх ключевых показателей (потерь, дробления, засорённости) с

ежегодным приростом примерно на 0,3–0,5 процентного пункта. Такое изменение связано с прогрессирующим износом молотильно-сепарирующих узлов и отсутствием плановой замены решёт и бичей барабана. К концу третьего сезона потери зерна достигли 4,8%, что на 92% превышает норматив, делая дальнейшую эксплуатацию комбайнов без капитального ремонта экономически нецелесообразной.

3.4.2 Исследование надёжности комбайнов дальнего зарубежья

Исследование надёжности зарубежных комбайнов показывает, что они, как правило, превосходят отечественные машины по безотказности и ресурсу, но обладают рядом уязвимостей, критически важных для уборочной кампании. Их надёжность является сложное сочетание технологического совершенства и требований к условиям эксплуатации и обслуживанию.

В современной аграрной практике наблюдается тенденция к увеличению использования импортных зерноуборочных комбайнов. Эти машины чаще всего интегрируются в комплексные уборочные системы, однако некоторые крупные и устойчивые сельскохозяйственные предприятия предпочитают приобретать их в собственность. В частности, популярностью пользуются модели Енисей 1200, Essil КЗС-740, Case AF2388, Claas Trion 730 и John Deere 9500. Данные о распространении этих моделей представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Показатели комбайнов

Показатель	Енисей 1200	Essil КЗС-740	Case AF2388	Claas Trion 730	John Deere 9500
Класс и тип	Классический (барабан/соломо тряс)	Классический (барабан/соломо тряс)	Роторный (Axial-Flow)	Гибридный (APS + ROTO PLUS)	Классический (барабан/соломо тряс)
Надёжность (общая оценка)	Неприхотливый, простой в ремонте	Надёжный, адаптирован к условиям Казахстана	Высокая. Комбайны 90-х годов считаются эталоном надёжности	Высокая. Технологичная и адаптивная машина	Очень высокая. Прочная конструкция, служат 10-15 лет

Наработка на отказ (ННО)	~50-100 м/ч	~50-100 м/ч	~100-150 м/ч	~100-150 м/ч	~150-200 м/ч
Коэффициент тех. готовности (КТГ)	0.70 – 0.75	0.75 – 0.80	0.80 – 0.85	0.85 – 0.90	0.85 – 0.90
Типичные отказы / Слабые места	Гидравлика, муфты, ремни, износ соломотряса	Электрика, недорогие комплектующие	Сложная гидравлика, электроника	Высокотехнологичные системы, стоимость обслуживания	Высокая стоимость оригинальных запчастей, сложность электроники
Условия эксплуатации	Неприхотлив, работает на любом топливе	Адаптирован к условиям Казахстана	Требователен к качеству топлива и фильтров	Требователен к квалификации оператора и качеству топлива	Требователен к качеству топлива и масел
Срок службы / Ресурс	При хорошем уходе – 10-15 лет	Около 10 лет успешной эксплуатации	Очень большой ресурс, более 10-15 лет	Около 10 лет в интенсивном режиме	Более 15 лет при правильном обслуживании
Ремонтопригодность	Простая конструкция, дешевые запчасти	Доступные запчасти, простая конструкция	Сложнее, требует специалистов	Сложная, дорогие запчасти, квалифицированный сервис	Сложная, но доступная сеть дилеров
Качество обмолота и потери	Среднее, чувствителен к настройкам	Хорошее, адаптирован к местным культурам	Хорошее, щадящий роторный обмолот	Отличное, <1% потерь	Отличное, низкий процент дробления
Расход топлива (л/т)	Высокий (>3.5 л/т)	Средний	Экономичный (ротор)	Очень экономичный (2.0–3.37 л/т)	Экономичный

*Примечание: Значения ННО и КТГ, помеченные символом "~", являются экспертными оценками, основанными на типовых данных для техники данного класса.

Импортная техника (Case, Claas, John Deere) объективно превосходит отечественные модели (Енисей, Essil) по своей технологической надежности, ресурсу и качеству работы. Это подтверждается их более высокими показателями КТГ и ННО в представленной таблице.

Однако, при прочих равных условиях, решающим фактором для вашего исследования в Костанайской области становится не столько паспортная надежность, сколько экономическая эффективность с учетом условий эксплуатации. При невысокой урожайности, типичной для северных регионов Казахстана, покупка дорогой импортной техники может оказаться экономически неоправданной. Плюс, простота ремонта и доступность запчастей для "Енисея" и "Essil" являются их серьезным конкурентным преимуществом.

В период с 2018 по 2023 годы проводились систематические наблюдения за работой различных моделей зерноуборочных комбайнов, включая «Енисей 1200», Essil КЗС-740, «Case AF2388», «John Deer 9500» и «Class Trion 730». Собранные данные использовались для разработки и совершенствования информационной системы, предназначенной для мониторинга и анализа эксплуатационных характеристик сельскохозяйственной техники.

В рамках этого исследования в период с 2018 по 2020 годы были изучены показатели надежности пяти различных моделей зерноуборочных комбайнов: двух импортных («Case AF2388» и «John Deer») и трех отечественных (Essil КЗС-740 и «Енисей 1200»). В приложении 9 представлены результаты анализа надежности комбайнов «Case AF2388», включающие данные о частоте отказов, времени простоя и других ключевых показателях. Эти данные позволили выявить сильные и слабые стороны каждой модели, а также разработать рекомендации по улучшению эксплуатационных характеристик и повышению надежности сельскохозяйственной техники.



Рисунок 3.9 – Комбайн «Case 2388» на поле

Комбайны «Case AF2388», оснащённые жаткой шириной 7 метров и роторной системой обмолота, были задействованы в уборочных работах в Алтынсаринском районе Костанайской области. Общая площадь посевов зерновых в данном хозяйстве составила 1200 гектаров, что повлияло на низкую наработку техники.

В ходе наблюдений было зафиксировано четыре случая отказа оборудования, один из которых касался системы кондиционирования воздуха. Все исследуемые комбайны находились в эксплуатации первый год, что указывает на новизну техники и, вероятно, на отсутствие значительного износа.

Средняя урожайность зерновых культур в данном регионе составила около 8,4 центнера с гектара. Для более детального анализа эксплуатационных характеристик и надёжности комбайнов «Case 2388» были собраны и систематизированы данные об урожайности и отказах техники. Эти показатели представлены в приложении 10, где также приведены условия проведения замеров и основные эксплуатационно-технологические параметры зерноуборочных комбайнов.

3.4.3 Повышение безотказности путем оценки параметров эксплуатационной надежности зарубежной техники

Показатели надежности сельскохозяйственной техники являются ключевыми для выявления компонентов машин, требующих повышенного внимания при подготовке к эксплуатации, а также для планирования и проведения технического обслуживания в процессе их использования. Эти данные позволяют принимать обоснованные решения относительно выбора и закупки машин, учитывая их конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики.

Анализ причин неисправностей комбайнов позволяет классифицировать их по местам возникновения. В таблице 3.10 представлены данные о распределении причин неисправностей по различным системам и узлам комбайнов в процентном соотношении.

Таблица 3.10 – Классификация отказов агрегатов различных типов комбайнов

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

По материалам таблицы 3.10 построены диаграммы Парето (рис. 3.10, 3.11, 3.12)

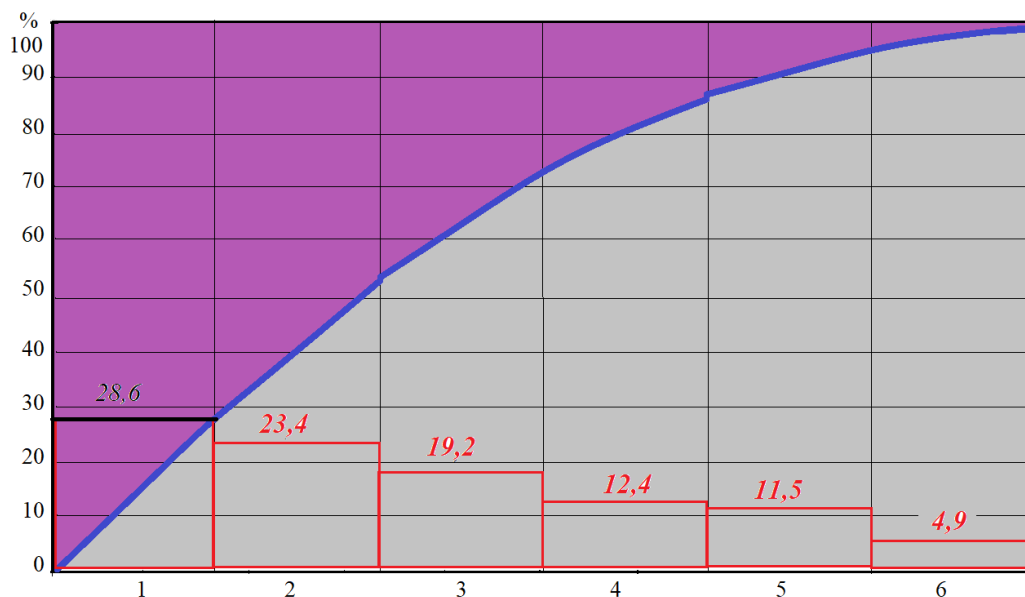


Рисунок 3.10 – Диаграмма Парето агрегатов зерноуборочных комбайнов.

1 - электрооборудование, 2 - МСУ,

3 - адаптеры, 4 - гидросистема, 5 - трансмиссия, 6 – двигатель.

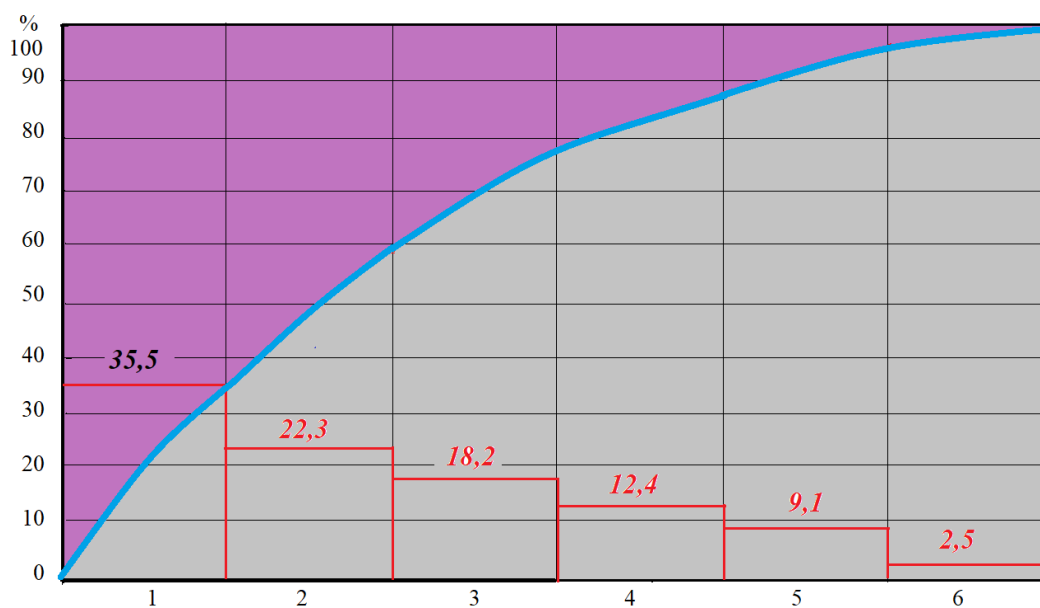


Рисунок 3.11 – Диаграмма Парето агрегатов комбайна Енисей 1200

1- адаптеры; 2 - электрооборудования; 3 - трансмиссия;

4 - гидросистема; 5 - МСУ; 6 – двигатель.

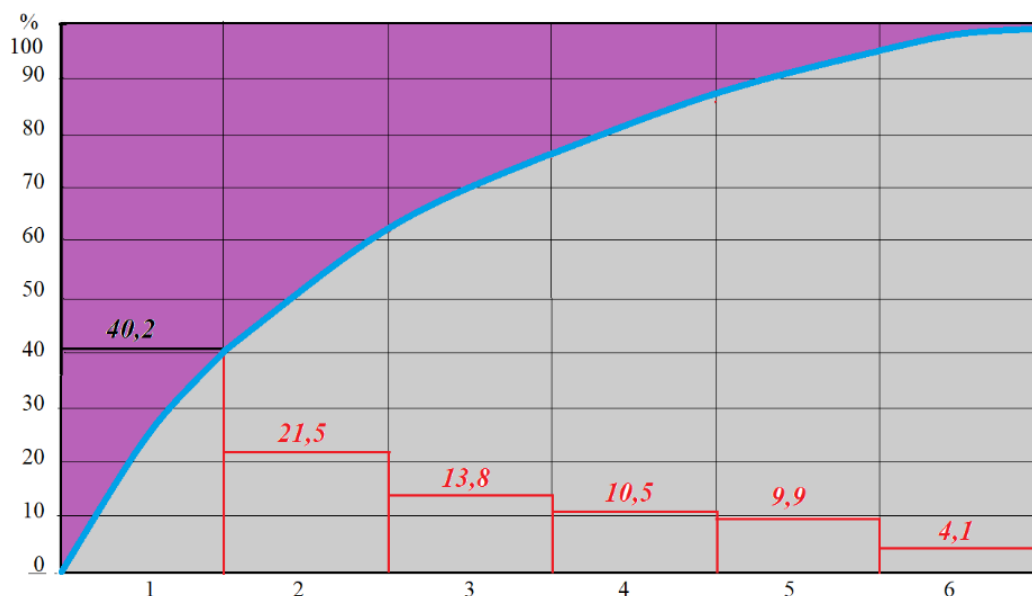


Рисунок 3.12 – Диаграмма Парето агрегатов комбайна John Deere 9500

1- электрооборудования; 2 - гидросистема; 3 - трансмиссия;
4 - адаптеры; 5 - МСУ; 6 – двигатель.

Таким образом, высокая производительность зерноуборочных комбайнов достигается за счёт применения передовых технологий, увеличения площади очистки и использования мощных двигателей. Это позволяет эффективно использовать технику в полевых условиях и обеспечивать высокое качество уборки урожая.

3.5 Ремонтно-техническое обслуживание агрегатов самоходной сельскохозяйственной техники

Ремонтно-техническое обслуживание (РТО) агрегатов самоходной сельскохозяйственной техники представляет собой систему организационно-технических мероприятий, направленных на поддержание и восстановление их работоспособности на протяжении всего срока службы. В условиях, когда современная техника насыщена электроникой и гидравликой, своевременное и качественное РТО становится критическим фактором экономической эффективности производства [35,37,52,].

Своевременное проведение ремонтов предотвращает катастрофические отказы и значительно снижает издержки. Замена или восстановление деталей, ресурс которых подходит к концу, позволяет избежать простоев и

дорогостоящего ремонта в разгар сезона. Стоимость экстренного ремонта может оказаться на 40–60% выше, чем планового устранения той же неисправности в межсезонье.

Правильная организация технического обслуживания (ТО) — это основа бесперебойной работы техники в период уборочной страды. Этот комплекс профилактических мер позволяет поддерживать машины в постоянной готовности, сводя к минимуму риск внезапных поломок.

В российской и казахстанской практике сложилась единая система технического обслуживания сельхозтехники, регламентированная, в частности, межгосударственным стандартом ГОСТ 20793-2023 [30,48]. Система включает в себя несколько видов ТО, которые отличаются периодичностью, трудоемкостью и перечнем выполняемых операций.

Ниже представлена общая схема видов ТО и их примерная периодичность, которая может незначительно варьироваться в зависимости от модели конкретной машины в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Периодичность и условия проведения технического обслуживания комбайнов и других машин

Вид ТО (сокр.)	Когда проводят	Основные операции
Ежесменное (ЕТО)	Каждые 8-10 часов работы (перед началом или после окончания смены)	Очистка, осмотр, контроль уровней жидкостей, проверка креплений и смазка
Первое (ТО-1)	Через 60 мото-часов (для комбайнов) / 125 мото-часов (для тракторов)	Все работы ЕТО + углубленная очистка, контроль состояния масел и фильтров
Второе (ТО-2)	Через 240 мото-часов (для комбайнов) / 500 мото-часов (для тракторов)	Все работы ТО-1 + проверка и регулировка узлов и агрегатов
Сезонное (СТО)	2 раза в год (при переходе к весенне-летнему и осенне- зимнему сезонам)	Подготовка техники к эксплуатации в определенный сезон (смена масел, проверка систем)

ТО при хранении	При постановке и в процессе хранения	Консервация, периодические осмотры и обслуживание в зависимости от способа хранения
-----------------	--------------------------------------	---

Для наглядного представления о содержании каждого вида работ, их удобно свести в таблицу 3.12.

Таблица 3.12 – Вид технического обслуживания

Вид ТО	Примерный перечень работ
Ежесменное (ЕТО)	<p>Очистка и мойка: удаление пыли, грязи, остатков растений (особенно с рабочих органов, двигателя и радиатора).</p> <p>Контрольный осмотр: проверка комплектности, состояния креплений, отсутствия подтеканий масел, топлива и охлаждающей жидкости.</p> <p>Проверка уровней: масла в двигателе, охлаждающей жидкости в радиаторе и при необходимости их долив.</p> <p>Смазка: всех составных частей согласно карте смазки завода-изготовителя.</p> <p>Проверка систем управления: исправность тормозов, рулевого управления, освещения и сигнализации.</p>
Первое (ТО-1)	<p>Все операции ЕТО.</p> <p>Углубленная очистка: продувка сжатым воздухом молотильного аппарата, соломотряса, системы очистки, воздухоочистителя двигателя.</p> <p>Проверка масла: контроль состояния моторного масла по «капельной пробе».</p> <p>Работа с топливной системой: слив отстоя из топливного бака и фильтров.</p> <p>Проверка аккумуляторных батарей: уровня электролита, чистоты выводов.</p>
Второе (ТО-2)	<p>Все операции ЕТО и ТО-1.</p> <p>Проверка и регулировка узлов: натяжения цепей и ремней, зазоров в механизмах, работы тормозной системы и муфты сцепления.</p> <p>Промывка и очистка: фильтров грубой очистки топлива, сапунов двигателя и гидросистемы.</p>

	Диагностика: проверка состояния электрооборудования, регулировка клапанов двигателя.
--	--

Современная система ТО и ремонта (ППР) носит профилактический характер. Это означает, что основной объем работ выполняется строго по регламенту, а не по факту поломки. Такой подход позволяет поддерживать высокий коэффициент технической готовности (КТГ), который для комбайнового парка должен стремиться к нормативному значению 85-95%.

Зарубежные комбайны (John Deere, CLAAS, Case IH) требуют еще более строгого соблюдения регламентов ТО, использования рекомендованных расходных материалов и специального диагностического оборудования. Качество ТО здесь напрямую определяет ресурс сложных и дорогостоящих систем, таких как гидравлика и электроника.

В условиях северных регионов, где уборочный сезон короток, а техника зачастую эксплуатируется на полях с тяжелыми почвами и в условиях высоких пылевых нагрузок, своевременное и качественное ТО приобретает особое значение для минимизации простоев и потерь урожая.

3.6 Исследование повышения качества ремонта и технического обслуживания на сокращение затрат при эксплуатации техники

Качество ремонта и технического обслуживания (ТО) сельскохозяйственной техники напрямую связано с общей эффективностью производства. Переход от реактивного подхода («ремонт по факту поломки») к проактивным стратегиям обслуживания является главным фактором, который позволяет кардинально снизить затраты и повысить надежность машинно-тракторного парка (МТП).

Темпы списания и обновления сельхозтехники в Казахстане растут, но для преодоления накопленного за десятилетия критического износа требуются дальнейшие усилия и время. Уровень обновления парка вырос с 5,5% в 2024 году до плановых 6,5% в 2025-м и целевых 8-10% в будущем. Ключевой

драйвер — льготный лизинг под 5% годовых: в 2025 году по этой программе закуплено 6 614 единиц техники на 141,8 млрд тенге.

Обновление идет неравномерно. В Северо-Казахстанской области износ тракторов достигает 73% при обновлении в 1,4%, а комбайнов – 53,5% при обновлении 4,2%. По данным Минсельхоза, в учете до сих пор числится много техники 1940-1990 годов выпуска, давно не используемой. Государство инициировало инвентаризацию и списание такой техники, чтобы очистить парк для реального обновления [102,56,156].

Основные задачи инженерной сферы (инженерно-технической службы) по повышению качества ремонта и обеспечению работоспособности машин должны состоять в следующем:

1. Переход от «авральной» к планово-предупредительной системе (ППР). Обеспечить выполнение регламентированных видов технического обслуживания (ЕТО, ТО-1, ТО-2, сезонное ТО) в строго установленные сроки, независимо от кажущейся исправности машины. Это предотвращает внезапные отказы и снижает затраты на экстренные ремонты.

2. Внедрение послесезонного инспектирования и диагностирования. После завершения полевых работ проводить комплексную диагностику всех систем комбайнов (двигатель, гидравлика, молотилка, жатка, электроника) с использованием современного диагностического оборудования. По результатам составлять дефектные ведомости и планы ремонтов на межсезонье.

3. Разработка и соблюдение технологических карт ремонта и обкатки. Четко регламентировать последовательность операций, допуски, посадки, моменты затяжки, способы контроля и испытания после ремонта. Это гарантирует восстановление параметров до уровня, близкого к новым изделиям.

4. Организация централизованного восстановления сложных агрегатов на специализированных предприятиях (ПТБ, РТС). Капитальный ремонт двигателей, топливной аппаратуры, гидронасосов, коробок передач следует

выполнять не в полевых условиях, а на стационарных постах с необходимым оборудованием (стенды, приспособления, инструмент) и квалифицированными кадрами.

5. Создание неснижаемого запаса запасных частей и материалов по наиболее уязвимым узлам. На основе анализа отказов (гидравлика, жатка, ремни, цепи, подшипники) сформировать страховой запас, достаточный для устранения 80–90% типичных неисправностей без длительного ожидания поставок.

6. Повышение квалификации ремонтного персонала и механизаторов. Регулярное обучение работе с новыми системами (электроника, CAN-шины, предиктивная диагностика), методам быстрого поиска неисправностей, правилам использования диагностических приборов. Внедрение системы наставничества и периодической аттестации.

7. Использование методов технической диагностики и прогнозирования остаточного ресурса. Внедрение средств неразрушающего контроля, вибродиагностики, анализа масла, тепловизионного контроля. Разработка регрессионных моделей (например, по формулам, приведённым ранее) для прогнозирования отказов и планирования ремонтов.

8. Цифровизация учета и анализа отказов. Ведение электронных журналов наработки, простоев, ремонтов по каждому комбайну. Обработка данных для выявления «узких мест» и корректировки нормативов трудоемкости, периодичности ТО и номенклатуры запчастей.

9. Оптимизация складской логистики и кооперации с поставщиками. Заключение договоров на срочную поставку оригинальных запчастей, организация обменного фонда агрегатов, использование передвижных ремонтных мастерских для удаленных полей.

10. Экономическое обоснование решений о списании или капитальном ремонте. Рассчитывать пороговые значения: если удельные затраты на поддержание работоспособности превышают 70-80% стоимости новой

машины, а КТГ падает ниже 0,6-0,7 – принимать решение о списании или замене.

Реализация этих задач позволяет повысить коэффициент технической готовности (КТГ) до нормативных 85-95%, сократить простои на 30-40%, уменьшить потери зерна и обеспечить стабильную работу машин в напряженные агросроки.

Коэффициент охвата ремонтом (КО) – это вероятностная величина, показывающая, какая часть от всего парка машин данной марки нуждается в определённом виде ремонта в течение года.

Количество капитальных ремонтов (N_K) через коэффициент охвата рассчитывается по формуле:

$$N_K = n \times \eta_o \times \eta_z \times \eta_v \quad (3.8)$$

где: n – общее количество машин конкретной марки в хозяйстве.

η_o – годовой коэффициент охвата капитальным ремонтом (норматив для машин данной марки). Например, для комбайна "Дон-1500" он составляет 0,15.

η_z – поправочный коэффициент, учитывающий зональные особенности эксплуатации.

η_v – поправочный коэффициент, учитывающий средний возраст машин в парке.

Связь между возрастом техники и необходимостью ремонта прямая и абсолютная. Старение парка напрямую увеличивает поправочный коэффициент η_v . Чем старше средний возраст машин, тем выше значение η_v , а следовательно, и расчётное количество капитальных ремонтов N_K .

Старая техника требует не только большего количества, но и более трудоёмких ремонтов. С возрастом машин растёт доля внезапных отказов. Исследования показывают, что неплановые текущие ремонты комбайнов могут составлять до 20% от общего объёма ремонтных работ. Это создаёт дополнительную и непредсказуемую нагрузку на ПТБ.

3.7 Исследование потенциальных возможностей техники на основе показателей технического уровня

Техническое обслуживание (ТО) сельскохозяйственной техники представляет собой комплекс плановых профилактических мероприятий, направленных на поддержание работоспособности машин, предупреждение отказов и обеспечение их готовности к работе в напряжённые периоды полевых работ. Система ТО базируется на планово-предупредительном принципе: все операции выполняются строго по регламенту, независимо от видимого состояния техники.

Основным документом, регламентирующим систему ТО сельхозтехники на территории стран СНГ, является ГОСТ 20793-86 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание» (действует с 1 января 1988 г.). Стандарт устанавливает виды, периодичность и основные требования к проведению технического обслуживания тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин на предприятиях агропромышленного комплекса.

Исследование потенциальных возможностей техники на основе показателей технического уровня ключевой этап в выборе и эксплуатации машинно-тракторного парка. Оно позволяет перейти от субъективного восприятия «лучше-хуже» к объективному, количественному сравнению, что особенно важно для обоснования управленческих решений в сельском хозяйстве.

Комплексная оценка технического уровня позволяет не только сравнивать разные модели, но и прогнозировать их эффективность в конкретных условиях. Например, современные аксиально-роторные комбайны показывают преимущество в дроблении и засоренности зерна, но могут уступать по расходу топлива, который является одним из главных экономических показателей.

Помимо традиционных методов, в современной науке активно развиваются новые подходы. Один из них оценка по коэффициенту

гармоничности, которая позволяет выявить скрытый резерв для модернизации. Этот метод сопоставляет фактические параметры комбайна (например, мощность двигателя и пропускную способность) с «идеальными» значениями, выведенными из анализа 150 мировых моделей. Он показывает, насколько конструкция комбайна сбалансирована и соответствует ли она общемировым тенденциям развития, указывая на направления для совершенствования техники.

Для наглядного сравнения технического уровня и, как следствие, потенциальных возможностей, рассмотрим две группы машин: устаревший, но широко распространенный комбайн «Енисей-1200» и более современную модель казахстанско-белорусского производства «Essil КЗС-740».

Таблица 3.13 – Сравнение технического уровня комбайн «Енисей-1200» и «Essil КЗС-740»

Показатель	Комбайн «Енисей-1200»	Комбайн «Essil КЗС-740»
Пропускная способность, кг/с	5-6	8-9
Мощность двигателя, л.с.	150	230-280
Производительность (зерно), т/ч	8-10	14-18
Расход топлива, л/га	Высокий (до 15-20)	Средний (10-15)
Эргономика и комфорт	Низкий	Удовлетворительный

Сравнительный анализ комбайнов как представлено в таблице 3.14 «Енисея» и «Essil» позволяет не просто констатировать, что одна машина лучше, а количественно оценить, насколько. Это даёт объективную основу для принятия решения о замене устаревшего парка.

Понимание конструктивных особенностей и уровня надежности техники позволяет точнее рассчитать потребность в ремонтных мощностях. Например, у комбайнов с более высоким техническим уровнем наработка на отказ больше, а значит, снижается частота и трудоемкость неплановых ремонтов.

Исследование технического уровня важнейший аналитический инструмент. Он позволяет превратить разрозненные технические

характеристики в целостную картину о потенциальных возможностях машины, её слабых и сильных сторонах.

3.8 Выводы

На основе проведённого исследования состояния машинно-тракторного парка, показателей надёжности, системы технического обслуживания и ремонта, а также сравнительной оценки отечественных и зарубежных комбайнов можно сделать следующие обобщающие выводы:

1. В Казахстане, особенно в Костанайской области, более 70% комбайнов эксплуатируются свыше 10 лет, а 50–60% парка физически изношены. Коэффициент технической готовности (КТГ) для старых машин (типа «Енисей-1200») составляет 0,70-0,75, что значительно ниже норматива 0,85-0,95.

2. Основные причины отказов: гидравлическая система, жатвенная часть и молотильный аппарат дают до 70% всех отказов. При этом отказы двигателя и ходовой части редки ($\approx 1,5\%$), но ведут к самым длительным простоям (5-8 часов). Импортные комбайны (John Deere, Claas) имеют наработку на отказ в 1,5-2 раза выше, чем «Енисей-1200» (до 150-200 мото-ч против 50-100 мото-ч). Однако они критически зависимы от качества топлива, масел и сервиса.

Однако старой техники, такой как комбайн «Енисей-1200» или нового комбайна «Essil КЗС-740», то можно сделать заключение что «Енисей» проще и дешевле в ремонте, но сильно уступает по производительности (8-10 т/ч против 14-18 т/ч), эргономике и адаптации к влажным культурам. «Essil» – более технологичная машина, требующая квалифицированного ТО.

3. Своевременное проведение ЕТО, ТО-1, ТО-2 и послесезонного инспектирования позволяет снизить внеплановые простои на 30-40% и сократить затраты на ремонт до 40%. Для старых машин он значительно выше ($\eta = 0,6-0,8$ против 0,2-0,3 для новых), что требует увеличения мощностей ПТБ. Требуется использование оригинальных запчастей и соблюдения более жёстких регламентов (замена масел каждые 250-500 мото-ч). Применение аналогов сокращает ресурс в 2-3 раза.

4. Предложено использовать интервальные (сезонные) и интегральные (суммарные) показатели. Интервальные позволяют отслеживать динамику старения парка, а интегральные принимать решения о списании или капремонте.

5. Необходимо внедрять эффективные высокоресурсные технологии по ТО и ремонту узлов с восстановлением и упрочнением деталей нанотехнологиями с обеспечением 80... 100% послеремонтного ресурса и кратностью проведения ТО $K = 1:2:8$. Регрессионные функции (например, $КТГ = 0,82 - 0,00015 \cdot T$, где T – наработка в мото-ч) дают возможность прогнозировать отказы и планировать загрузку ПТБ. Нижняя доверительная граница среднего ресурса (T_n), позволяет с заданной вероятностью (0,9) утверждать минимальный ресурс комбайна.

ГЛАВА 4. Качество технической эксплуатации комбайнового парка и показатели ее эффективности

4.1 Методика проведения экспертного опроса

В исследовании, посвящённом оптимизации парка комбайнов, центральным является понятие качества технической эксплуатации. По сути, это комплексная характеристика того, насколько эффективно организовано использование, обслуживание и ремонт техники. Она связывает воедино техническое состояние машин, уровень организации работ и квалификацию персонала, определяя конечный результат является сохранность и своевременность уборки урожая.

Понимание и количественная оценка качества технической эксплуатации – это ключ к выявлению «узких мест» и принятию верных управленческих решений.

Эффективность эксплуатации парка можно оценить с помощью системы показателей, которые делятся на две большие группы: характеризующие использование машин и качество самой системы их обслуживания.

Эти показатели отвечают на вопрос: «Насколько хорошо и эффективно работают машины?».

Производительность – это объём работ, выполненный за единицу времени (га/ч, т/ч). Ключевой показатель, напрямую влияющий на скорость уборки.

Расход топлива как затраты топлива на единицу выполненной работы (л/га, л/т). Важный экономический критерий.

Показатели качества уборки определяют сохранность урожая. К ним относятся:

- Потери зерна (должны быть не более 2,5%).
- Дробление зерна (не более 2%).
- Засоренность зерна (не более 3%).

Годовая нагрузка на один комбайн позволяет оценить, насколько эффективно используется каждая единица техники в течение сезона.

Для оценки такого многогранного и субъективного понятия, как качество технической эксплуатации, где многие факторы сложно измерить напрямую, идеальным инструментом является метод экспертных оценок. Он позволяет превратить накопленный опыт, интуицию и знания практиков от механизаторов до главных инженеров – в количественные показатели, пригодные для анализа и принятия решений. Этот метод также отлично подходит для прогнозирования и оценки в условиях неопределенности, когда полная и точная информация отсутствует.

Качество технической эксплуатации зависит от множества трудноизмеримых факторов: квалификации персонала, мотивации, организации труда, эффективности складской логистики и т.д. Их сложно оценить одной формулой, но легко – с помощью компетентных специалистов. Экспертный метод и был разработан специально для восполнения такого дефицита информации. Метод экспертных оценок, подкрепленный статистическими расчетами (такими как коэффициент конкордации), является мощным и научно обоснованным инструментом [46,54,82,88,129].

В рамках исследования были проанализированы комбайны с различной производительностью, эксплуатируемые в Алтынсаринском районе. В частности, были изучены российские комбайны «Енисей-1200» с производительностью 20–25 га/день, которые составляют значительную часть парка сельскохозяйственной техники в данном регионе (всего 302 единицы, включая все модификации). Также были рассмотрены комбайны казахстанского производства «Essil КЗС-740», обладающие производительностью 30–40 га/день, представленные в количестве 69 единиц. В исследовании также участвовали комбайны иностранного производства, такие как John Deere 9500 и Class Trion 730, с производительностью 60–70 га/день. Общий парк комбайнов в Алтынсаринском районе насчитывает 486 единицы.

Для корректного проведения расчётов и сравнения производительности всех типов комбайнов, включая различные модификации, был применён переводной коэффициент ($K_{пер}$) по отношению к комбайну СК-5. Под $K_{пер}$ понимается коэффициент перевода сменной (или дневной) производительности в условные эталонные гектары или в условные комбайны – это распространённый в технико-экономических расчётах приём для приведения разномарочной техники к единому измерителю. Этот коэффициент позволяет унифицировать показатели производительности различных моделей и обеспечивает сопоставимость данных. Значения коэффициентов перевода для разных типов комбайнов приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Значения коэффициентов перевода для разных типов комбайнов

Группа комбайнов	Производительность, га/день	Коэффициент перевода ($K_{пер}$)
Группа 1	30–40	1,7
Группа 2	30–45	1,9
Группа 3	60–70	3,1
Средний по парку	–	2,24

Эталоном принят комбайн СК-5 с производительностью 8 т/ч и $K_{пер} = 1,0$.

Зная $K_{пер}$, можно уточнить необходимое количество машин для уборки заданной площади в агросроки.

Например, если эталонному комбайну нужно 100 машин, то вашему парку достаточно $100 / 2,24 \approx 48$ машин (при одинаковом КТГ). Более высокий $K_{пер}$ обычно соответствует более современным, дорогим комбайнам. Задача – определить, при какой производительности (группе) достигается минимум удельных приведённых затрат (руб/га или тенге/га).

Это означает, что в среднем один комбайн парка выполняет работу, эквивалентную 2,24 эталонным комбайнам. Другими словами, парк из N физических машин по производительности заменяет $2,24 \times N$ эталонных машин.

Средний $K_{пер}$ вычисляется как среднее арифметическое взвешенное:

$$K_{пер} = \frac{n_1 + K_{пер1} + n_2 + K_{пер2} + n_3 + K_{пер3} + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots} \quad (4.1)$$

По данным $K_{перср} = 2,24$. Это означает, что ваш парк имеет производительность, эквивалентную 2,24 эталонных комбайна на каждый реальный комбайн. Это хороший показатель, но его можно улучшить, заменив старые машины из групп 1 и 2 на более производительные, если экономика позволяет. Ниже в таблице 4.2 представлены обобщенные характеристики каждой группы комбайнов парке.

Таблица 4.2 – Обобщенные характеристики каждой группы комбайнов

Группа (Модель)	Количество (шт.)	Производительность (га/день)	Производительность (т/ч)	Коэффициент перевода ($K_{пер}$)
Енисей-1200	302	~30	8-9	1,20
Essil КЗС-740	69	~45	12	1,70*
John Deere 9500 / Claas Trion 730	115	60-70	30-43	3,50*

*Примечание: Значения $K_{пер}$ для Essil КЗС-740 и импортных комбайнов оценочные, основанные на их производительности и характеристиках аналогичных моделей.

Теперь переведем парк в единый измеритель, чтобы оценить его реальный уборочный потенциал. Расчёт эталонных единиц определяется:

Енисей-1200: $302 \text{ шт} \times 1,2 K_{пер} = 362,4$ эталонных единиц

Essil КЗС-740: $69 \text{ шт} \times 1,7 K_{пер} = 117,3$ эталонных единиц

John Deere / Claas: $115 \text{ шт} \times 3,5 K_{пер} = 402,5$ эталонных единиц

Итого эталонных единиц: $362,4 + 117,3 + 402,5 = 882,2$

Несмотря на то, что парк устаревших «Енисеев» (302 шт.) численно превосходит парк современных машин (115 шт.), их вклад в общий уборочный потенциал сопоставим:

Современные машины ($K_{пер}=3,5$) дают 402,5 эталонных единиц.

Устаревшие машины ($K_{пер}=1,2$) дают 362,4 эталонных единиц.

Отсюда следует важный вывод: наиболее производительная техника берет на себя основную нагрузку, обеспечивая более половины эталонного потенциала парка.

Производительность – это только одна сторона медали. Вторая – надежность и стоимость владения.

Енисей-1200 имеет высокий уровень износа, особенно после 10-15 лет эксплуатации. Частые поломки и высокий расход топлива ведут к росту себестоимости уборки.

Essil КЗС-740 характеризуется хорошей ремонтпригодностью, доступностью запчастей и адаптирован к местным условиям.

John Deere 9500 / Claas Trion 730 обладают высокой технологической надежностью, ресурсом и низкими эксплуатационными расходами, но требуют квалифицированного сервиса и дорогих оригинальных запчастей.

Для оценки надёжности обычно используется коэффициент технической готовности (КТГ), который для новой техники может достигать 0,95, а для старой, к сожалению, значительно ниже около 0,65-0,7.

4.2 Организация и проведение экспертного опроса

Экспертный опрос является центральной процедурой метода экспертных оценок. Его успех зависит от правильной организации всех этапов: от формирования экспертной группы до обработки полученных данных.

Принципы отбора экспертов:

Компетентность. Эксперт должен обладать глубокими знаниями в области технической эксплуатации сельскохозяйственной техники, иметь практический опыт работы, знакомство с современными методами ТО и ремонта. В состав экспертной группы включаются:

- Главные инженеры и инженеры-механики сельскохозяйственных предприятий (не менее 10 лет стажа);

- Руководители и специалисты районных производственно-технических баз (ПТБ) и ремонтно-технических станций (РТС);
- Научные сотрудники, специализирующиеся в области механизации сельского хозяйства;
- Опытные механизаторы-комбайнеры (не менее 15 лет стажа работы);
- Преподаватели профильных дисциплин сельскохозяйственных учебных заведений.

Представительность. Экспертная группа должна отражать все заинтересованные стороны и включать специалистов разных профилей.

Количественный состав. Оптимальный размер экспертной группы составляет 15-25 человек. При меньшем количестве возрастает риск субъективных ошибок; при большем — усложняется обработка результатов и снижается управляемость процессом.

Независимость. Эксперты не должны быть связаны между собой служебной зависимостью или личными отношениями, способными повлиять на объективность оценок.

Экспертный опрос проводится в несколько этапов.

Этап 1. Предварительная подготовка. Разработка анкеты для опроса экспертов, включающей:

- Вводную часть с описанием целей и задач исследования;
- Блок вопросов для самооценки компетентности эксперта;
- Блок вопросов для оценки факторов, влияющих на уровень технической эксплуатации;
- Инструкцию по заполнению анкеты.

Этап 2. Первый тур опроса. Эксперты самостоятельно заполняют анкеты, давая оценки по каждому фактору. При этом они не знакомятся с мнениями других экспертов.

Этап 3. Обработка результатов первого тура. Производится статистическая обработка полученных данных, вычисляются средние оценки, медианы, квартили, коэффициенты вариации.

Этап 4. Второй тур опроса. Экспертам сообщаются обобщенные результаты первого тура (средние оценки, разброс мнений). Каждый эксперт может пересмотреть свои первоначальные оценки, если они существенно отличаются от мнения большинства.

Этап 5. Последующие туры. При необходимости проводятся дополнительные туры опроса для достижения приемлемой степени согласованности мнений экспертов.

Этап 6. Анализ согласованности. Оценивается степень согласованности мнений экспертов с использованием коэффициента конкордации Кендалла.

Этап 7. Формирование итоговых оценок. На основе обработанных данных формируются итоговые интегральные оценки факторов и обобщающих показателей.

На основе анализа научной литературы, нормативных документов и практического опыта, для оценки уровня технической эксплуатации комбайнового парка выделены следующие группы обобщающих факторов, как представлено в таблицах 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 и 4.7.

Таблица 4.3 – Техническая группа факторов (Т)

Код фактора	Наименование фактора	Характеристика
T1	Возрастная структура парка	Доля комбайнов с различным сроком эксплуатации (до 5 лет, 5-10 лет, свыше 10 лет)
T2	Уровень износа техники	Степень физического и морального износа машин, остаточный ресурс
T3	Соответствие требованиям агротехнологий	Способность техники выполнять работы в соответствии с современными агротехническими требованиями
T4	Техническое совершенство машин	Конструктивные особенности, наличие современных систем (автоматизация, GPS-навигация и др.)

Таблица 4.4 – Организационная группа факторов (О)

Код фактора	Наименование фактора	Характеристика
О1	Система планирования ТО и ремонтов	Наличие и соблюдение планов-графиков ТО и ремонтов, своевременность проведения работ
О2	Наличие и состояние ПТБ	Обеспеченность производственными площадями, оборудованием, оснасткой для ТО и ремонта
О3	Качество проведения ТО и ремонта	Соответствие выполняемых работ технологическим требованиям, наличие контроля качества
О4	Организация хранения техники	Условия хранения комбайнов в межсезонный период (наличие крытых помещений, консервация)

Таблица 4.5 – Кадровая группа факторов (К)

Код фактора	Наименование фактора	Характеристика
К1	Квалификация механизаторов	Наличие профильного образования, стаж работы, регулярность повышения квалификации
К2	Квалификация ремонтного персонала	Уровень подготовки ремонтных рабочих, наличие допусков к сложным видам работ
К3	Мотивация персонала	Система оплаты труда, премирование за качественную работу, социальные гарантии
К4	Трудовая дисциплина	Соблюдение правил эксплуатации техники, исполнительность, ответственность

Таблица 4.6 – Материально-техническая группа факторов (М)

Код фактора	Наименование фактора	Характеристика
М1	Обеспеченность запасными частями	Наличие необходимых запасных частей для ТО и ремонта, своевременность поставок

M2	Качество запасных частей	Соответствие оригинальным спецификациям, наличие сертификатов
M3	Обеспеченность ГСМ	Качество и своевременность поставок горюче-смазочных материалов
M4	Обеспеченность инструментом и оснасткой	Наличие специализированного инструмента, диагностического оборудования, приспособлений

Таблица 4.7 – Экономическая группа факторов (Э)

Код фактора	Наименование фактора	Характеристика
Э1	Финансирование ТО и ремонта	Объем средств, выделяемых на техническое обслуживание и ремонт
Э2	Экономическая эффективность эксплуатации	Соотношение затрат на эксплуатацию и получаемого эффекта (производительность, сохранность урожая)
Э3	Доступность лизинговых и кредитных программ	Возможность обновления парка за счет заемных средств на приемлемых условиях
Э4	Государственная поддержка	Наличие и доступность субсидий, компенсаций, льгот для сельхозтоваропроизводителей

4.3 Оценка компетентности экспертов

Компетентность эксперта – это интегральная характеристика, отражающая его способность давать объективные, обоснованные и достоверные оценки по исследуемой проблеме. В научной литературе выделяют два основных подхода к оценке компетентности: априорный (предварительный, до проведения опроса) и апостериорный (по результатам опроса).

В данной методике используется комбинированный подход, сочетающий:

Самооценку эксперта по формализованной шкале;

Оценку руководителя группы на основе анализа профессиональной деятельности эксперта;

Апостериорный анализ согласованности оценок эксперта с групповым мнением (таблица 4.8).

Компетентность эксперта оценивается по двум основным составляющим:

Коэффициент осведомленности (K_{oc}) – характеризует степень знакомства эксперта с исследуемой проблемой;

Коэффициент аргументации (K_a) – характеризует обоснованность и убедительность оценок эксперта.

Коэффициент аргументации (K_a) отражает степень влияния различных источников аргументации на формирование мнения эксперта. Для его расчета используется специальная таблица, в которой эксперт оценивает степень влияния каждого источника по шкале от 0 до 2.

Таблица 4.8 – Оценка коэффициента аргументации

Источник аргументации	Степень влияния	Баллы
Практический опыт работы	Высокая	0,5
	Средняя	0,4
	Низкая	0,2
Теоретические знания	Высокая	0,3
	Средняя	0,2
	Низкая	0,1
Анализ литературных источников	Высокая	0,3
	Средняя	0,2
	Низкая	0,1
Изучение передового опыта	Высокая	0,2
	Средняя	0,1
	Низкая	0,05
Интуиция	Высокая	0,2
	Средняя	0,1
	Низкая	0,05

Сведения о качестве технического обслуживания собирали посредством изучения плановой и отчетной документации, опроса комбайнеров-механизаторов и ответственных технических работников организации, выборочной проверки отдельных сборочных единиц и агрегатов по соответствию требованиям [37,64,131,132,136,140].

Максимальное значение коэффициента аргументации ($K_a \text{ max}$) составляет 1,5.

Формула расчета коэффициента аргументации:

$$K_a = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i}{1,5} \quad (4.2)$$

где: x_i – балльная оценка i -го источника аргументации;

1,5 – максимально возможная сумма баллов.

Интерпретация значений коэффициента аргументации:

- $K_a \geq 0,8$ – высокая аргументированность оценок;
- $0,5 \leq K_a < 0,8$ – средняя аргументированность;
- $K_a < 0,5$ – низкая аргументированность.

Эксперты с коэффициентом аргументации ниже 0,5 не допускаются к участию в опросе или их оценки учитываются с понижающим весом.

Коэффициент осведомленности ($K_{ос}$) определяется на основе самооценки эксперта по специальной шкале (таблица 4.9). Эксперт отвечает на вопросы, характеризующие его знакомство с различными аспектами проблемы технической эксплуатации комбайнового парка.

Таблица 4.9 – Оценка коэффициента осведомленности

Уровень осведомленности	Характеристика	Баллы
Очень высокий	Имеет полное представление о проблеме, участвовал в разработке и внедрении систем технической эксплуатации	1,0
Высокий	Хорошо знаком с проблемой, имеет практический опыт организации ТО и ремонта	0,8

Средний	Знаком с основными аспектами проблемы, но не имеет детального представления	0,5
Низкий	Имеет поверхностное представление о проблеме	0,2
Очень низкий	Практически не знаком с проблемой	0,0

Дополнительно для уточнения степени знакомства эксперта с проблемой используется коэффициент информированности ($K_{инф}$), рассчитываемый на основе самооценки эксперта по 10-балльной шкале, умноженной на 0,1.

Степень контроля качества ремонта, систему постановки комбайна в капитальный ремонт и наличие нормативно-технической документации на проведение ремонта определяли [9,13,23,35,55,73,97,122,167]. Формула расчета коэффициента информированности:

$$K_{инф} = \frac{V_{сам}}{10} \quad (4.3)$$

где: $V_{сам}$ – самооценка эксперта по 10-балльной шкале (1 – очень низкая информированность, 10 – очень высокая информированность).

Интегральный коэффициент компетентности ($K_{комп}$) объединяет показатели аргументации и осведомленности.

Таблица 4.10 – Результаты расчета коэффициентов компетентности экспертов

№ эксперта	Должность / квалификация	K_a	$K_{ос}$	$K_{инф}$	$K_{комп}$
1	Главный инженер хозяйства (стаж 25 лет)	0,85	0,8	0,9	0,85
2	Механик ПТБ (стаж 18 лет)	0,80	0,7	0,8	0,77
3	Комбайнер (стаж 20 лет)	0,70	0,6	0,7	0,67
4	Научный сотрудник (стаж 12 лет)	0,75	0,7	0,8	0,75
5	Преподаватель вуза (стаж 15 лет)	0,65	0,6	0,7	0,65
6	Руководитель РТС (стаж 20 лет)	0,80	0,8	0,9	0,83
7	Инженер-диагност (стаж 10 лет)	0,60	0,5	0,6	0,57
8	Механизатор (стаж 15 лет)	0,55	0,5	0,5	0,52

Формула расчета интегрального коэффициента компетентности:

$$K_{комп} = \frac{K_a + K_{ос}}{2} \quad (4.4)$$

или с учетом коэффициента информированности:

$$K_{\text{комп}} = \frac{K_a + K_{oc} + K_{\text{инф}}}{3} \quad (4.5)$$

Эксперты с интегральным коэффициентом компетентности ниже 0,5 исключаются из дальнейшего анализа как недостаточно компетентные.

После проведения опроса и получения оценок экспертов может быть проведена апостериорная оценка компетентности, учитывающая степень близости оценок эксперта к групповому мнению.

Формула расчета апостериорного коэффициента компетентности:

$$K_{\text{комп}}^{\text{апост}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{m} \sum_j \left(\frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{R_j} \right)^2} \quad (4.6)$$

где: X_{ij} – оценка i -го эксперта по j -му фактору;

\bar{X}_j – средняя оценка группы по j -му фактору;

R_j – размах оценок по j -му фактору;

m – количество факторов.

Итоговый коэффициент компетентности может определяться как среднее арифметическое априорного и апостериорного коэффициентов:

$$K_{\text{комп}}^{\text{итог}} = \frac{K_{\text{комп}}^{\text{априор}} + K_{\text{комп}}^{\text{апост}}}{2} \quad (4.7)$$

Для определения степени влияния каждого из выделенных факторов на уровень технической эксплуатации комбайнового парка применяются следующие методы:

Метод ранжирования – эксперты упорядочивают факторы по степени их важности (от наиболее важного к наименее важному). На основе полученных рангов вычисляются средние ранги и весовые коэффициенты (таблица 4.11).

Метод парных сравнений – эксперты попарно сравнивают факторы, определяя, какой из них важнее. Этот метод более трудоемок, но позволяет получить более точные оценки [33,66].

Метод непосредственной оценки – эксперты присваивают каждому фактору балльную оценку по заданной шкале (например, от 1 до 10) [66].

Таблица 4.11 – Матрицы ранжирования факторов

Фактор	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт m	Сумма рангов	Средний ранг	Весовой коэффициент
T1	3	2	4	ΣR_1	\bar{R}_1	W_1
T2	5	4	3	ΣR_2	\bar{R}_2	W_2
T3	1	1	2	ΣR_3	\bar{R}_3	W_3
T4	7	6	5	ΣR_4	\bar{R}_4	W_4
O1	2	3	1	ΣR_5	\bar{R}_5	W_5

Расчет весовых коэффициентов методом ранжирования

1. Определяется сумма рангов по каждому фактору:

$$R_j = \sum_{i=1}^m r_{ij} \quad (4.8)$$

2. Вычисляется средний ранг:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^n R_j}{n} \quad (4.9)$$

3. Рассчитываются отклонения:

$$d_j = R_j - \bar{R} \quad (4.10)$$

4. Вычисляется весовой коэффициент:

$$W_j = \frac{R_j}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}} \quad (4.11)$$

или с учетом обратной зависимости (чем меньше ранг, тем важнее фактор):

$$W_j = \frac{\frac{1}{R_j}}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}} \quad (4.12)$$

обработки результатов оценки важности факторов представлены в таблице 4.12

Используя принцип иерархичности, перечень основных и частных факторов, оказывающих влияние на качество технической эксплуатации комбайнов, представлены на рисунке 4.1.

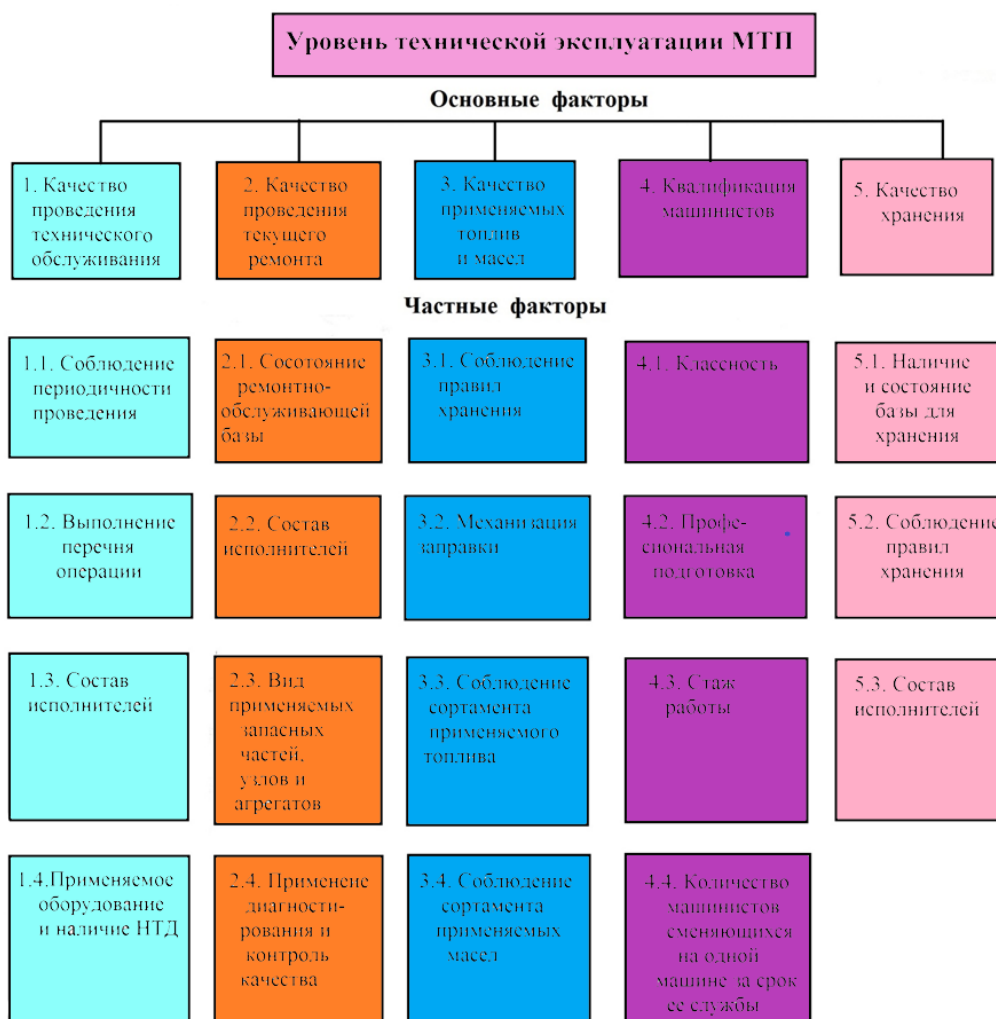


Рисунок 4.1 – Перечень факторов оценки уровня технической эксплуатации МТП.

Таблица 4.12 – Принцип весовых коэффициентов факторов

Группа факторов	Код фактора	Весовой коэффициент (W)	Ранг важности
Техническая группа (Т)	T1	0,085	8
	T2	0,092	7
	T3	0,078	9
	T4	0,065	11
Организационная группа (О)	O1	0,110	4
	O2	0,120	2

	О3	0,115	3
	О4	0,075	10
Кадровая группа (К)	К1	0,105	5
	К2	0,098	6
	К3	0,060	12
	К4	0,055	13
Материально-техническая группа (М)	М1	0,125	1
	М2	0,085	8
	М3	0,070	10
	М4	0,065	11
Экономическая группа (Э)	Э1	0,080	9
	Э2	0,065	11
	Э3	0,045	14
	Э4	0,040	15

*Примечание: суммы весовых коэффициентов по всем факторам = 1,000.

Для оценки степени согласованности мнений экспертов используется коэффициент конкордации Кендалла (W).

Формула расчета коэффициента конкордации:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^n d_j^2}{m^2 (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} \quad (4.13)$$

где: m – количество экспертов;

n – количество факторов;

d_j – отклонение суммы рангов по j-му фактору от средней суммы рангов;

T_i – поправка на связанные ранги в оценках i-го эксперта (если имеются одинаковые ранги).

Поправка на связанные ранги рассчитывается по формуле:

$$T_i = \sum_{k=1}^L (t_k^3 - t_k) \quad (4.14)$$

где: L – количество групп связанных рангов в оценках i-го эксперта;

t_k – количество связанных рангов в k-й группе.

Интерпретация коэффициента конкордации:

- $W \geq 0,7$ – высокая степень согласованности мнений экспертов (результаты можно считать достоверными);
- $0,5 \leq W < 0,7$ – средняя степень согласованности;
- $W < 0,5$ – низкая степень согласованности (требуется проведение дополнительных туров опроса или замена части экспертов).

4.4 Методика сбора и обработки информации об уровне технической эксплуатации комбайнового парка

Уровень технической эксплуатации (УТЭ) комбайнового парка оценивается системой количественных показателей, отражающих различные аспекты организации и качества ТО и ремонта, использования техники и ее технического состояния представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Система показателей уровня технической эксплуатации

Группа показателей	Показатель	Обозначение	Единица измерения
Техническая готовность	Коэффициент технической готовности	КТГ	относительный
	Коэффициент использования парка	К_исп	относительный
Использование техники	Сменная выработка	W_см	га/смену
	Дневная выработка	W_дн	га/день
	Годовая нагрузка	W_год	га/год
Качество ТО и ремонта	Трудоемкость ТО	T_ТО	чел.-ч/100 мото-ч
	Трудоемкость ремонта	T_Р	чел.-ч/100 мото-ч
	Удельные затраты на ТО и ремонт	C_ТОР	тенге/мото-ч
Надежность	Наработка на отказ	T_0	мото-ч
	Среднее время восстановления	T_в	ч
	Коэффициент готовности	К_г	относительный

Обобщающий показатель уровня технической эксплуатации (УТЭ) рассчитывается как взвешенная сумма частных показателей, нормированных относительно нормативных (эталонных) значений.

Этап 1. Нормирование частных показателей

Для показателей-стимуляторов (увеличение которых улучшает УТЭ):

$$X_{ij}^{норм} = \frac{X_{ij}}{X_j^{эм}} \quad (4.14)$$

Для показателей-дестимуляторов (увеличение которых ухудшает УТЭ):

$$X_{ij}^{норм} = \frac{X_j^{эм}}{X_{ij}} \quad (4.15)$$

где: X_{ij} – фактическое значение j -го показателя по i -му объекту;

$X_j^{эм}$ – эталонное (нормативное) значение j -го показателя.

Этап 2. Расчет обобщающего показателя

$$УТЭ_i = \sum_{j=1}^n W_j \cdot X_{ij}^{норм} \quad (4.16)$$

где: W_j – весовой коэффициент j -го показателя (определяется методом экспертных оценок);

n – количество показателей.

Этап 3. Интерпретация значений УТЭ

Интерпретация значений УТЭ представлены в таблице 4.14

Таблица 4.14 – Интерпретация значений УТЭ

Значение УТЭ	Уровень технической эксплуатации	Характеристика
$УТЭ \geq 0,9$	Высокий	Техническая эксплуатация организована на высоком уровне, все показатели близки к нормативным или превышают их
$0,75 \leq УТЭ < 0,9$	Выше среднего	Отдельные показатели ниже нормативных, но в целом система работает эффективно
$0,6 \leq УТЭ < 0,75$	Средний	Имеются значительные отклонения по ряду показателей, требуются организационные мероприятия

$0,4 \leq \text{УТЭ} < 0,6$	Ниже среднего	Системные проблемы в организации ТО и ремонта, необходимо вмешательство руководства
$\text{УТЭ} < 0,4$	Низкий	Критическое состояние технической эксплуатации, требуются радикальные меры

Для сбора информации об уровне технической эксплуатации используются следующие источники:

1. Первичная учетная документация предприятия:

- Журналы учета простоев комбайнов;
- Журналы учета ТО и ремонтов;
- Путевые листы комбайнов;
- Акты приема-передачи техники после ремонта;
- Ведомости дефектов.

2. Данные оперативного учета:

- Показания бортовых компьютеров комбайнов (наработка, расход топлива, выработка);
- Данные телеметрических систем (при наличии).

3. Результаты диагностирования:

- Протоколы диагностики технического состояния комбайнов;
- Акты послесезонного инспектирования.

4. Данные анкетирования и опросов:

- Анкеты механизаторов и ремонтных рабочих;
- Опросы инженерно-технического персонала.

5. Нормативно-справочная документация [20,57,84,157]:

- ГОСТ 24055-2016 — методы эксплуатационно-технологической оценки;
- ГОСТ 28301-2015 — методы испытаний зерноуборочных комбайнов;

- ГОСТ 20793-86 — техническое обслуживание тракторов и сельскохозяйственных машин.

Карта сбора данных об уровне технической эксплуатации представлена 4.15.

Таблица 4.15 – Карта сбора данных об уровне технической эксплуатации

Показатель	Источник данных	Периодичность сбора	Ответственный	Форма фиксации
Наработка комбайнов (мото-ч)	Журнал учета наработки, бортовой компьютер	Ежесменно	Механизатор	Электронный журнал
Простои по техническим причинам	Журнал учета простоев	При возникновении	Механик	Электронный журнал
Количество и виды ТО	Журнал учета ТО	При проведении	Механик	Электронный журнал
Количество и виды ремонтов	Журнал учета ремонтов	При проведении	Механик	Электронный журнал
Затраты на ТО и ремонт	Бухгалтерская документация	Ежемесячно	Бухгалтер	Финансовый отчет
Расход запасных частей	Складской учет	При выдаче	Кладовщик	Накладная
Выработка (га)	Путевой лист, бортовой компьютер	Ежесменно	Механизатор	Электронный журнал
Расход топлива	Путевой лист, бортовой компьютер	Ежесменно	Механизатор	Электронный журнал
Потери зерна	Акт уборки	Ежедневно	Агроном	Производственный отчет
Качество обмолота	Лабораторный анализ	Периодически	Лаборант	Протокол анализа

Классификация основных и частных факторов, а также их возможное состояние представлены в приложении 6. Степень влияния фактора

определяется суммой рангов, которую дали ему эксперты. Чем больше эта сумма, тем меньшее влияние оказывает фактор. На диаграмме ранжирования (рисунок 4.2.) факторы расположены в порядке убывания по их значимости.

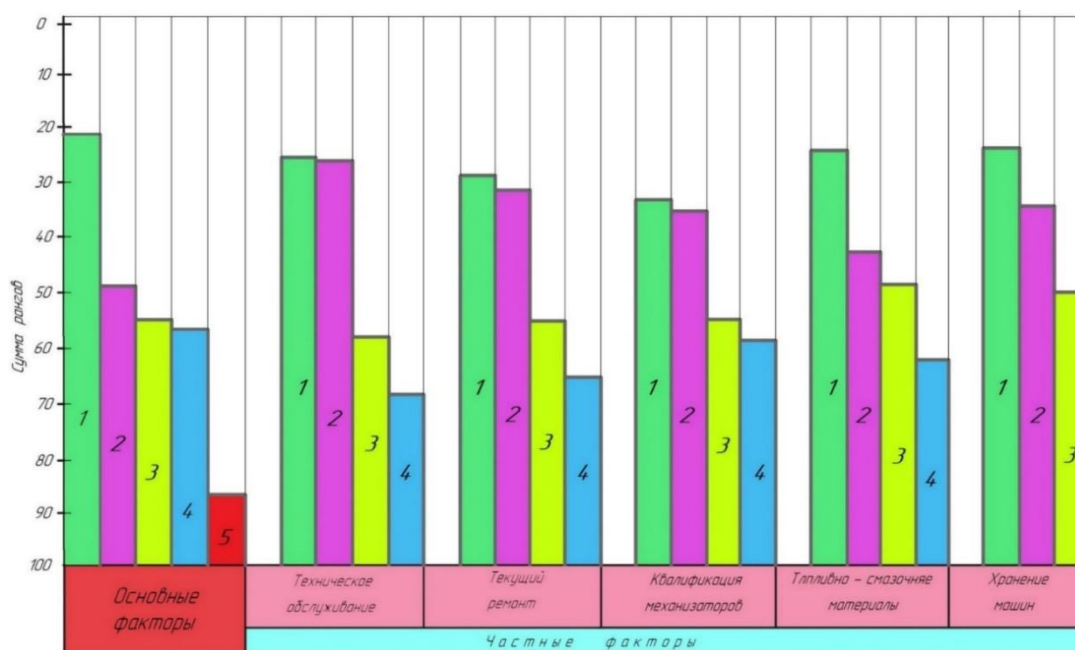


Рисунок 4.2 – Диаграмма ранжирования факторов.

4.5 Методика сбора и обработки информации о безотказности и долговечности комбайнового парка

Безотказность и долговечность являются ключевыми составляющими надежности сельскохозяйственной техники.

Таблица 4.16 – Показатели безотказности и долговечности

Группа показателей	Показатель	Обозначение	Единица измерения
Безотказность	Вероятность безотказной работы	$P(t)$	относительная
	Средняя наработка на отказ	T_0	мото-ч
	Интенсивность отказов	$\lambda(t)$	1/мото-ч
Долговечность	Средний ресурс до капитального ремонта	T_{cp}	мото-ч
	Гамма-процентный ресурс	T_γ	мото-ч
	Нижняя доверительная граница среднего ресурса	T_n	мото-ч

Сбор данных об отказах комбайнов осуществляется по следующей схеме.

1. Определение наблюдаемого парка машин. В выборку включаются комбайны, однотипные по конструктивному исполнению и условиям эксплуатации.

2. Фиксация отказов. При возникновении отказа фиксируются:

- Дата и время возникновения отказа;
- Марка и инвентарный номер комбайна;
- Нарботка комбайна на момент отказа (мото-ч, га);
- Описание отказа и его внешних проявлений;
- Узел или система, в котором произошел отказ;
- Предполагаемая причина отказа;
- Время начала и окончания ремонта;
- Затраты на устранение отказа.

3. Классификация отказов. Отказы классифицируются по следующим признакам:

- По характеру изменения параметров: внезапные / постепенные;
- По причине возникновения: конструктивные / производственные / эксплуатационные;
- По взаимосвязи: зависимые / независимые;
- По возможности обнаружения: явные / скрытые;
- По степени критичности: критический / некритический.

4. Формирование базы данных отказов. Для систематизации данных разрабатывается электронная база данных (MS Excel, Access или специализированное ПО). Форма регистрации отказов комбайнов представлена в таблице 4.17

Таблица 4.17 – Форма регистрации отказов комбайнов

Дата	Марка комбайна	Инв. номер	Наработка, мото-ч	Узел отказа	Характер отказа	Причина	Время простоя, ч	Затраты, тенге
10.07.2024	Енисей-1200	15	2450	Гидросистема	Внезапный	Износ насоса	4,5	85000
12.07.2024	Essil КЗС-740	23	1280	Молотилка	Постепенный	Износ бичей	6,0	120000
15.07.2024	John Deere 9500	07	3450	Электроника	Внезапный	Отказ датчика	2,0	45000

Средняя наработка на отказ (T_0). Для восстанавливаемых объектов, к которым относятся комбайны, средняя наработка на отказ определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{n} \quad (4.17)$$

где: t_i – суммарная наработка i -го комбайна за наблюдаемый период, мото-ч;

n – суммарное количество отказов за наблюдаемый период.

Более точная формула с учетом времени восстановления:

$$T_0 = \frac{T_{\text{сум}}}{r} \quad (4.18)$$

где: $T_{\text{сум}}$ – суммарная наработка всех комбайнов за период наблюдения, мото-ч;

r – суммарное количество отказов за период наблюдения.

Интенсивность отказов (λ). Определяется как отношение количества отказов в единицу времени к общему числу работоспособных объектов:

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N \cdot \Delta t} \quad (4.19)$$

где: $n(t)$ – количество отказов за интервал времени Δt ;

N – количество работоспособных объектов в начале интервала.

3. Вероятность безотказной работы ($P(t)$). Для экспоненциального закона распределения:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (4.20)$$

где λ – интенсивность отказов (постоянная величина).

Для более точных расчетов используется распределение Вейбулла:

$$P(t) = e^{-(t/a)^b} \quad (4.21)$$

где: a – параметр масштаба, b – параметр формы.

Средний ресурс до капитального ремонта (T_{cp}). Рассчитывается как среднее арифметическое значений ресурса по выборке:

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (4.22)$$

где: T_i – ресурс i -го комбайна (наработка до капитального ремонта), мото-ч;

n – количество комбайнов в выборке.

Среднеквадратическое отклонение ресурса (σ). Характеризует рассеивание ресурса относительно среднего значения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n-1}} \quad (4.23)$$

Нижняя доверительная граница среднего ресурса (T_H). Позволяет с заданной доверительной вероятностью утверждать, что истинное среднее значение ресурса не ниже рассчитанного.

$$T_H = \bar{T} - u_q \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (4.24)$$

где: u_q – квантиль нормального распределения, соответствующий доверительной вероятности q :

при $q = 0,8 \rightarrow u_q = 0,84$;

при $q = 0,9 \rightarrow u_q = 1,28$;

при $q = 0,95 \rightarrow u_q = 1,645$;

при $q = 0,99 \rightarrow u_q = 2,33$.

σ – среднеквадратическое отклонение;

N – объем выборки.

Гамма-процентный ресурс (T_γ). Это наработка, в течение которой объект не достигает предельного состояния с вероятностью γ , выраженной в

процентах. Для определения T_{γ} строится кривая распределения ресурса и по ней определяется значение, соответствующее заданной вероятности.

4.6 Методика определения показателей эффективности использования комбайнового парка от уровня ее технической эксплуатации

Эффективность использования комбайнового парка оценивается системой технико-экономических показателей, объединяющих технические, технологические и экономические аспекты эксплуатации (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Система показателей эффективности использования комбайнового парка

Группа показателей	Показатель	Обозначение	Единица измерения	Формула расчета
Производительность	Сменная выработка на комбайн	$W_{см}$	га/смену	$W_{см} = \frac{S_{см}}{N}$
	Сезонная выработка на комбайн	$W_{сез}$	га/сезон	$W_{сез} = \frac{S_{сез}}{N}$
	Коэффициент использования сменного времени	$K_{см}$	относительный	$K_{см} = \frac{T_{раб}}{T_{см}}$
Качество работы	Потери зерна	$П_z$	%	По данным агрономической службы
	Дробление зерна	$Д_z$	%	По данным лабораторного анализа
	Засоренность зерна	$З_z$	%	По данным лабораторного анализа

Экономическая эффективность	Расход топлива на 1 га	$Q_{уд}$	л/га	$Q_{уд} = \frac{Q_{общ}}{S}$
	Затраты труда на 1 га	$T_{уд}$	чел.-ч/га	$T_{уд} = \frac{T_{общ}}{S}$
	Себестоимость 1 га уборки	$C_{га}$	тенге/га	$C_{га} = \frac{Z_{общ}}{S}$
	Коэффициент технической готовности	КТГ	относительный	$КТГ = \frac{T_{раб}}{T_{раб} + T_{прост}}$

Эффективность механизации определяется в значительной степени затратами на эксплуатацию комбайнов. Увеличение надёжности работы машин существенно влияет на экономические показатели производственных предприятий [44,93,159,160].

Коэффициент технической готовности (КТГ) как интегральный показатель, который используется для оценки состояния агрегатов и узлов или комбайнов в целом. Он отражает вероятность того, что комбайны будут работать без простоев из-за технических неисправностей в определённый момент времени.

Коэффициент технической готовности (КТГ) является одним из наиболее информативных показателей, характеризующих состояние комбайнового парка и эффективность его технической эксплуатации.

Формула расчета КТГ:

$$КТГ = \frac{T_{раб}}{T_{раб} + T_{прост}} = \frac{T_{раб}}{T_{календ} + T_{план}} \quad (4.25)$$

где: $T_{раб}$ – суммарное время работы комбайнов за рассматриваемый период, ч;

$T_{прост}$ – суммарное время простоев комбайнов по техническим причинам (ремонт, ТО, ожидание запчастей), ч;

$T_{календ}$ – календарный фонд времени, ч;

$T_{\text{план}}$ – время плановых простоев (выходные, праздничные дни, межсезонье), ч.

Нормативные значения КТГ для комбайнов:

- Для новых комбайнов (до 3 лет эксплуатации): $КТГ \geq 0,95$;
- Для комбайнов со сроком службы 3-7 лет: $КТГ \geq 0,90$;
- Для комбайнов со сроком службы 7-10 лет: $КТГ \geq 0,85$;
- Для комбайнов со сроком службы более 10 лет: $КТГ \geq 0,80$.

Для комплексной оценки эффективности использования комбайнового парка предлагается использовать комплексный критерий эффективности ($K_{\text{эфф}}$), объединяющий показатели эффективности использования и эффективности технического обслуживания:

$$K_{\text{эфф}} = K_{\text{исп}} \cdot K_{\text{ТО}} \quad (4.26)$$

где: $K_{\text{исп}}$ – критерий эффективности использования комбайнов по назначению;

$K_{\text{ТО}}$ – критерий эффективности технического обслуживания.

Критерий эффективности использования ($K_{\text{исп}}$):

$$K_{\text{исп}} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{X_i^{\text{эт}}} \right)^{W_i} \quad (4.27)$$

где: X_i – фактическое значение i -го показателя использования;

$X_i^{\text{эт}}$ – эталонное (нормативное) значение i -го показателя;

W_i – весовой коэффициент i -го показателя.

Показатели, входящие в $K_{\text{исп}}$: производительность (га/смену); коэффициент использования сменного времени ($K_{\text{см}}$); расход топлива на 1 га (л/га) – показатель-дестимулятор; потери зерна (%) – показатель-дестимулятор.

Критерий эффективности технического обслуживания ($K_{\text{ТО}}$):

$$K_{\text{ТО}} = \prod_{j=1}^m \left(\frac{Y_j}{Y_j^{\text{эт}}} \right)^{W_j} \quad (4.28)$$

где: Y_j – фактическое значение j -го показателя ТО;

$Y_j^{\text{эт}}$ – эталонное значение j -го показателя;

W_j – весовой коэффициент j -го показателя.

Показатели, входящие в $K_{\text{ТО}}$: коэффициент технической готовности (КТГ); трудоемкость ТО на 100 мото-ч (чел.-ч) – показатель-дестимулятор; удельные затраты на ТО и ремонт (тенге/мото-ч) – показатель-дестимулятор.

Для количественной оценки влияния уровня технической эксплуатации на показатели эффективности использования комбайнового парка применяется корреляционно-регрессионный анализ.

Этап 1. Сбор исходных данных. Для каждого объекта наблюдения (хозяйства, района) фиксируются:

Значение УТЭ (рассчитанное по методике раздела 4.4);

Значения показателей эффективности ($W_{\text{см}}$, $Q_{\text{уд}}$, КТГ, потери зерна и др.).

Этап 2. Построение корреляционной матрицы. Рассчитываются парные коэффициенты корреляции между УТЭ и каждым показателем эффективности.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4.29)$$

Интерпретация коэффициента корреляции:

$|r| \geq 0,7$ – сильная связь;

$0,5 \leq |r| < 0,7$ – средняя связь;

$0,3 \leq |r| < 0,5$ – слабая связь;

$|r| < 0,3$ – связь практически отсутствует.

Этап 3. Построение регрессионных моделей. Для показателей, имеющих сильную или среднюю корреляционную связь с УТЭ, строятся регрессионные зависимости.

Линейная регрессионная модель:

$$Y = a + b \cdot X \quad (4.30)$$

где: Y – показатель эффективности;

X – уровень технической эксплуатации (УТЭ);

b – коэффициент регрессии, показывающий изменение Y при изменении X на 1 единицу.

Параболическая регрессионная модель (для учета нелинейных эффектов):

$$Y = a + b_1 \cdot X + b_2 \cdot X^2 \quad (4.31)$$

Этап 4. Оценка качества моделей. Проверяется адекватность моделей по критерию Фишера (F-критерий) и значимость коэффициентов регрессии по t-критерию Стьюдента.

Проведен сбор данных по 5 хозяйствам об эксплуатации комбайнового парка Алтынсаринского района Костанайской области за период 2022-2024 гг (таблица 4.19). По каждому хозяйству рассчитаны УТЭ и основные показатели эффективности использования комбайнового парка.

Таблица 4.19 – Исходные данные для корреляционно-регрессионного анализа

Хозяйство	УТЭ средний	КТГ	$W_{см}$, га/смену	$Q_{уд}$, л/га	Потери зерна, %
Щербаковский с/о	0,85	0,88	32,5	14,2	2,1
Новоалексеевский с/о	0,72	0,76	28,4	16,8	2,8
Докучаевский с/о	0,58	0,62	22,5	19,2	3,7
Дмитровский с/о	0,68	0,72	26,8	17,4	3,0
Большечураковский с/о	0,82	0,86	33,1	14,5	2,2

На рисунке 4.3 представлены данные зависимости. Как видно из данных графиков, наработка между отказами увеличивается с повышением уровня технической готовности комбайнов.

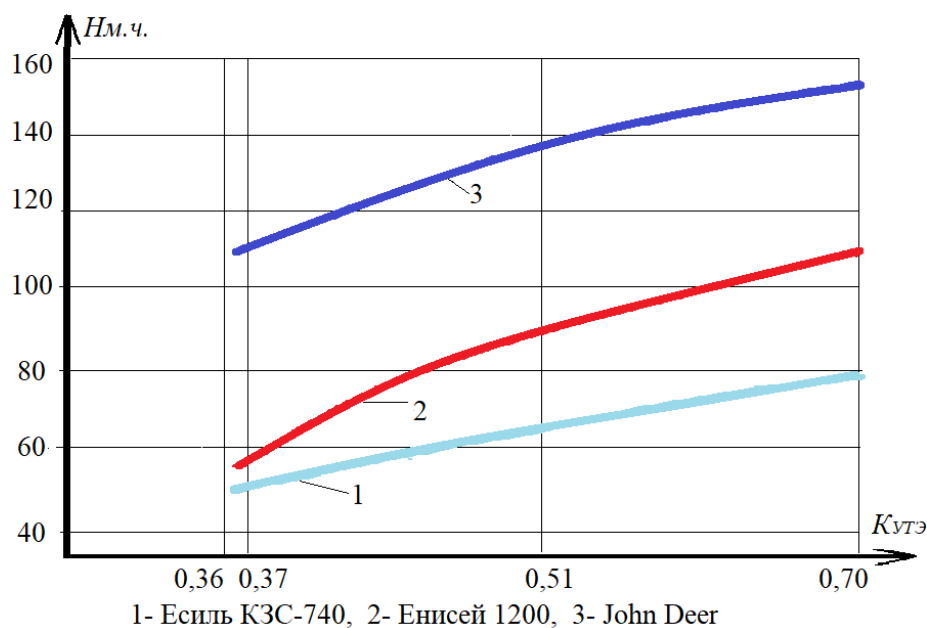


Рисунок 4.3 – Зависимость наработки на отказ для комбайнов Енисей 1200, Есиль КЗС-740 и John Deer от уровня технической эксплуатации.

По графику (рисунок 4.3) можно сделать следующее заключение:

- наработка между отказами для комбайнов Енисей 1200 составляет от $K_{то} = 46$ мото-часов при $УТЭ = 0,36$ и при $УТЭ = 0,48$ наработка будет $K_{то} = 69$ мото-часов.
- наработка между отказами для комбайнов John Deer составляет от $K_{то} = 89$ мото-часов при $УТЭ = 0,49$ и при $УТЭ = 0,61$ наработка равна уже $K_{то} = 121$ мото-часов.
- наработка между отказами для комбайнов Есиль КЗС-740 от $K_{то} = 43$ мото-час при $УТЭ = 0,62$ и при $УТЭ = 0,69$ до наработка $K_{то} = 56$ мото-час.

Если рассмотреть динамику изменения наработки между отказами различных групп машин от изменения уровня технической эксплуатации, то из данных зависимостей видно, что при повышении уровня технической эксплуатации УТЭ на 31% (от $УТЭ = 0,37$ до $УТЭ = 0,70$) наработка между отказами увеличивается:

- для комбайнов: Енисей 1200: - на 128%.
- для комбайнов Есиль КЗС-740: - на 76%;
- для комбайнов John Deer - на 136%.

Таким образом, уровень технической эксплуатации наиболее влияет на наработку между отказами для менее сложных машин.

Результаты корреляционного анализа представлены в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Коэффициенты корреляции между УТЭ и показателями эффективности

Показатель эффективности	Коэффициент корреляции (r)	Характер связи
КТГ	+0,92	Сильная прямая
Сменная выработка ($W_{см}$)	+0,87	Сильная прямая
Расход топлива ($Q_{уд}$)	-0,85	Сильная обратная
Потери зерна	-0,79	Сильная обратная

Были также получены зависимости между коэффициентом готовности и уровнем технической эксплуатации сельскохозяйственных машин, представленные на рисунке 4.4.

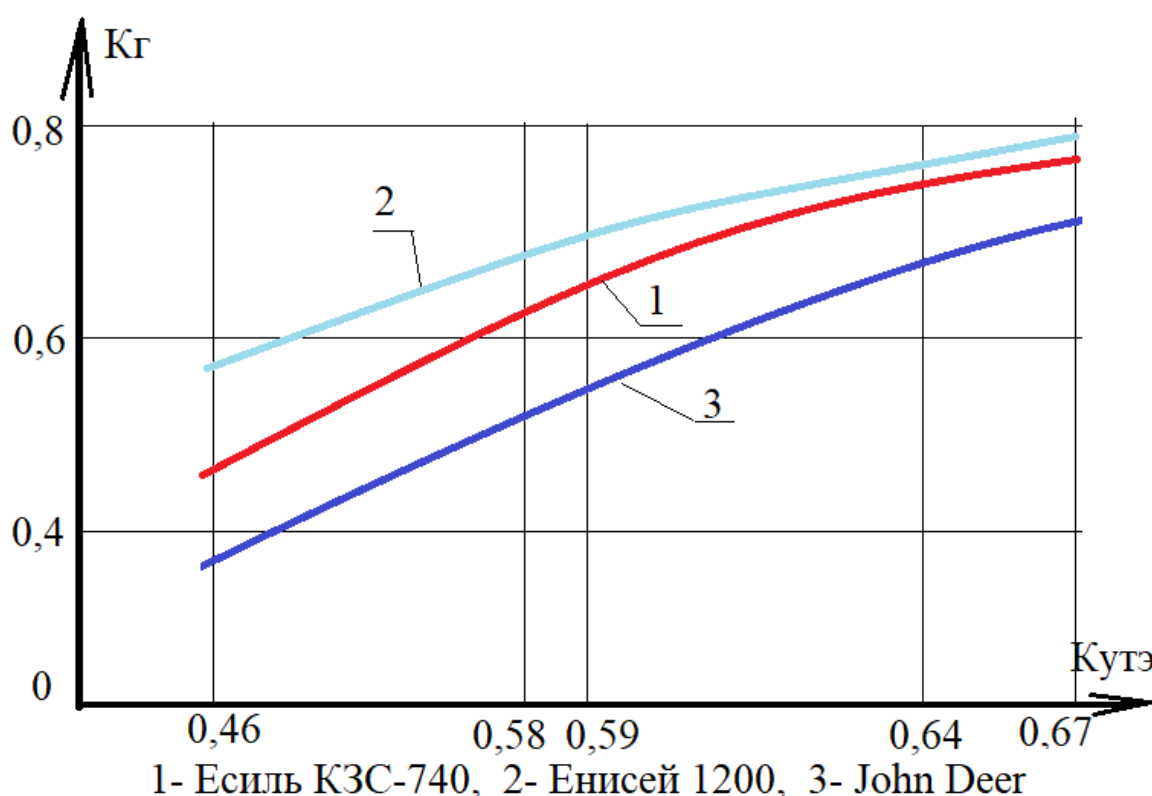


Рисунок 4.4 – Зависимость коэффициента готовности для комбайнов от уровня технической эксплуатации.

Зависимость КТГ от УТЭ:

$$КТГ = 0,15 + 0,85 \cdot УТЭ \quad (4.32)$$

($R^2 = 0,85$; F-критерий = 72,4; $p < 0,001$)

Зависимость сменной выработки от УТЭ:

$$W_{cm} = 5,2 + 32,8 \cdot УТЭ \quad (4.33)$$

($R^2 = 0,76$; F-критерий = 41,2; $p < 0,001$)

Зависимость расхода топлива от УТЭ:

$$Q_{yb} = 25,4 - 13,2 \cdot УТЭ \quad (4.34)$$

($R^2 = 0,72$; F-критерий = 34,8; $p < 0,001$)

Зависимость потерь зерна от УТЭ:

$$P_z = 5,8 - 4,2 \cdot УТЭ \quad (4.35)$$

($R^2 = 0,62$; F-критерий = 21,5; $p < 0,01$)

Как видно из данных зависимостей коэффициент готовности увеличивается с повышением уровня технической эксплуатации.

При повышении уровня технической эксплуатации (УТЭ) на 0,1, например, с 0,7 до 0,8, коэффициент технической готовности (КТГ) увеличивается на 0,085, с 0,745 до 0,83. В результате сменная выработка возрастает на 3,3 га, расход топлива снижается на 1,32 литра на гектар, а потери зерна уменьшаются на 0,42%.

Увеличение УТЭ на 0,1 позволяет достичь сократить потери зерна на 0,42%, что при урожайности 15 центнеров с гектара и площади уборки 1000 гектаров даёт экономию в 6,3 тонны зерна, а также сэкономить 1320 литров топлива на 1000 гектаров уборки и повысить выработку на 330 гектаров за сезон при условии 100 рабочих смен.

4.7 Определение затрат на эксплуатацию машин с учётом их уровня технической эксплуатации

Была разработана математическая модель процесса эксплуатации сельскохозяйственных машин, а также разработана методика определения затрат на эксплуатацию машин с учетом уровня их технической эксплуатации.

Цель настоящего раздела – установить зависимость каждой из этих составляющих от уровня технической эксплуатации (УТЭ), что позволит прогнозировать экономический эффект от его повышения.

Эксплуатационные затраты на использование комбайнового парка представляют собой совокупность расходов, связанных с поддержанием техники в работоспособном состоянии и выполнением уборочных работ. В общем виде годовые эксплуатационные затраты ($C_{\text{экс}}$) определяются по формуле:

$$C_{\text{экс}} = C_{\text{ТОиР}} + C_{\text{ГСМ}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{пр}} \quad (4.36)$$

где: $C_{\text{ТОиР}}$ – затраты на техническое обслуживание и ремонт (включая запасные части, материалы, оплату труда ремонтных рабочих);

$C_{\text{ГСМ}}$ – затраты на горюче-смазочные материалы;

$C_{\text{ам}}$ – амортизационные отчисления;

$C_{\text{ЗП}}$ – заработная плата механизаторов с начислениями;

$C_{\text{пр}}$ – прочие затраты (хранение, страховка, налоги).

Затраты на ТО и ремонт являются наиболее чувствительными к изменению уровня технической эксплуатации. При низком УТЭ (несвоевременное обслуживание, низкое качество ремонта, дефицит запчастей) частота и трудоёмкость отказов возрастают.

Эмпирическая зависимость (на основе полученных данных):

$$C_{\text{ТОиР}} = C_{\text{ТОиР}}^{\text{баз}} \cdot e^{-k \cdot \text{УТЭ}} \quad (4.37)$$

$$C_{\text{ТОиР}} = C_{\text{ТОиР}}^{\text{норм}} \cdot (1 - 0,6 \cdot (\text{УТЭ}_{\text{норм}} - \text{УТЭ})) \quad (4.38)$$

где: $C_{\text{ТОиР}}^{\text{баз}}$ – затраты при $\text{УТЭ} = 0$ (гипотетический максимум);

k – коэффициент чувствительности (по опытным данным $k \approx 1,2$ для комбайнов);

$\text{УТЭ}_{\text{норм}}$ – нормативный уровень технической эксплуатации (0,85);

$C_{\text{ТОиР}}^{\text{норм}}$ – затраты при нормативном УТЭ.

В хозяйстве при $\text{УТЭ} = 0,7$ фактические затраты на ТО и ремонт составляют 2 800 тенге/мото-ч. Нормативный уровень $\text{УТЭ} = 0,85$, при

котором затраты должны быть 2 100 тенге/мото-ч. Тогда повышение УТЭ до 0,85 позволит снизить затраты на:

$$\Delta C_{\text{топ}} = 2800 - 2100 = 700 \text{ тенге / мото-ч} \quad (4.39)$$

При годовой наработке парка 10 000 мото-ч экономия составит 7 млн тенге.

Расход топлива тесно связан с техническим состоянием двигателя и ходовой части, а также с организацией работ. Низкий УТЭ ведёт к:

- Ухудшению регулировки топливной аппаратуры;
- Повышенному сопротивлению качению (износ колёс, подшипников);
- Частым холостым простоям и лишним переездам.

На основе регрессионной модели получена зависимость:

$$Q_{\text{уд}} = a - b \cdot \text{УТЭ} \quad (4.40)$$

где $a=25,4$ л/га, $b=13,2$ л/га (для условий Костанайской области).

Годовые затраты на топливо:

$$C_{\text{ГСМ}} = Q_{\text{уд}} \cdot S \cdot C_{\text{топ}} \quad (4.41)$$

где: S – убранная площадь, га;

$C_{\text{топ}}$ – цена 1 л дизельного топлива, тенге.

При УТЭ = 0,7 расход топлива составляет:

$$Q_{\text{уд}} = 25,4 - 13,2 \cdot 0,7 = 25,4 - 9,24 = 16,16 \text{ л/га}$$

При повышении УТЭ до 0,85:

$$Q_{\text{уд}} = 25,4 - 13,2 \cdot 0,85 = 25,4 - 11,22 = 14,18 \text{ л/га}$$

Экономия топлива на 1 га: $16,16 - 14,18 = 1,98$ л/га. При цене 250 тенге/л и площади 5000 га:

$$\text{Экономия} = 1,98 \cdot 5000 \cdot 250 = 2475000 \text{ тенге}$$

Потери зерна являются прямым экономическим ущербом. Зависимость потерь от УТЭ:

$$P_3 = 5,8 - 4,2 \cdot \text{УТЭ} (\%) \quad (4.42)$$

Стоимость потерянного зерна:

$$C_{\text{потери}} = \frac{P_3}{100} \cdot S \cdot U \cdot C_{\text{зерна}} \quad (4.43)$$

Так при урожайности (U) 15 ц/га, цене зерна 20 000 тенге/т, и площади 5000 га. при УТЭ = 0,7 потери $\Pi_3 = 5,8 - 2,94 = 2,86\%$. При УТЭ = 0,85 потери $\Pi_3 = 5,8 - 3,57 = 2,23\%$. Снижение потерь на 0,63 процентных пункта.

Дополнительно сохранённое зерно:

$$\Delta \text{Зерно} = 5000 \cdot 15 \cdot (0,0286 - 0,0223) / 100 = 5000 \cdot 15 \cdot 0,0063 / 100 = 4,725 \text{ т}$$

Стоимость получается $4,725 \cdot 20000 = 94500$ тенге. А при больших площадях и высокой урожайности эта цифра может быть значительно выше.

Суммарные эксплуатационные затраты на 1 га уборки можно представить как функцию УТЭ:

$$C_{\text{га}}(\text{УТЭ}) = C_{\text{Топл}}^{\text{УД}}(\text{УТЭ}) + C_{\text{ГСМ}}^{\text{УД}}(\text{УТЭ}) + C_{\text{потери}}^{\text{УД}}(\text{УТЭ}) + C_{\text{ам}}^{\text{УД}} + C_{\text{ЗП}}^{\text{УД}} \quad (4.44)$$

где удельные показатели (на 1 га) зависят от УТЭ, кроме амортизации и зарплаты, которые слабо зависят от уровня технической эксплуатации (если не учитывать рост производительности).

Амортизационные затраты на 1 га:

$$C_{\text{ам}}^{\text{УД}} = \frac{BC \cdot H_{\text{ам}}}{W_{\text{сез}}} \quad (4.45)$$

где BC – балансовая стоимость комбайна,

$H_{\text{ам}}$ – норма амортизации,

$W_{\text{сез}}$ – сезонная выработка (га). Поскольку $W_{\text{сез}}$ растёт с увеличением УТЭ, то удельные амортизационные затраты снижаются. Затраты на заработную плату механизаторов также могут снижаться при росте производительности (меньше человеко-часов на 1 га).

Для обоснования инвестиций в развитие ПТБ, обучение персонала или улучшение организации ТО необходимо рассчитать годовой экономический эффект от повышения УТЭ с фактического уровня УТЭ_ф до нормативного УТЭ_н.

Используя моделирование процесса эксплуатации комбайнового парка в производственных организациях, получены зависимости между удельными, прямыми, дополнительными суммарными затратами на эксплуатацию машин

в расчете на 1 машино-час и уровнем их технической эксплуатации. На рисунке 4.5 представлены данные зависимости.

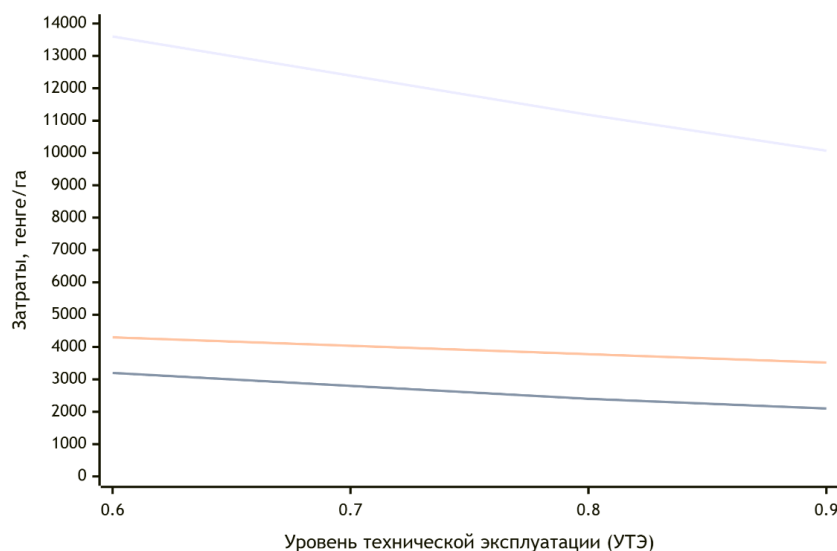


Рисунок 4.5 – Зависимость затрат на эксплуатацию комбайнов Енисей 1200 в зависимости от уровня его технической эксплуатации

Как видно из графика, наибольший вклад в экономию дают снижение затрат на ТО и ремонт, а также на ГСМ.

При улучшении УТЭ с низкого уровня (0,6) до нормативного (0,9) эта статья расходов сокращается почти на 35% (с 3200 до 2100 тенге/га). Это происходит за счет уменьшения частоты внеплановых ремонтов и продления ресурса узлов.

Экономия топлива достигает 18% (с 4300 до 3520 тенге/га), что обусловлено поддержанием двигателя и ходовой части в оптимальном техническом состоянии.

Хотя потери зерна не выделены на графике отдельной линией, их снижение (влияет на общую экономию) с 1800 до 900 тенге/га является прямым дополнительным доходом хозяйства.

Повышение уровня технической эксплуатации комбайнов – это не затраты, а высокоэффективная инвестиция. График показывает, что при улучшении УТЭ с 0,7 до 0,9 можно ожидать снижения общих эксплуатационных затрат более чем на 20%. В масштабах уборки нескольких

тысяч гектаров эта экономия окупит затраты на реконструкцию ПТБ, закупку диагностического оборудования и обучение персонала в течение 1-2 сезонов.

4.8 Выводы

1. Разработанная методика комплексной оценки уровня технической эксплуатации комбайнового парка позволяет:

- Количественно оценить текущее состояние технической эксплуатации на основе системы объективных показателей.
- Выявить приоритетные направления повышения эффективности за счет анализа весовых коэффициентов факторов.
- Прогнозировать показатели безотказности и долговечности техники с использованием методов математической статистики.
- Установить количественные зависимости между уровнем технической эксплуатации и ключевыми показателями эффективности использования комбайнов (КТГ, производительность, расход топлива, потери зерна).

2. Апробация методики на данных 5 хозяйств Костанайской области подтвердила ее работоспособность и достоверность получаемых результатов.

Выявленные зависимости могут быть использованы для:

- Обоснования управленческих решений по развитию производственно-технической базы;
- Планирования затрат на техническое обслуживание и ремонт;
- Оценки экономической эффективности мероприятий по повышению уровня технической эксплуатации.

3. Уровень технической эксплуатации (УТЭ) оказывает количественно измеримое влияние на все основные составляющие эксплуатационных затрат: затраты на ТО и ремонт, расход топлива, потери зерна, а также на производительность (через амортизацию и зарплату).

4. Повышение УТЭ с 0,70 до 0,85 позволяет снизить суммарные эксплуатационные затраты на 1 га в среднем на 15–20%, а срок окупаемости инвестиций в улучшение технической эксплуатации составляет 1–3 года.

5. Предложенные регрессионные модели и формулы могут быть использованы инженерными службами для планирования затрат и обоснования модернизации производственно-технической базы.

ГЛАВА 5. Исследования состояния производственно-технических баз

5.1. Исследования состояния производственно-технических баз

Алтынсаринского района Костанайской области

Размеры посевных площадей и урожайность напрямую определяют потребность в технике и, соответственно, нагрузку на ПТБ.

В отдельные годы структура посевных площадей достигала 209 тыс. га, при этом наибольший удельный вес занимала пшеница (125 тыс. га), затем ячмень (23 тыс. га) и овес (5 тыс. га). В 2021 году площадь под яровыми культурами составила 204,2 тыс. га, из которых зерновые занимали 158,2 тыс. га, а площадь под масличными достигла 40 тыс. га. При урожайности зерновых 9,2 ц/га было намолочено 145,5 тыс. тонн зерна; масличных — 22 тыс. тонн.

Показатели урожайности напрямую зависят от погодных условий и могут сильно варьироваться по годам (с 7,3 до 17–18 ц/га). При урожайности выше средней нагрузка на уборочную технику возрастает, что требует от ПТБ обеспечения максимальной технической готовности комбайнов в сжатые сроки. В такие годы особенно остро встает вопрос качественного и своевременного технического обслуживания.

Состояние МТП является ключевым индикатором, определяющим эффективность использования ПТБ. Хотя точные статистические данные по Алтынсаринскому району в открытых источниках отсутствуют, анализ общих данных по Костанайской области позволяет с высокой достоверностью экстраполировать ситуацию на район.

По данным на 2024 год, по всей Костанайской области насчитывается 21 900 тракторов и 8 500 зерноуборочных комбайнов. Можно предположить, что в Алтынсаринском районе, как в одном из крупных аграрных регионов, сосредоточена значительная доля этой техники. Парк разнороден по возрасту и техническому состоянию: в нем присутствуют как старые советские машины (тракторы 40-50-х годов выпуска), так и современные импортные образцы.

Одной из главных проблем является значительное старение парка. По области доля обновления сельхозтехники составляет лишь 4–6% в год. Это

означает, что при таких темпах для полной замены парка потребуется более 20 лет. Как следствие, более 75% техники в регионе требует обновления. В некоторых хозяйствах до сих пор используются тракторы, выпущенные в 40-50-х годах XX века, что говорит о предельной степени физического износа и технологической отсталости.

В масштабах области планируется списать в утиль 15 тыс. единиц техники, включая 12,2 тыс. тракторов и 2,8 тыс. комбайнов, приобретенных с 1949 по 1999 годы. Это прямое следствие многолетнего недофинансирования и отсутствия системной государственной поддержки обновления парка.

Серьезной проблемой является формальный подход к техническому осмотру. Специалистами были выявлены факты фиктивного проведения техосмотра, когда проверка техники фактически не проводилась, а документы оформлялись без выезда на место. Такой подход не только не способствует выявлению неисправностей, но и создает иллюзию контроля, что в конечном итоге повышает аварийность и увеличивает нагрузку на ремонтные службы ПТБ.

Для Алтынсаринского района, как и для многих других сельскохозяйственных регионов, характерна острая нехватка современных и хорошо оснащенных ПТБ. В большинстве случаев ремонтная инфраструктура представлена либо мелкими мастерскими при крупных хозяйствах, либо отдельными частными предприятиями. Государственных ремонтно-технических станций (РТС) в их классическом понимании на сегодняшний день практически не осталось.

В результате проведенных исследований по зависимости уровня технической эксплуатации от реальных факторов показывают, что главную роль играют факторы, связанные с состоянием производственно-технических баз (ПТБ). Это и расчеты проведения технических обслуживания, качество проведения текущих ремонтов, качество применяемых ГСМ и качество хранения.

Поэтому были проведены исследования по состоянию производственно-технических баз в пяти хозяйствах Алтынсаринского района за период с 2019г. по 2024г.: 1. Докучаевский с/о, 2. Щербаковский с /о, 3. Дмитровский с/о, 4. Новоалексеевский с/о, 5. Большечураковский с/о.

При этом проводился анализ состояния центральных мастерских и мастерских находящихся в отделениях хозяйств, а также производственно-технических баз, перешедших в созданные агрохолдинги и частные предприятия.

Размеры производственных площадей базы зависят от следующих факторов: - количество машин в парке; - состава и структуры парка машин; - размеров машин, их агрегатов и узлов; - метода ремонта(индивидуальный или обезличенный); - организация технического обслуживания и ремонта; - степени механизации производственных процессов и т.д.

Все факторы в полном объеме не могут быть учтены при укрупненных расчетах производственных площадей для обслуживания крупных машинных парков. Для ориентировочных расчётов при перспективном планировании, а также для оценки существующих площадей могут быть использованы рекомендации ГОСНИТИ по определению зависимостей производственных площадей ремонтно- эксплуатационных баз рисунке 5.1 и рисунке 5.2.

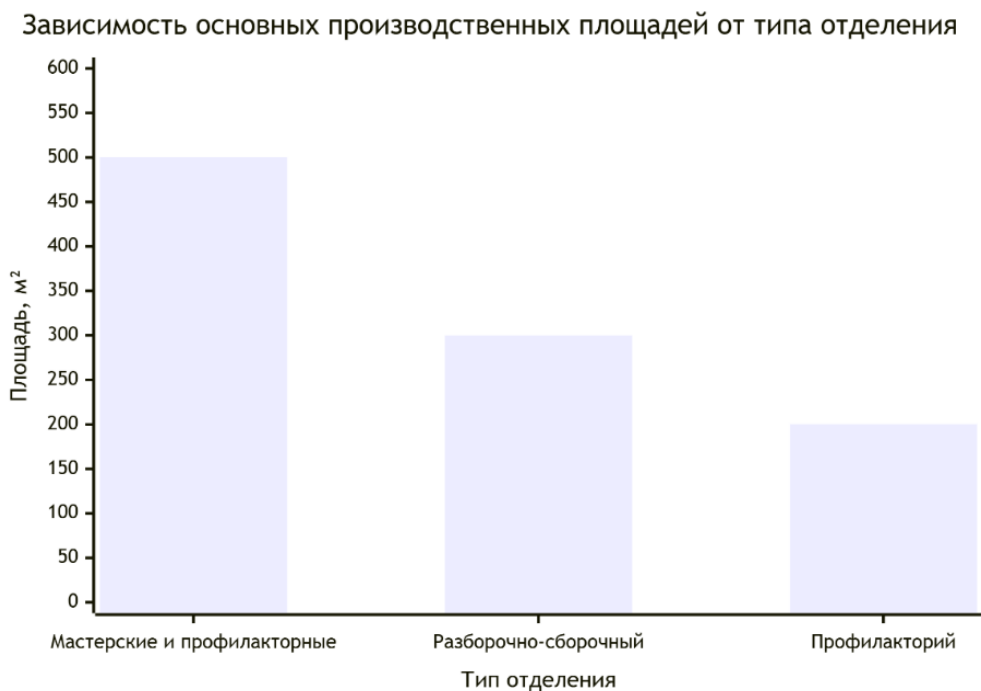


Рисунок 5.1 – Зависимость основных производственных площадей отделений от типа:

1 -мастерские и профилакторные, 2 - разборочно-сборочный, 3 - профилактория.

Тип 1 – Мастерские и профилакторные (комплексные ремонтные мастерские). Как правило, это основные производственные корпуса, где сосредоточены посты технического обслуживания, ремонта двигателей, трансмиссий, гидравлики и других сложных узлов. Площадь – наибольшая (в примере 500 м²), так как здесь концентрируется основное оборудование и наибольшее число рабочих мест.

Тип 2 – Разборочно-сборочный участок. Специализированное отделение для разборки и сборки агрегатов. Площадь – средняя (300 м²), включает стенды для разборки, стеллажи для деталей, а также зону временного хранения узлов.

Тип 3 – Профилакторий. Помещение для межсезонного хранения техники или проведения профилактических работ (например, консервация, расконсервация, мелкий текущий ремонт). Площадь – наименьшая (200 м²), так как профилакторий часто представляет собой крытую стоянку с минимальным набором оборудования.

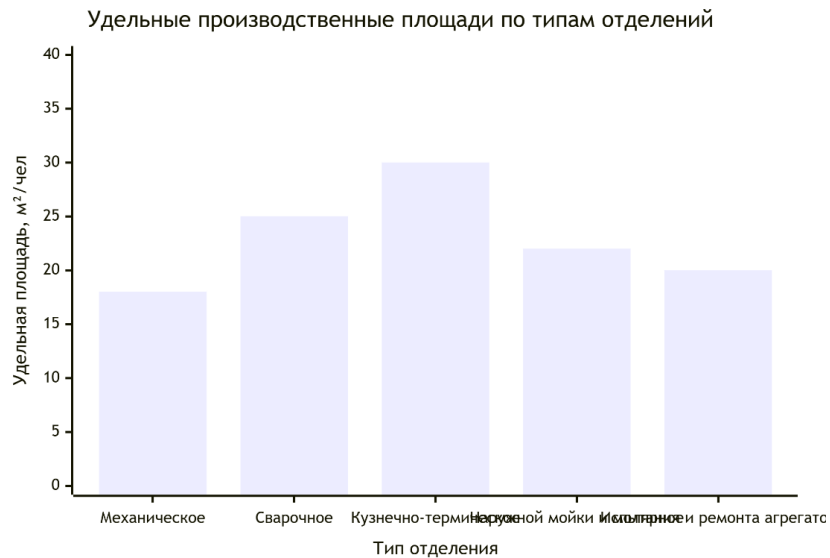


Рисунок 5.2 – Зависимость удельных производственных площадей по типам отделений

1- механического, 2 –сварочного, 3 –кузнечно-термического, 4 –наружной мойки и молярки, 5 – испытания и ремонта агрегатов и узлов.

1 – Механическое отделение (токарные, фрезерные, сверлильные станки). Удельная площадь ~ 18 м²/чел. Относительно компактное размещение оборудования, но требуются проходы для заготовок.

2 – Сварочное отделение. Удельная площадь ~ 25 м²/чел. Требуются повышенные противопожарные разрывы, вытяжная вентиляция, зона для сварных столов.

3 – Кузнечно-термическое отделение. Удельная площадь ~ 30 м²/чел. Необходимы места для горнов, печей, молотов, закалочных ванн; увеличенные проходы для безопасности.

4 – Отделение наружной мойки и молярное (окрасочное). Удельная площадь ~ 22 м²/чел. Требуются зоны для моечных машин, сушики, окрасочных камер, а также склад лакокрасочных материалов.

5 – Отделение испытания и ремонта агрегатов и узлов. Удельная площадь ~ 20 м²/чел. Стенды для обкатки двигателей, гидравлики, топливной аппаратуры; зона разборки-сборки.

Анализ показывает, что базы, имеющие малые значения удельных производственных площадей, не обеспечивают своевременного и качественного обслуживания машин, а базы с большими их значениями имеют низкие технико-экономические показатели, то и другое объясняется отсутствием методики единых норм для расчета производственных площадей.

В результате статистической обработки данных по 15-ти паркам Алтынсаринского района Костанайской области трудоемкость технического обслуживания и ремонта одной условной сельхоз машины (УСМ) определена делением суммарной годовой трудоемкости обслуживания парка на количество основных сельскохозяйственных машин. Установлено, что наибольшая плотность распределения трудоемкости обслуживания одной условной сельхоз машины (47%) приходится на интервал значений трудоемкости 950 – 1050 чел.ч., поэтому было принято среднее её значение т.е. 1000 чел.ч. с надежностью оценки порядка 98%. Таким образом, программы баз в условных единицах (УСМ) определены путем деления годовой трудоемкости технического обслуживания и ремонта парка машин на 1000 чел.ч. [158]

Из гистограмм (рисунки 5.1 и 5.2) видно, что удельные площади всех отделений, приходящиеся на одну УСМ, с увеличением программ баз уменьшаются.

Например, при программе базы 150 УСМ её удельная производственная площадь составляет 18м², а при программе 300 УСМ всего – 11м². Это подтверждает, что с увеличением программ баз повышается эффективность их работы – возрастает производительность труда и фондоотдача, снижается себестоимость работ, улучшается полезное использование производственных площадей.

Последнее оценивается съемом продукции с двух м² площади, которой определяется отношением программ базы по себестоимости технического обслуживания и ремонта машин к суммарной производственной площади базы. Расчеты показали, что с увеличением мощности базы от 50 до 200 УСМ

сьем продукции с 1 м^2 увеличивается на 10%, а для баз с интервалом мощности от 200 до 350 УСМ этот показатель практически не изменяется, что позволяет использовать для установления норматива его среднее значение, равное 338 руб/ м^2 . Взятые с запасом на 28-32% т.е. 378 руб/ м^2 , оно может быть рекомендовано в качестве норматива использования производственных площадей.

В рекомендуемый норматив укладывается около 35% существующих ремонтно-эксплуатационных баз. Руководствуясь этим нормативом, сельскохозяйственные управления механизации могут оценить и улучшить использование производственных площадей своих баз, повысив механизацию технического обслуживания и ремонта машин, рациональнее разместив оборудование в основных производственных отделениях и корпусах, передав им избыточные площади, занятые подсобными и вспомогательными отделениями.

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. Площадь ПТБ можно определить по формуле:

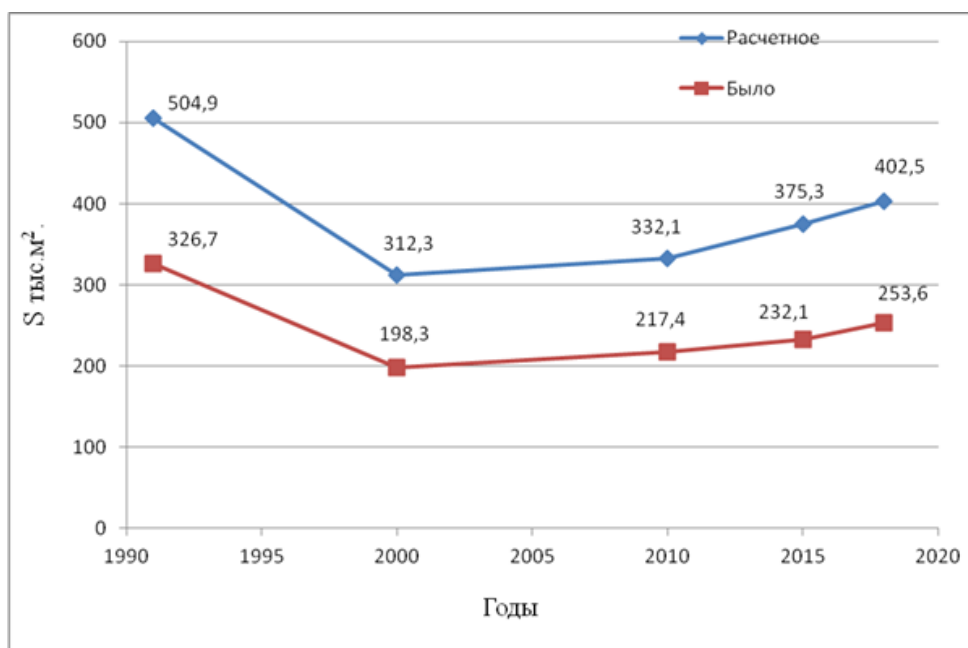
$$S_{\text{ПТБ}} = N_{\text{тр}} \cdot 40, \text{ м}^2 \quad (5.1)$$

где $N_{\text{тр}}$ – количество комбайнов в хозяйстве, 40 – ремонтная площадь, приходящая на один комбайна.

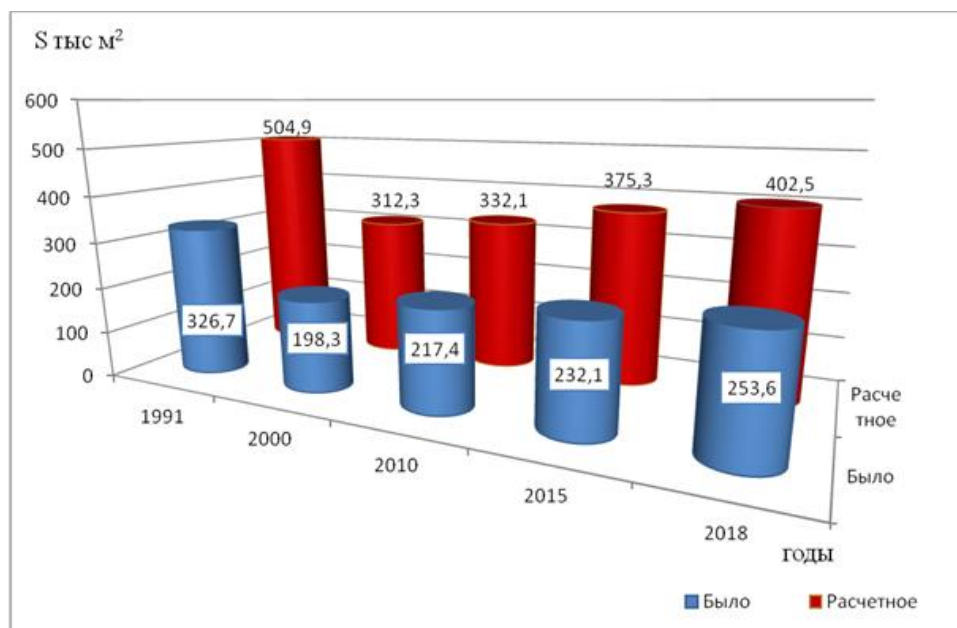
Аналогичные результаты расчетов по площадям ПТБ в зависимости от количества комбайнов (рисунки 5.3 и 5.4), подтвержденных состоянием этой ситуации в исследуемых производственных организациях [157,159,160]. Количество же комбайнов в области, которых всегда было больше, чем требовалось по расчетным данным, при условии обеспеченностью области в

полном объеме производственно технических баз (ПТБ) и своевременного качественного проведения технических обслуживания и текущих ремонтов.

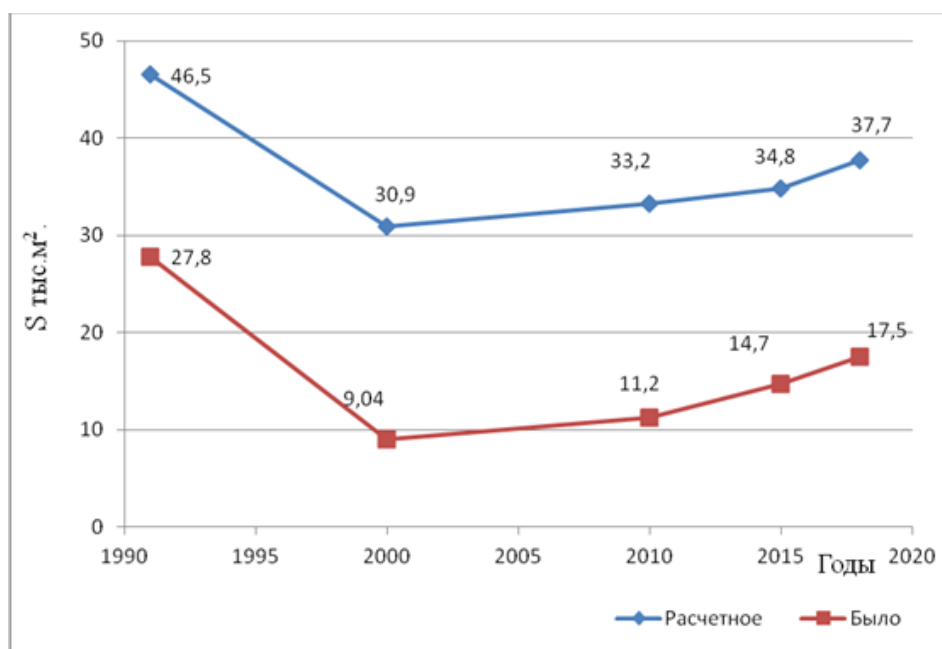
Под наблюдение были взяты 5 хозяйств района, как имеющее наиболее больше земельных площадей для обработки: 1. Докучаевский с/о, 2. Щербаковский с /о, 3. Дмитровский с/о, 4. Новоалексеевский с/о, 5. Большечураковский с/о.



а)



б)

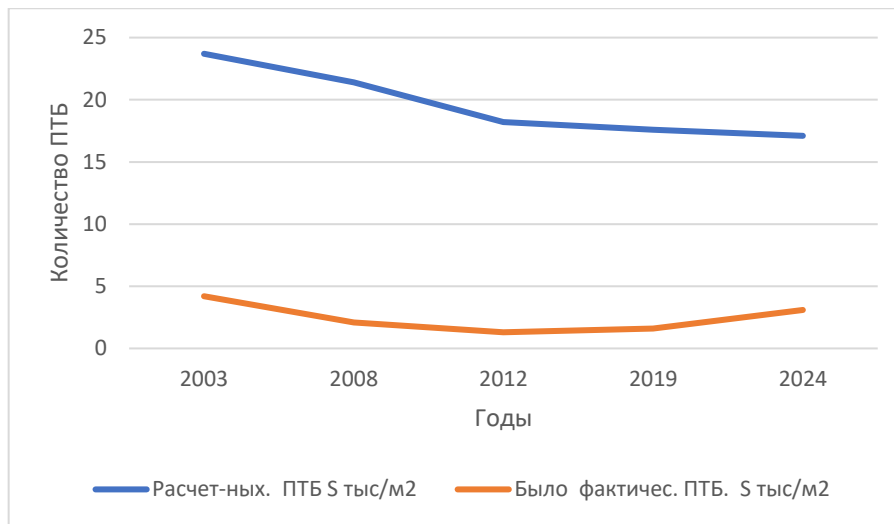


в)

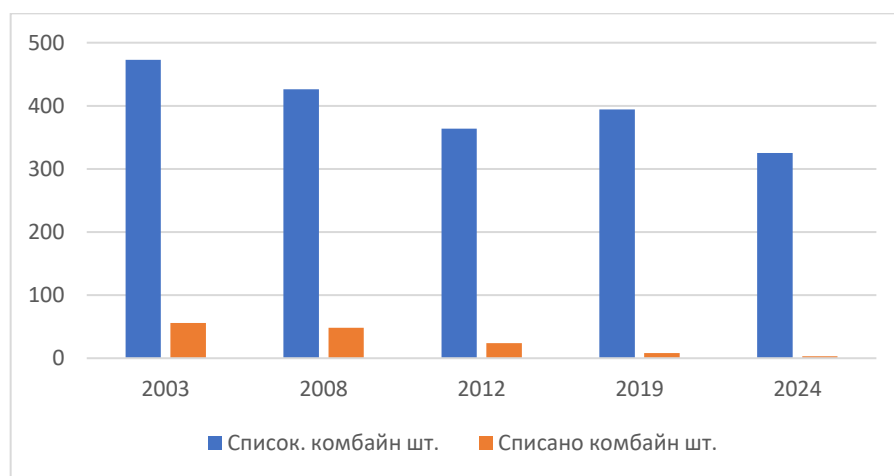
Рисунок 5.3 – График площадей производственно-технических баз для условий Костанайской области РК до 2020 года.

Таблицы 5.1. Соотношение расчетных и фактических площадей ПТБ по хозяйствам Алтынсаринского района

№	Хозяйства	годы	Список комбайн шт.	Списано комбайн шт.	Расчетных. ПТБ S тыс/м ²	Было фактичес. ПТБ. S тыс/м ²
1	Докучаевский с/о	2003	473	56	23,7	4,2
2	Щербаковский с /о	2008	426	48	21,4	2,1
3	Дмитровский с/о	2012	364	24	18,2	1,3
4	Новоалексеевский с/	2019	394	8	17,6	1,6
5	Большечураковский с/о	2024	325	3	17,1	3,1



а)



б)

Рисунок 5.4 – Фактические и расчетные площади ПТБ в пяти производственных организациях Алтынсаринского района:

1. Докучаевский с/о, 2. Щербаковский с /о, 3. Дмитровский с/о,
4. Новоалексеевский с/о, 5. Большечураковский с/о.

Результаты исследований показывают, что на протяжении всего рассматриваемого периода мощности производственно-технических баз были в два -три раза меньше необходимых. Аналогичные результаты фактических расчетов (рисунок 5.4) по площадям ПТБ в зависимости от количества комбайнов, подтвержденных состоянием этой ситуации в исследуемых производственных организациях.

Столь низкое соотношение количества комбайнов и необходимых площадей производственно-технических баз, для качественного проведения

технического обслуживания и ремонтных работ комбайнов, приводит к понижению коэффициента технической готовности (КТГ), из-за малой наработки на отказ комбайнов.

Последствия нехватки необходимых площадей ПТБ с хорошо оснащённым современным диагностическим и ремонтным оборудованием, увеличивает время простоев комбайнов во время производства пахотных и других работ на производстве, что в свою очередь нарушает агротехнические сроки и требования по уборочным работам зерновых культур. Все это в целом влияет на потери зерновых и общую урожайность зерновых.

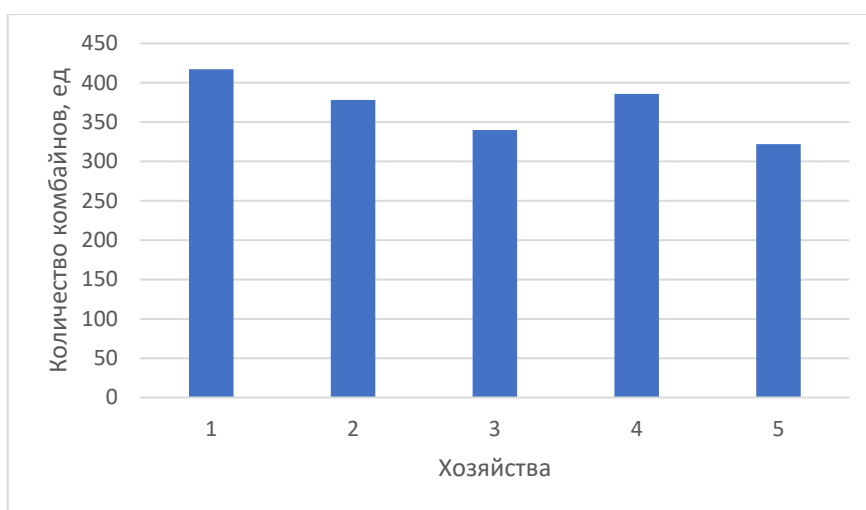


Рисунок 5.5 – Фактическое количество комбайнов в производственных организациях.

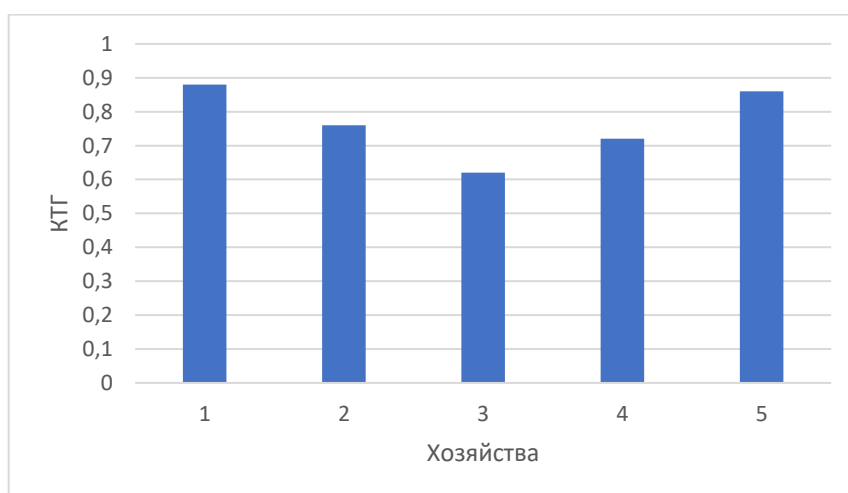


Рисунок 5.6 – Коэффициент уровня технической эксплуатации комбайнов

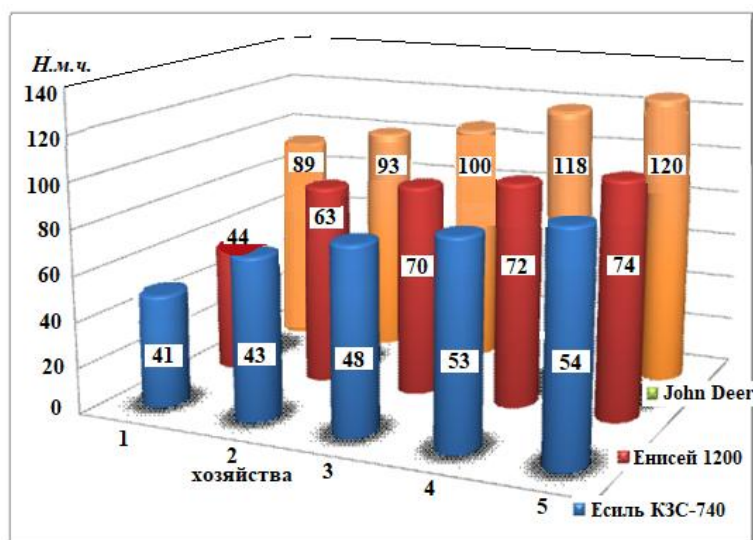


Рисунок 5.7 – Нарботка на отказ в производственных организациях.

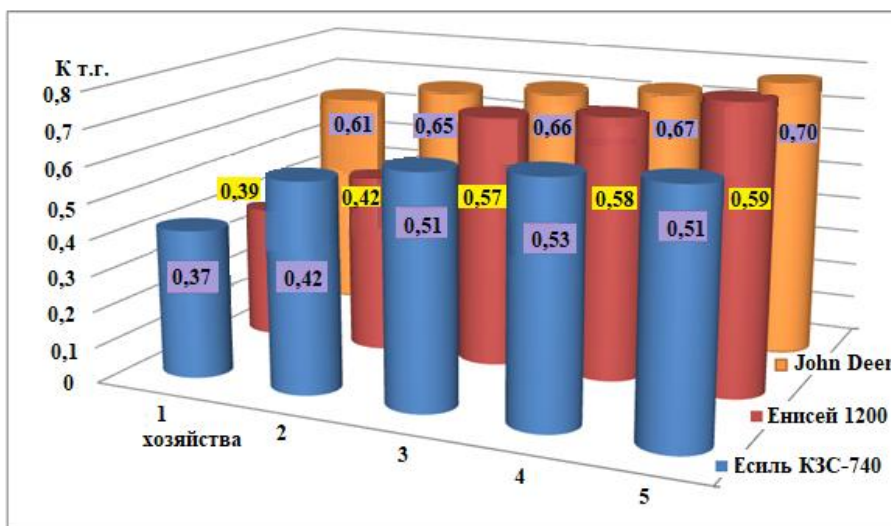


Рисунок 5.8 – Коэффициент технической готовности по маркам комбайнов в производственных организациях.

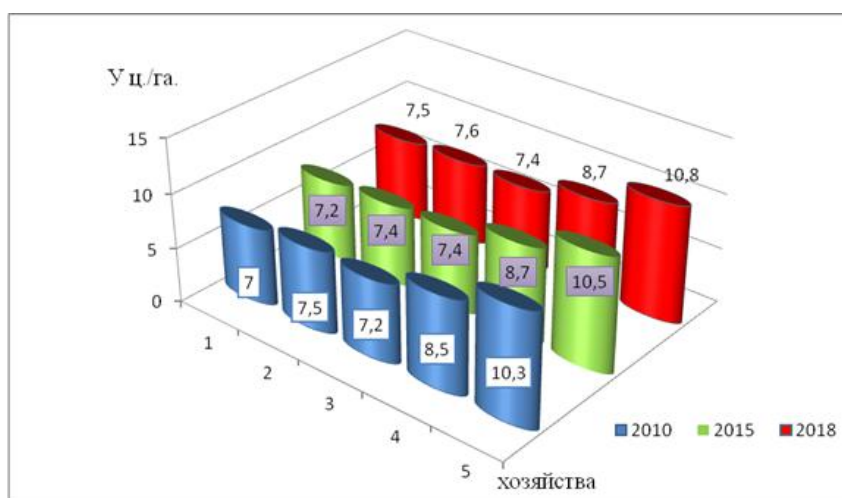


Рисунок 5.9 – Урожайность зерновых в производственных организациях.

Как видим из графиков по району и в целом по области с 2018 года идет постоянное снижение площадей производственно технических баз (ПТБ), что приводит к снижению $K_{Т.Г.}$ – коэффициента технической готовности комбайнов.

Недостаточная обеспеченность ПТБ в целом по области и в районах, постоянное снижение площадей производственно технических баз по проведению технического обслуживания и текущего ремонта комбайнов, привело к тому, что многие хозяйства и ИП нещадно эксплуатируют имеющуюся у них технику, проводя не всегда качественно и своевременно техническое обслуживание и ремонтные работы. Отсутствие необходимых площадей приводит к тому, что зачастую ремонтные работы и ТО проводятся в открытых полевых условиях, с заменой и установкой на технику чаще запасные части и агрегаты, уже бывшие в эксплуатации. Все это приводит к снижению, у имеющегося, фактического парка комбайнов в производственных организациях (рис. 5.6, 5.7, 5.8, 5.9):

- коэффициента уровня технической эксплуатации;
- коэффициента технической готовности по маркам комбайнов в производственных организациях;
- к снижению наработки на отказ в парка комбайнов;
- и снижению урожайности зерновых в производственных организациях.

В погоне за прибылью хозяйства области в целом мало уделяют внимание таким вопросам как:

- проведение своевременного и качественного технического обслуживания и текущих ремонтов, с заменой или качественным квалифицированным ремонтом отдельных узлов и агрегатов машин;
- закупка новой техники, отвечающей современным агротехническим требованиям;
- выделение средств на строительство и оснащение современным оборудованием новых, и ремонт старых производственно-технических баз;

- строительство производственно технических баз, ремонтно-обслуживающих станции (РОС) на расстоянии доступном для эксплуатирующих организации и хозяйств;

- подготовка квалифицированных кадров и специалистов, как по эксплуатации – так и по ремонту комбайнов и их агрегатов;

- подготовка и оснащение необходимым диагностическим и ремонтным оборудованием передвижных бригад по ремонту и ТО комбайнов.

5.2 Экономические показатели деятельности производственных организации

Были проведены исследования по влиянию существующей ситуации экономических показателей деятельности производственных организации анализируемых хозяйств таблице 5.2 и на графике 5.10.

Таблица 5.2 – Фактические и расчетные данные по состоянию производственно- технических баз 5 хозяйств Алтынсаринского района.

№	Наименование хозяйства	Площадь пахотн. земель V га.	Фактическое колич. комбайнов Нус. шт.	Было остаток пло- щадь. ПТБ. м ²	Фактичес. расчетное количест. комбайнов площадь. ПТБ. м ²	Требуем. расчет-ное количест ком байнов, Нус.шт.	Неод- ходимо расчет- ная пло- щадь. ПТБ. м ²
1	Докучаевский с/о	27 680	57	322	2315	26	1042
2	Щербаковский с /о	26 670	56	282	2245	25	1038
3	Дмитровский с/о	28 410	65	348	2565	27	1075
4	Новоалексеевский с/о	43 120	78	458	3150	42	1635
5	Большечураковский с/о	27 090	60	262	2355	25	1005
Всего		152600	315	1665	12630	146	5790

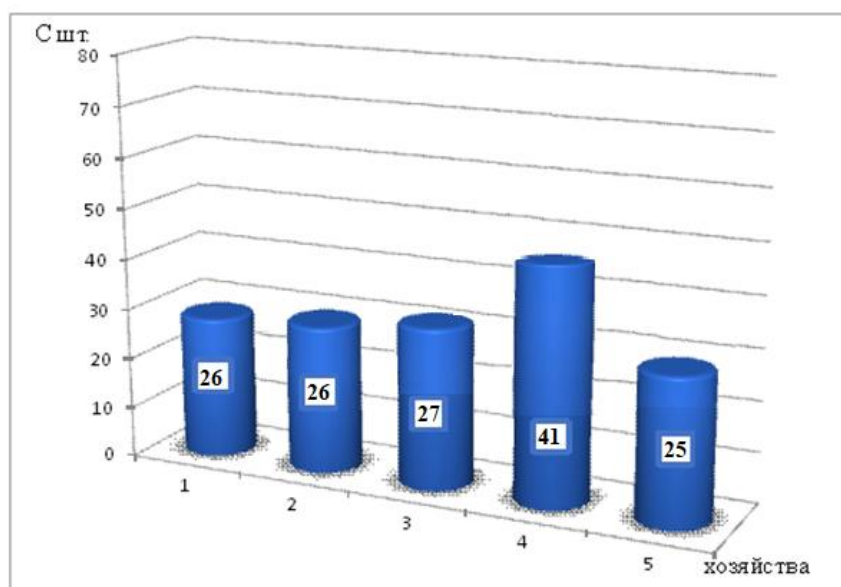


Рисунок 5.10– Расчетное количество комбайнов для производственных организации.

Таблица 5.3 - Показатели эффективности работы машин в 5 исследуемых хозяйствах Алтынсаринского района

№	Наименование хозяйства	Коэфф. Кутэ	Наработка на отказ	Коэфф. КТГ	Урожайность ц / га
1	Докучаевский с/о	0,468	74	0,492	7,5
2	Щербаковский с /о	0,488	90	0,513	7,6
3	Дмитровский с/о	0,512	98	0,518	7,4
4	Новоалексеевский с/о	0,573	108	0,582	8,7
5	Большечураковский с/о	0,608	112	0,628	10,8
В среднем		0,532	95,8	0,553	8,38

В данном случае мы приняли в своих расчетах коэффициенты уровня технической эксплуатации, технической готовности и наработку на отказ по условно приведенным значениям по комбайне Енисей 1200 таблица 5.3.

Во многих хозяйствах Алтынсаринского района и области имеющаяся в наличии комбайны, трактора и другая техника, а также и сельхозорудия эксплуатируются уже 2-2,5 срока своего эксплуатационного срока, определенного им по технической документации.

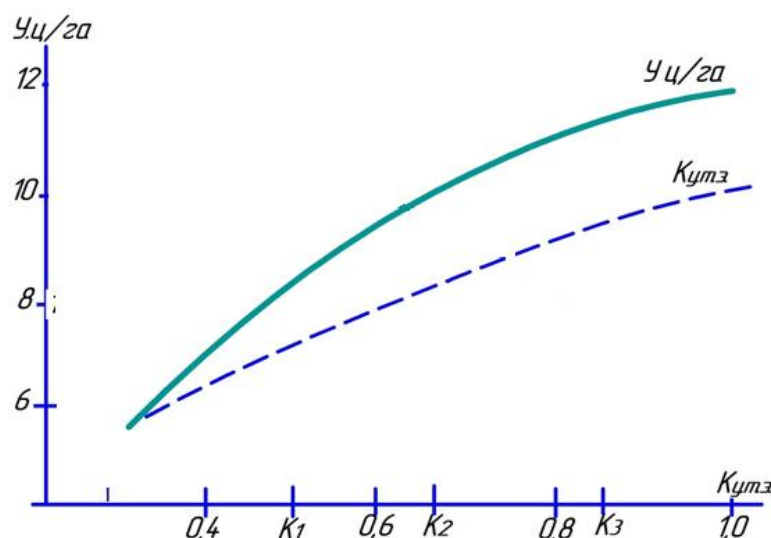


Рисунок 5.12 - Зависимость урожайности от состояния уровня технической эксплуатации.

Снижение урожайности табл. 5.3 объясняется в первую очередь нарушением агротехнических сроков обработки почвы и посева зерновых, низким качеством проведения механизированных работ. Зависимость урожайности и стоимости га/м.п. от состояния уровня технической эксплуатации (рис. 5.12), при уборке зерновых в следствии плохого состояния зерновых комбайнов происходит потери зерна из-за неэффективности разящим аппаратом среза стеблей, плохого обмолота, забивания сепарирующего устройства комбайна [49,57,59,108,124].

Последнее объясняется плохим состоянием машин из-за низкого качества технического обслуживания и ремонта, недостаточной квалификацией механизаторов и общим состоянием инженерно – технических служб [18,19,23].

Результаты исследования по состоянию машиноиспользования в Алтынсаринском районе Костанайской области показывают, что для решения задачи по повышению работоспособности парка комбайнов, только для увеличения площадей ПТБ, на примере выращивания зерновых по результатам расчета необходимы затраты в размере более 620 млн. тенге, а в объеме области более 10 млрд. тенге 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.

Использование изношенной сельхозтехники (более 26 тыс. комбайнов, или 71% парка, относятся к категории изношенных) приводит к значительным дополнительным экономическим издержкам [5,82,113,114,124].

Рост затрат на ремонт и топливо напрямую повышает себестоимость продукции и снижает конкурентоспособность аграрного сектора [123,136,137].

Анализ экономических показателей позволяет выделить следующие резервы повышения эффективности (таблицы 5.5, 5,6). Согласно ранее представленным регрессионным моделям, повышение уровня технической эксплуатации (УТЭ) на 0,1 обеспечивает.

Таблица 5.4 - Экономические затраты на техническое обслуживание и ремонт

Показатель	Значение
Дополнительные затраты на ремонт и ГСМ	+20%
Потери валового урожая	~14%
Дополнительные затраты на 1 гектар	+7 500 тенге
Экономический ущерб от потерь	~200 млрд тенге

Таблица 5.4 – Экономический эффект от повышения коэффициента технической готовности (КТГ)

Показатель	Эффект
Рост КТГ	+0,085 (с 0,745 до 0,830)
Дополнительная сменная выработка	+3,3 га/смену
Снижение расхода топлива	-1,32 л/га
Снижение потерь зерна	-0,42%

Таблица 5.5 –Экономическая интерпретация

Показатель экономии	Значение
Снижение потерь зерна	~6,3 тонны
Экономия топлива	~1 320 литров
Дополнительная выработка за сезон	~330 га

Ниже представлен график (рисунок 5.13), показывающий рост экономического эффекта (в млн тенге на 1000 га убранной площади) при повышении коэффициента технической готовности (КТГ) комбайнового парка от базового уровня 0,7 до нормативных значений 0,8 - 0,95.

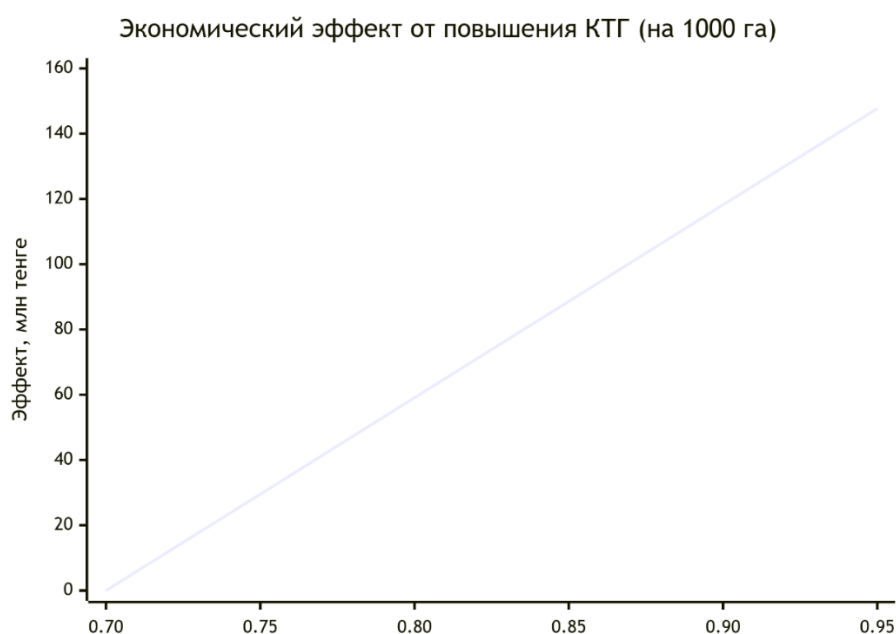


Рисунок 5.13 – Экономический эффект от повышения коэффициента технической готовности (КТГ)

Расчёт выполнен на основе регрессионных моделей, полученных в ходе исследования для условий Костанайской области, с учётом:

- дополнительной сменной выработки,
- снижения расхода топлива,
- сокращения потерь зерна.

5.3 Выводы

1. В результате проведенных исследований в сельскохозяйственных предприятиях Алтынсаринского района по состоянию производственно -

технических баз, установлено, что в следствии низкого уровня технической эксплуатации, который находится в пределах от 0, 61 до 0, 47 соответственно снижается и коэффициент технической готовности от 0,63 до 0,49.

2. В следствии снижения коэффициент технической готовности парка комбайнов нарушаются агротехнические сроки уборки зерновых, что приводит к потере зерновых при уборке и повышению стоимости работ по уборки урожая.

3. Данные наглядно демонстрируют, что современные импортные комбайны (John Deere / Claas Trion 730) имеют наработку на отказ примерно в 3-4 раза выше, чем устаревшая техника (Енисей-1200). Это объясняется как разницей в возрасте и технологиях, так и более качественными материалами и системами диагностики.

4. Кардинальное решение вопроса оптимизации машино- комбайнового парка, реконструкции и строительства новых производственно-технических баз, требует участия районного, областного и в масштабе государства республиканских органов государственного руководства АПК Казахстана. Более надежные машины (импортные) наряду с большим Кпер (производительностью) позволяют одному и тому же количеству техники выполнить значительно больший объем работ с меньшими потерями времени на ремонт. В то же время, устаревшие «Енисеи» требуют существенно больше затрат на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР).

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: $\text{КТГ} = 0,40 + 0,63 \text{ УТЭ}$ ($R^2=0,85$); расход топлива: $Q_{\text{уд}} = 25,4 - 13,2 \text{ УТЭ}$ ($R^2=0,72$); потери зерна: $\text{П}_3 = 5,8 - 4,2 \text{ УТЭ}$ ($R^2=0,62$). 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: средний 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абенов А. Т., Евграфов В.А. Реконструкция участка ТО и ремонта техники для ООО «Дорстрой» Тверской области. /ж. Естественные и технические науки. № 2 (65) 2022. г. Москва. с. 273-279.
2. Абенов А. Т., Омаров Т.С., Тойгамбаев С.К. Технологические режимы процесса обработки чугунных деталей поверхностным пластическим деформированием. / ж. Естественные и технические науки. № 11 (186) 2023. г. Москва. с. 422-425.
3. Абенов А. Т., Абдулмажидов Х.А, Тойгамбаев С.К. Создание и исследование напряженного состояния деталей мелиоративных машин в системе Компас. / Международный Технический Журнал. International Technical Journal. № 2 (96). 2025. Москва. с. 72-79.
4. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К., Абдулмажидов Х.А. Формирование и эксплуатация парка сельскохозяйственных машин на основе экономических факторов. / Международный Технический Журнал. International Technical Journal. № 3 (97) 2025. Москва. с. 76-85.
5. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К., Абдулмажидов Х.А. Исследование состояния производственно-технической базы растениеводства в районах Костанайской области. / Международный Технический. Журнал. International Technical Journal. № 3 (97) 2025. Москва. с. 86-94.
6. Абенов А. Т., Абдулмажидов Х.А, Тойгамбаев С.К. Проектирование, прочностные расчеты и оптимизация формы конструкций рабочего оборудования мелиоративных машин в системе Inventor Pro. / Научно-производственный журнал. Вестник Рязанского гос. Агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Том 17. № 2. 2025г. Рязань. с. 152-160
7. Абенов А. Т., Бондарева Г.И., Тойгамбаев С.К., Кульчев А.Ю. Факторы, влияющие на характеристики высоко-температурного распыления и прочность сцепления покрытия с основой. / Вестник машиностроения. № 10. г. Москва. 2022. С. 79-84.
8. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К., Сокерин В.А. // Анализ показателей

производственно- экономической деятельности предприятия ООО «Дубровики»

при реконструкции и расширении ПТБ. / «Агропродовольственная экономика». Международный научно-практический. электронный журнал. www.apej.ru. № 2. 2022г. Нижний Новгород. 2022. с. 7-13.

9. Абенов А. Т. Технологический процесс ремонта коленчатого вала двигателя. / Международный научно-практический журнал. Неиссякаемый свет в науке. Медаль Международного конкурса за лучшую научную работу. Международного исследовательского центра” Бесконечный свет в науке" от 10.12.24. irc-els.co м. els.science.kz@mail.ru. № 1. 2024. Импакт-фактор: SJIF 2021 - 5,81. 2022 - 5,94 Астана, Казахстан. стр. 48-53.

10. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К. // Определение числа списаний и технических обслуживании на один автомобиль за цикл для предприятия. / International Journal Of Professional Science: international scientific journal, Nizhny Novgorod, Russia: Scientific public organization “Professional science”. № 4-2022. 137p. DOI 10.54092/25421085_2022_4 2022 4. г. Н. Новгород. с.114-125.

11. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К., Буканов Е.С. // Экономическое обоснование реконструкции моечного участка. / ж. Тенденция развития науки и образования. № 92. Ч.9. Изд. НИЦ «Л-Журнал» 12. 2022. DOI 10.18411/ /trnio-12-2022-p9 «LJournal» - <https://ljournal.org> г. Самара. с. 132-138.

12. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К., Кочергина Е.С. Организация режима технического обслуживания в производственных подразделениях АТП. / ж. Техника и технологии: теория и практика. № 2(4) 2022. Москва. с. 36-42

13. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К., Кочергина Е.С. Стенд для разборки и сборки редукторов автомобилей. / ж. Техника и технологии: теория и практика. № 3(5) 2022. Москва. с. 38-45

14. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К., Омаров Т.С., Теловов Н.К. Естественно производственные условия пахотных земель и особенности обработки почвы. / «Агропродовольственная экономика». Международный научно-практический. № 4. 2023. г. Нижний Новгород. 2023.с. 30-29.

15. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К., Гусев С.С. Пластическая деформация как процесс обработки деталей машин. / DOI 10.58351/240507. 2024.49.18.003. Международный институт перспективных исследований им. Ломоносова. Сборник избранных статей IV Международной научной конференции. «Проблемы научно- практической деятельности поиск и выбор перспективных решений». DOI 10.58351/240507.2024.97.29.001. г. Вологда. 05. 2024. с. 54-59

16. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К., Омаров Т.С. Методика технико-экономической оценки конструкторской разработки стенда для испытания форсунок системы CR. / DOI 10.37539/240503.2024.36.25.004. Гуманитарный национальный исследовательский институт «Нацразвитие». Сборник избранных статей. Материалы XXVI Всероссийской (национальной) научной конференции «Научные исследования в современном мире теория и практика» 03.05.24. DOI 10.37539/240503.2024.94.55.001. С. Петербург. 2024. с. 35-38.

17. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К., Омаров Т.С. Ремонтные процессы восстановления работоспособности деталей ДВС. / Инновационные научные исследования: теория, методология, тенденции развития. Сборник научных статей по материалам XIV Международной научно -практической конференции 3 мая 2024 г., –330 с. Изд. НИЦ Вестник науки, 2024. г. Уфа. с. 68-76.

18. Абенов А. Т., Тойгамбаев С.К. Методика расчета рабочего времени и времени работы оборудования машино - ремонтного участка. / DOI: 10.24412/2709-1201-2024-23-44-48. / Endless light in science Международный научно-практический журнал. Irc-els.com e-ISSN(Online) 2709-1201. Impact Factor: SJIF 2021-5.81. 2022-5.94. NO 1/EXTRA. 30.09 2024. Казахстан. Астана. с. 44-48.

19. Абенов А. Т. Проектирование участка ремонта тракторов для хозяйства Костанайской области. / DOI 10.47581/2024.SXA-11. // Курский гос. аграрный универ. им. И.И. Иванова. Научно-образовательный центр «Инженер». 4-я Международная научно-техническая конференция.

Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России. Сборник научных статей. 20 сентября 2024 г. Курск 2024. с. 148-156.

20. 241. Апатенко А.С., Тойгамбаев С.К. Определение режима работы и фондов времени центральной ремонтной мастерской предприятия. ж. Естественные и технические науки. № 2 (153) 2021. г. Москва. с. 184-189.

21. 205. Апатенко А.С., Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Выбор критериев оптимизации при моделированиях производственных процессов с использованием парка машин. Республиканский научно –педагогический журнал “IZDENIS joly” «Пути поиска» Свидетельство регистрации за № 14776-Ж. № 69 (6) 02.2019г. г. Кызылорда РКаз. с. 27-39.

22. Архипова Н.С., Елагина Д.С. Растения и окружающая среда. -К.: Учебное пособие. Казань: КФУ, 2017. с. 114.

23. Алдошин Н.В. Утилизация техники в системе АПК. / Ивлев А.А., Лесконог Ю.А., Лылин Н.А. // Монография под. Ред. Алдошина Н.В.-М.: ООО УМЦ «Триада», 2014. с. 222.

24. АПК России: Ресурсы, продукция, экономика. Стат. сб. в 3-х томах. РАСХН. / Новосибирск, 2001. - т.1.- 260 с; т. 2.380 с; Т.3. с. 170.

25. Ахохов М.Х. Развитие системы материально-технического обеспечения регионального АПК: Теория, методология, практика.: Автореф. дис...д.э.н.- М., 1997.- 46 с.

26. Ашхотов Э.Ю. Обоснование состава парка мелиоративных и строительных машин в производственных организациях (на примере производственно-строительного объединения Каббалкводмелиорация"). Дис...к.т.н.- М., 1994.- 194 с.

27. Ашхотов Э. Ю. Организационно-экономические основы формирования парка машин мелиоративных предприятий АПК. / Диссертация д-ра экон. наук: 08.00.05.-М.: 1999. с. 376.

28. Адилов Р.М. Экономический механизм материально-технического обеспечения сельского хозяйства. М.: ВНИЭТУСХ. 2001. с. 43.

29. Авилов В.Н. Математико-статистические методы технико-

экономического анализа производства.- М.: Экономика, 1967.

30. Арендаренко В. И. Обоснование состава машина-тракторного парка хозяйства с учетом состояния базы ТО и ремонта. Дис. к.т.н., Полтава, 1989.

31. Ашхотов Э.Ю., Евграфов В.А. Экономическая эффективность эксплуатации мелиоративных и строительных машин при различных организационных формах их использования.- М.: изд-во МГУП, 1997.-110 с.

32. Ашхотов Э.Ю., Кочнев Д.М. Особенности мелиоративного строительства, учитываемые при разработке методики расчета парков машин./ Тезисы докладов науч.-техн. конф. МГУП "Современные проблемы водного хозяйства и природообустройства".- М.: МГУП, 1997.

33. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука- 1976.-280 с.

34. Антонец Д.А. Теоретические основы количественной оценки уровня эксплуатации тракторов. // Техника в сельском хозяйстве. — 1989. - № 6.

35. Абрамов В.Н. Проблема обеспечения сохраняемости и долговечности шин и резинотехнических изделий автомобильного транспорта, эффективные пути ее решения.- Люберцы: ФГУП 21 НИИ МО РФ, 2005.- 660 с .

36. Анилович В.Я. Некоторые математические модели оптимизации надежности // Сб. тр. МИИСП. -1978, Т. 14, вып. 12. - С. 26-37.

37. Ардашев Г.Р. Техническое обслуживание машинно-тракторного парка. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Колос, 1970. - 511с.

38. Архипова Н.С., Елагина Д.С. Растения и окружающая среда. -К.: Учебное пособие. Казань: КФУ, 2017. с. 114.

39. Баутин В.М., Аронов Э.Л. Формы совместного использования фермерами сельскохозяйственной техники в странах Западной Европы: Обзорная информация / ВНИИТЭИагропром. - М.-1992.-65 с.

40. Бабченко Л. А., Щукин А. Р. Оценка уровня эксплуатации тракторов. - Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1985, N 1, с. 24-26.

41. Бондарева Г.И., Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Бизнес-планирование организации участка ремонта двигателей. ж. Сельский механизатор № 4, 2021. г. Москва. с. 8-10.
42. Бураев, М. К., Аносова, А. И. Технологическое проектирование предприятия технического сервиса: Учебное пособие. Иркутск: Ирку. ГАУ. 2018.-124 с.
43. Березкина К. Ф. Управление развитием машинно-тракторного парка / К.Ф. Березкина // Техника и оборудование для села. - №6. - 2010. - с. 37-41
44. Бондарева Г.И., Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Планово – предупредительная система технического обслуживания и ремонта техники. ж. Сельский механизатор № 3, 2021. DOI:10.47336/0131-7393-2021-1. г. Москва, с. 43-47.
45. Бирваагийн Сэрвуд. Оптимизация парка машин земляных работ в условиях МНР. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. - М.: 1991 г.
46. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Статистика, 1980. - 263с.
47. Борисов Б.С., Фалькович М. Б., Фалькович Е. Б. Стратегическое управление агропродовольственными холдингами как объектами реструктуризации бизнеса: Монография / Б. С. Борисов,; Научная книга.ил., табл.; 21 см.; - Воронеж. 2009. - 232 с.
48. Бельских В.И. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Россельхозиздат. 1986.-399с
49. Балабайкин В. Ф. Стратегическое управление техническим развитием предприятий АПК : автореф. дис. ... д-ра экон. наук. Челябинск, 2008. 41 с.
50. Ветчинников М. Н. Повышение эффективности тракторов путем улучшения их технической эксплуатации. - Дис. кан. техн. наук. Саранск, 1987.

51. Варнаков В.В., Дидманидзе О.Н. Надежность механических систем. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по агроинженерным специальностям. / Министерство сельского хозяйства РФ, ФГОУ ВО "Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия". Ульяновск, 2004.

52. Вильчинский И.В., Голдина И.И. Технический уровень и качество сельскохозяйственной техники./ Молодежь и наука. Учредители: Уральский государственный аграрный университет. Екатеринбург. № 12 2016. с. 43.

53. Водяников, В.Т. Научно–технический процесс и эффективность сельскохозяйственного производства / В.Т. Водяников // Техника и оборудование для села. № 5. 2018. с. 44-48.

54. Вентцель Е.С., Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории вероятностей. - М., Советское радио, 1993, - 413 с., ил.

55. Варнаков В.В. и др. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения. / В.В. Варнаков, В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. - М.: Колос, 2000. - 256 с.

56. Горячкин М.И. Основы экономической оценки и обоснования способов механизации сельскохозяйственного производства: Диссертация доктора экономических наук.-М., 1961.-473 с.

57. Горностаев В.И., Тойгамбаев С.К. Материально-техническая база и организация технического обслуживания хозяйства ООО «Прогресс» Костанайской области. Агропродовольственная экономика». Международный научно-практический электронный журнал. www.apej.ru № 6. 2020г. г. Нижний Новгород. с. 33-40.

58. Ганиев И. Г., Саидаминов И., Махмудов Ш. Проблемы механизированных процессов в сельском хозяйстве и пути их решения // Материалы науч.- практ. конф. профессорско-преподавательского состава ХФТУТ. 2007. с. 226–230.

59. Ганиев И. Г. Анализ технического состояния и пути повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники // Вестник

Таджикского национального университета. Душанбе: Сино, 2009. № 3(59). с. 163–166.

60. Ганиев И. Г. Повышение эксплуатационной надежности сельскохозяйственной техники. Душанбе: Ирфон, 2008. 376 с.

61. ГОСТ 12.2.019-2015. Группа Т58. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда Тракторы и машины самоходный сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. Дата введения 2017.07.01.

62. Горлапов С.А. Оценка ресурсов производства и определения эффективности их использования в растениеводстве с учетом метеорологических условий. Диссертация доктора технических наук. Воронеж, 1992.

63. Горячев Ю.О., Кузьменко О.В. Оценка эффективности модернизации машинно-технологического парка // МЭСХ. 2011. № 8. С. 21–23.

64. Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017 – 2021 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 июля 2018 года № 423.

65. Гунер Л.И., Лозовский В.В., Привалов А.В. Оптимизация специализированного обслуживания комплекса машин. - Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1990. N5.

66. Ганиев И. Г., Шокиров А., Ходжибоев Х. Состояние технического сервиса в хозяйствах Согдийской области // Сборник научных трудов ХФТУТ. 2003. с.18–21.

67. Гунер Л.И., Лозовский В.В., Привалов А.В. Оптимизация специализированного обслуживания комплекса машин. - Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1990. N 5.

68. Гучинова А.Н. Эффективное использование сельскохозяйственной техники в условиях многоукладной экономики регионального АПК. Диссертация на соискание ученой степени канд. экон. наук. Москва. 2004. с. 147.

69. Гриценко А. В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания (экспериментальная и производственная реализация на примере ДВС автомобилей): дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 2014. 389 с.

70. Галиев И.Г. Повышение эффективности использования тракторов с учетом условий их функционирования. -Казань: Изд-во Казан, ун-та, 2002.-204с

71. Гмошинский В.Г., Флиорент Г.И. Теоретические основы инженерного прогнозирования. - М.: Наука, 1973. - С. 62-89.

72. Голубев И.Г., Северный А.Э., Спицын И.А., Зазуля А.Н., Галкин А.М., Соловьева Н.Ф. Техническая эксплуатация машин в фермерских хозяйствах. Справочник. - М.: Информагротех, 1997. - 292 с.

73. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения, 1982. -25 с.

74. ГОСТ 11.004-74. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения. Издательство стандартов, 1974.

75. Дидманидзе О.Н., Алдошин Н.В., Карев А.М., Пехутов А.С. Выбор стратегий использования привлеченных транспортных средств в сельском хозяйстве. -М.: /Международный технико-экономический журнал. 2015. № 6. С. 92-99.

76. Дидманидзе О.Н. Оптимизация по критериям ресурсосбережения состава и режимов работы средств для сбора, транспортировки и переработки чайного листа: диссертация... доктора технических наук: 05.20.03. Москва, 1995. с.301.

77. Дж. Форсайт, М. Малькольм «Машинные методы математических вычислений». 2007.

78. Джанаев Х.Т. Организационно-экономическое обоснование машиноиспользования в сельском хозяйстве.-М.: Изд. МГАУ, 1996.-123 с.

79. Джабборов Н. И. Научные основы энерготехнологической оценки и прогнозирования эффективности использования мобильных сельскохозяйственных агрегатов. Душанбе: Дониш, 1995. с. 286.

80. Драгайцев В. И. Техническая оснащенность сельского хозяйства России, США, Канады и Германии // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 1. с. 21–26.

81. Дзанагов В.З., Хачатуров Э.Л. Квалификация механизаторов - важнейший фактор улучшения использования техники. - Техника в сельском хозяйстве, 1982.-№10.-С. 28-29.

82. Добров Г.М. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. - М.: Прогресс, 1974. - С. 59-84.

83. Добыш Г.Ф. и др. Справочник по эксплуатации машинно-тракторного парка. - Минск: Уруджай, 1987.

84. Евграфов В.А. Оптимизация парка мелиоративных и строительных машин и уровня их технической эксплуатации. Диссертация доктора технических наук / Моск. гос. агроинж. ун-т. Москва, 1995. с.315.

85. Евграфов В.А., Новиченко А.И., Подхвятилин И.М., Горностаев В.И., Шкиленко А.В. Применение методов имитационного моделирования при оптимизации состава технологических комплексов в природообустройстве. Образование. Наука. Научные кадры. 2013. № 3. с. 136-141.

86. Ермолаев Ю.М. Методы стохастического программирования. - М.: Наука, 1976 г.

87. Евграфов В.А., Новиченко А.И., Подхвятилин И.М., Горностаев В.И., Анисимов А.В. Применение мультиагентного подхода при формировании оптимального состава парка машин в среде имитационного моделирования ANYLOCIC. Научное обозрение. 2015. № 24. с. 123-127.

88. Евланов Л.Г., Кутузов В.А. Экспертные оценки в управлении. - М.: Экономика, 1978. - с.
89. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Показатели ремонтпригодности зерноуборочных комбайнов, Техника и оборудование для села. №2 2007. -63 с.
90. Ерохин Г.Н., Решетов А.С. Экономическая эффективность устранения параметрических отказов зерноуборочных комбайнов. Техника в сельском хозяйстве. №6 2002.
91. Ежевский А. А. Техническая и технологическая обеспеченность сельскохозяйственного производства России на 2013–2020 годы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 6. С. 3–6.
92. Жалнин Э.В., Мнацаканов А.С. Основные направления снижения потерь зерна. Актуальные проблемы растениеводства и животноводства. Научные труды ВИМ. Том 134 часть 1. - М.: 2000.
93. Зангиев А.А. Оптимизация состава и режимов работы машинно-тракторных агрегатов по критериям ресурсосбережения: Диссертация доктора технических наук: 05.20.03.-М., 1987.-500 с.
94. Зангиев А.А., Скороходов А.Н. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка: Учеб. пособие для втузов. - М.: КолосС, 2006 г.
95. Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р. Технические средства и методы защиты информации. Учебник для вузов / Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др.; под ред. А.П. Зайцева и А.А. Шелупанова. – М.: ООО «Издательство Машиностроение», 2009 – 508 с.
96. Иванов В.В. Повышение безотказности тракторов путем оптимизации уровня технической эксплуатации. (на примере хозяйств Нижегородской области). Диссертация канд. техн. наук. Пенза. 2005г. с. 189.
97. Кузьмин В.Н. Организация формирования и эффективного использования технического потенциала АПК. дис... д-ра экон. наук. Москва, 2010. 306 с.
98. Киртбая Ю.К. Организация использования машинно-тракторного

парка.-М: Колос, 1974.-275 с.

99. Кудрявцев Е.М. Основы автоматизированного проектирования. 2-е изд. –М.: Учебник. Изд. Academia. 2013. 304 с.

100. Кравченко Р.Г. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1978 г. 424 с.

101. Калиев Г.А., Колобаева Ж.Р. Применение экономика-математических методов в аграрной науке и аграрном производстве Республики Казахстан: Состояние и задачи: в сб. материалов международного научного симпозиума. М.,:- 2003. 46-48 с.

102. Краснощеков Н. В. Стратегия и алгоритмы проектирования МТП при производстве сельскохозяйственной продукции // Техника в сельском хозяйстве. 2006. № 4. С. 7–10.

103. Кузнецов А.В., Сакович В.А., Холод Н.И. Высшая математика. Математическое программирование / - СПб.: Лань, 2013. с. 352.

104. Ковалев А.Ф. Методологические подходы к оценке эффективности использования сельскохозяйственной техники / А.Ф. Ковалев // Агроконсультант. 2011. № 6 (2011). с. 27-31

105. Катаев, Ю. В. Экономическое обоснование оптимального состава машинно-тракторного парка в сельскохозяйственном производстве / Ю. В. Катаев, Е. Ф. Малыха. - Текст: электронный // Наука без границ. - 2020. - № 11 (51). - с. 35-41.

106. Кормаков Л. Ф. ВНИИЭТУСХ. Методические основы организационного проектирования машинно-технологических станций // Экономика сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий. 2000. № 1. с. 22–23.

107. Кормаков Л. Ф. Оценка экономической эффективности долгосрочных аграрных технико-технологических проектов // Экономика, труд и управление в сельском хозяйстве. 2014. № 1. с. 2–15.

108. Конкин Ю. А. Экономика ремонта сельскохозяйственной техники. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1991. 243 с.

109. Курцев И. В. Единство технико-технологических и организационно-экономических преобразований – необходимое условие успешной модернизации АПК // Достижение науки и техники АПК. 2012. № 10. С. 3–6.
110. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка. -М.: Колос, 1982.-319 с.
111. Каменский А.С., Конопенко А.Ф. О прогнозировании надежности с.-х. машин в свете методов системного анализа // Механизация и электрификация с.-х.- 1981. -№11.- С. 3-7.
112. Казанцев СП. и др. Изменение шероховатости поверхности при диффузионном хромировании стали /Труды МИИСП.- М.: МИИСП, 1997. С. 41-43.
113. Кормаков Л.Ф, Злобин Е.Ф. Машинно-технологические станции в АПК (Орловский вариант). Москва, 1998. М.: ВНИИТУЭСХ.
114. Кундиус В.А. Развитие кооперации в использовании сельскохозяйственной техники на основе аутсорсинга / В.А. Кундиус // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики.2018.№2.с.56-65.
115. Лунгу К. Н. Линейное программирование. Руководство к решению задач. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 128 с.
116. Любимцев А.Г. Совершенствование и разработка рекомендаций по использованию МТП на базе информационно-вычислительной системы. Автореф. дис. ... к.э.н. - Новосибирск, 1987 г.-18 с.
117. Ландсман А.Я. Экономические методы и организация управления техническим перевооружением строительного производства. Дисс. докт. эконом.наук. М. 1996.-324 с.
118. Лачуга Ю. Ф. Новые технологии и техника для сельского хозяйства России // Техника в сельском хозяйстве. 2004. № 6.
119. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для втузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1988.-239с.

120. Ленский А.В. Система технического обслуживания машинно-тракторного парка. - М.: Россельхозиздат, 1982.
121. Ларионов В.И. Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники на современном этапе / В.И. Ларионов // Актуальные вопросы аграрной науки. 2015. № 15. с. 49-57
122. Левшин А.Г., Скороходов А.Н., Киселёв С.Н., Верещагин Н.И., Майстренко Н.А. Технологии механизированных работ в растениеводстве. Учебник / Москва, 2018. с. 387.
123. Левшин А.Г. Разработка методов повышения эффективности использования мобильных сельскохозяйственных агрегатов как человека-машинных систем. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Москва, 2000. с. 309.
124. Левшин А.Г. Транспортное обеспечение производственных процессов. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 311300 "Механизация сельского хозяйства" / МСХ РФ, ФГОУ ВО "Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина". Москва, 2007. с. 317.
125. Михайлин Н.В. Экономические аспекты формирования зональной системы машин для комплексной механизации растениеводства. Саратов, 1993. дисс. докт. эконом, наук.
126. Методические указания. Оценка уровня технической эксплуатации тракторов. - М.: НАТИ, 1981. - 50 с.
127. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники. -М.: Колос, 1984.-335 с.
128. Махитько В.П., Засканов В.Г., Савин М.В. Методы оценки показателей надежности изделий по результатам испытаний и эксплуатации.// Механика и машиностроение. 2011. с. 293.
129. Митракова В.Д. Анализ затрат при исследовании новой и поддержанной сельскохозяйственной техники. - М.: Информагротех, 2001.
130. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т./ т. 3:

Эффективность технических систем. / Под ред. В.Ф. Уткина и Ю.В. Крючкова. -М. Машиностроение.1986. с.328.

131. Отчет Костанайского областного управления экологии за 2005-2010 годы

132. Отчеты Костанайского управления экономики, 2000г., 2010г. 2015г.

133. Орлов Н.Б. Кинетический подход к теории разрушения деталей сельхозтехники. «Механизация и электрификация сельского хозяйства» Теоретический и научно-практический журнал № 6. М., 2006 г.

134. Определение показателей надежности с.-х. техники по результатам эксплуатационных испытаний: Методические рекомендации / Нижегородская гос. сельхоз академия. Н. Новгород, 1999. - С. 3.

135. Орлов Н.Б. Исследование отказов деталей почвообрабатывающих машин. Вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (МОАЭБП) Вып. № 2 (9). М., 2008 г.

136. Орлов Н.Б. Оценка эксплуатации МТП в условиях машинно-технологических станций. Материалы Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов», ч-П. ФГОУ ВПО МГУП, Мi, 2008г.

137. Полунин И.Ф. Курс математического программирования. Изд. 5-е, дополненное, изд-во «Высшая школа». Минск 2010 г., 380 с.

138. Пучин и др. Технология ремонта машин. - М.: КолосС, 2007. -488с.

139. Прибытков П.Ф., Скробач В.Ф. Безотказность уборочных агрегатов и комплексов. - Л.: Агропромиздат, 1987. - 207 с.

140. "ПОТ РО-97300-11-97. Правила по охране труда при ремонте и техническом обслуживании сельскохозяйственной техники" (утв. Приказом Минсельхозпрода РФ от 29.04.1997 N 208).

141. Ретивин А.Г., Береснев В.Е., Демин Л.А. Определение стоимости потерь от простоя техники по циклам полевых сельхозработ. / Совершенствование процессов механизации и использование энергии в сельскохозяйственном производстве: Материалы региональной научно-

практической конференции инженерного факультета Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии по итогам, работы за 1996-1999 годы. - Н. Новгород: НГСХА, 2000. -С. 363-368.

142. Ретивин А.Г., Иванов В.В. Повышение эффективности машинно-тракторного парка путем оптимизации его технико-технологической надежности // Актуальные экономические проблемы деятельности предприятий агропромышленного комплекса: Сборник научных трудов.-М.: МГАУ,2002. С.21-23

143. Рекомендации по системе ведения отраслей агропромышленного производства Каз НИИ с-х, 2010.

144. Санду И., Полухин А. Техничко-технологическая модернизация сельского хозяйства России // Экономика сельского хозяйства России. 2014. № 1. С.5-8.

145. Саклаков В. Д. Потенциал производственных процессов в растениеводстве и разработка методов его эффективного использования: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. в форме научного отчета. Челябинск, 1990. 44 с.

146. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года (25 авт). М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 80 с.

147. Тойгамбаев С.К. Математическая модель оптимизации и критерий оптимальности комплектования парка машин производственных организаций Казахстана. Аспирант и соискатель № 3, 2021г. Изд. «Спутник+». Москва. с.91-95

148. Тойгамбаев С.К. Технология производства деталей транспортных и технологических машин природообустройства. Учебник. Рекомендован НМС при ФУМО по УГСН для ВУЗов. РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева Изд. «Спутник+» г. Москва 2020г. - 484с.

149. Тойгамбаев С.К. Выбор теоретического закона при оценке показателей надежности транспортных и технологических машин.

Методическое пособие для студентов по дисциплине “Надежность механических систем” Утв. УМК ИМЭ им. В.П. Горячкина. Изд. ООО «Мегаполис». 2020. г. Москва. 50 с.

150. Тимофеев А. М., Апатенко А. С. Разработка методики расчета эксплуатационных затрат парка строительных и мелиоративных машин с учетом показателей надежности машин. / ж. Природобустройства. № 1. 2012. «Московский государственный университет природобустройства». Москва. с. 86.

151. Терехин Н.И., Якушев И.В., Кадеркаев Р.Р. Исследования качества хранения техники. // Материалы XXI научно практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов национального исследовательского Мордовского гос. университета им. Н.П. Огарева. В 3-х частях. Составитель А.В. Столяров. Ответственный за выпуск П.В. Сенин. Издательство: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Саранск) 2017. с. 137-142.

152. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Необходимость оптимизации использования парка машин в хозяйствах. Сборник научных трудов по материалам конференции. Международная конференция по исследованиям в области компьютерной, электроники и машиностроения. “International Conference On Research In Computer, Electronics And Manufacturing Engineering” Франция, Страсбург 28-29.02.17г. Эл. адр. mail@scipro.ru

153. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Выбор критериев оптимизации при решении задач по комплектованию парка машин производственных сельскохозяйственных организации. Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 291. Ч. II., 2019. М.: Изд-во РГАУ-МСХА. с. 674.

154. Тойгамбаев С.К., Султангали А.С. Определение площади участка технического обслуживания тракторов и автомобилей. ж. Аспирант и соискатель № 5, (113) 2019. г. Москва. 2019. с. 178-184.

155. Тумэн Ж. Повышение эффективности производственных процессов по возделыванию сахарной свеклы в условиях монголии. Диссертация на

соискание ученой степени доктора технических наук / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2001.

156. Техническое обслуживание и ремонт, машин / И.Е. Ульман, Г.С. Игнатъев, В.А. Борисенко и др.; Под общ. ред. И.Е. Ульмана. - М.: Агропромиздат, 1990. 399 с.

157. Тойгамбаев С.К. Реконструкция слесарно – ремонтного участка МТП для хозяйства Казахстана. ж. Тенденция развития науки и образования. № 72. Ч. 2. «Л-Журнал» 04. 2021. SPLN 001-000001-0617-LJ. DOI 10.18411/lj-04-2021-p2 IDSP ljournal-05-2020-p3 <http://ljournal.ru>. г. Самара. 2021. с. 73-80.

158. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надёжности транспортных и технологических машин методом математической статистики. Методическое пособие для студентов по дисциплине “Основы теории надежности” Утв. УМК ИМЭ им. В.П. Горячкина, Изд. ООО «Мегаполис». г. Москва. 2020. 25 с

159. Тойгамбаев С.К., Дидманидзе О.Н. Особенности разработки технологического процесса технического обслуживания тракторов в машино-тракторном парке хозяйства. ж. Вестник. Курганский ГСХА № 1(37) /2021. DOI: 10.52463 / 22274227_2021_37_74. г. Курган. 2021. с. 74-80.

160. Тойгамбаев С.К. Назначение видов и определение объема ремонтных работ для ЦРМ хозяйств Казахстана. Международный технико-экономический журнал. № 6, 2020. ISSN: 1995-4646 Изд. ООО «Мегаполис». г. Москва. с. 73-79.

161. Шорохов И. С., Кисляк Н. В., Мариев О.С. Статистические методы анализа. // Учеб. пособие. М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. с. 300.

162. Abenov A.T., S. Toigambaev, K. Abdulmazhidov, S. Niyazbekova, S. Maharramova. Formation of approaches to cleaning reclamation drainage channels from sediments, siltation and vegetation. Development of approaches to cleaning drainage channels from silt and vegetation deposits. / Reliability: Theory &

Applications, Reliability: Theory and Applications International Scientific Conference, 27-29.11.24. DOI: 10.24412/1932-2321-2024-681-1665-1669 RT&A, Special Issue No. 6 (81), Part 3, Volume 19, December 2024. Azerbaijan, Baku, 24th century, pp. 1665-1669

163. Abenov A.T., Bondareva G.I., Toigambaev S.K., Kul'chev A.Yu. Influence of plasma jet on coating application by high-temperature spraying. The effect of a plasma jet on high-temperature spray coating./ Russian Engineering Research.. 2023. T. 43. № 1. C. 1-5.

164. Shualbe K.-H., Selz W. Fract and Fatigue: ECF3; Proc.3 Colloq. Fract. - London 8-10 sept, 1980. Oxford e.a. 1980. - p. 277-285.

165. Wingote Hill R., Davis G., Bowditch H. Wear of hardfacing treatment up plied to shares of tined tillage implements // Mechanical Engineering Transaction. -1979.- Vol. 4. - p. 11-16.

166. Ripling E.S., Falkenstein E. Fracture Toughness Evaluation by R-curve Methods. ASTM, STP 527, 1973.-p. 36-47.

167. Wang D.Y. Progress in Flaw Growth and Fracture Toughness Testing. ASTM, STP 536, 1973.-p. 334-349.

168. Harrington E.C. Industr. // Quality control. - 1965. - 21. №10.

169. Bondareva G I, Toigonbaev S K, Evgrafov V A and Didmanidze O N. Methodology for estimating appropriate work parameters of motor vehicle and tractor maintenance and troubleshooting stations in farms of Kostanay Region Kazakhstan MSEE 2020. 1100 (2021) 012006. IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X / 1100/1/012006. MSEE 2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1100 (2021) 012006. IOP Publishing. Krasnoyarsk. 2021. doi:10.1088/1757-899X/ 1100/1/012006.

170. Toigonbaev S. K., Apatenko A.S., Shavazov K.A., Tilovov N. K. Improving the efficiency of vehicles in the farms of Kostanay region. №1(9).2021 Journal of “Sustainable Agriculture”. Email: www. sa.tiame.uz. r. Tachkent. c. 52-55.

Таблица 1.1. Информация по наличию комбайнов дальнего
и ближнего зарубежья в Алтынсаринском районе

№	Марка комбайна	Количество	Производительность	Балансовая стоимость	Наработка на отказ по каждому комбайну (полочки в мотто часах)
1	PCM101 Вектор	21	30 до 40 га в день	114 250 000	2000-2500
2	ACROS550KZ	24	30 до 45 га в день	114 250 000	2000-2500
3	CASE AF 2388	3	60 до 70 га в день	70 000 000	2000-2500
4	Challenger CH-642	1	60 до 70 га в день	70 000 000	2000-2500
5	Challenger CH-660	3	60 до 70 га в день	70 000 000	2000-2500
6	CLAAS TRION 530	1	60 до 70 га в день	139 317 750	4000-4500
7	ESSIL КЗС-740	10	30 до 40 га в день	85 150 000	2000-2500
8	ESSIL КЗС-740-01К	5	30 до 40 га в день	85 150 000	2000-2500
9	ESSIL КЗС-750	11	30 до 40 га в день	85 150 000	2000-2500
10	ESSIL КЗС-760	8	30 до 40 га в день	85 150 000	2000-2500
11	ESSIL КЗС-760-35	6	30 до 40 га в день	85 150 000	2000-2500
12	FENDT6335C	1	60 до 70 га в день	200 000 000	4000-4500
13	JOHN DEERE H09500	4	60 до 70 га в день	70 000 000	3000-3500
14	Laverda M 306	2	30 до 40 га в день	45 000 000	2000-2500
15	VECTOR410KZ	2	30 до 40 га в день	54 000 000	2000-2500
16	Дон-1200	2	30 до 40 га в день	2 000 000	2000-2500
17	Дон-1500	18	30 до 40 га в день	2 000 000	2000-2500
18	Енисей - 1200	216	20 до 25 га в день	2 000 000	2000-2500
19	Енисей - 1200-1нм	5	20 до 25 га в день	2 000 000	2000-2500
20	Енисей-камкор-1200	1	20 до 25 га в день	2 000 000	2000-2500
21	Енисей-КЗС950	1	20 до 25 га в день	2 000 000	2000-2500
22	КЗС-740 "Essil"	5	30 до 40 га в день	85 150 000	2000-2500
23	КЗС-760 "Essil"	4	30 до 40 га в день	85 150 000	2000-2500
24	LEXION-650	4	60 до 70 га в день	129 000 000	4000-4500
25	JOHN DEERE 9500	18	60 до 70 га в день	70 000 000	3000-3500
26	JOHN DEERE9510	10	60 до 70 га в день	70 000 000	3000-3500
27	JOHN DEERE9660	12	60 до 70 га в день	70 000 000	3000-3500
28	PCM 142ACROS-530	21	30 до 45 га в день	114 250 000	2000-2500
29	PCM-142 "ACROS-550"	7	30 до 45 га в день	114 250 000	2000-2500
30	PCM-142 ACROS 585	8	30 до 45 га в день	114 250 000	2000-2500
31	СК-5 Нива	36	20 до 25 га в день	2 000 000	2000-2500
32	CLAAS TRION 730	1	60 до 70 га в день	198 212 800	4000-4500
ИТОГО:		471	Среднее 37 га в смен		

Таблица 1.2. Наличие зерноуборочного комбайнового и тракторного парка по Костанайской области

№ п/п	Район	Зерноуборочные комбайны			Трактора		
		Всего	В т.ч.		Всего	В т.ч.	
			ТОО, АО, ПК Совхозы, Колхозы	Крестьянские хозяйства Кооперативы		ТОО, АО, ПК Совхозы, Колхозы	Крестьянские хозяйства Кооперативы
1	Алтынсаринский	471	317	154	1136	543	593
2	Амангельдинский	161	134	27	451	378	73
3	Аркалыкский	702	400	302	833	335	498
4	Аулиекольский	541	427	114	884	389	495
5	Джангильдинский	45	27	18	417	360	57
6	Денисовский	612	408	204	938	341	597
7	Житикаринский	464	302	162	582	229	353
8	Камыстинский	492	295	197	954	442	512
9	Карабалыкский	574	385	189	1307	470	837
10	Карасуский	1494	1050	444	1883	818	1065
11	Костанайский	988	674	314	2137	1262	875
12	Мендыкаринский	718	414	304	1703	1065	638
13	Наурзумский	541	396	145	813	498	315
14	Сарыкольский	1161	842	319	1629	917	712
15	Тарановский	473	285	188	939	390	549
16	Узункольский	683	439	244	1426	879	547
17	Федоровский	1364	1097	267	2095	1124	971
	Всего:	11 484	7 892	3592	20 127	10 440	9 687

Таблица 1.3. Готовность комбайно-тракторного парка в хозяйствах занятых
в растениеводстве Республики Казахстан.

В целом по Респуб- лике	Зерноуборочные комбайны - штук								
	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022г.	Прирост в % Исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Итого:	40159	20643	21047	19516	51	42	1	- 404	-
Тракторы - штук.									
В целом по Республике	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
	Итого:	101857	105418	105401	13240	89	87	2	17
в том числе: Кировец - штук									
В целом по Респуб- лике	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
	Итого:	16240	14377	14581	1863	89	84	5	-204
в том числе: МТЗ, ЮМЗ - штук									
В целом по Респуб- лике	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
	Итого:	54524	45164	-	9360	83	84	-1	45164
в том числе: ДТ-75 - штук									
В целом по Респуб- лике	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
	Итого:	20160	16434	-	3726	82	81	1	16434
в том числе: Тв - штук									
В целом по Респуб- лике	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
	Итого:	10933	9028	-	1905	83	75	8	9028
Грузовые автомобили - штук									
В целом по Респуб- лике	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023г.	2022 г.						
	Итого:	55817	44204	52062	11613	79	77	2	-7858
Тракторные прицепы - штук									
В целом по Респуб- лике	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
	Итого:	60233	49232	48483	11001	82	76	6	749

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В Целом по Республике	Жатки-штук								
	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
Итого:	16711	9822	10801	6889	59	57	2	-979	-
В целом по Респуб- лике	Силоса- и кормоуборочные комбайны - штук								
	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
Итого:	4980	3119	4247	1789	64	61	3	-1056	-
В целом по Респуб- лике	Плуги - штук								
	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
Итого:	26402	24630	28426	1772	93	92	1	-3796	1
В целом по Респуб- лике	Сеялки - штук								
	Налич ие 2023 г.	Исправных		Неиспр. 2023 г.	% готовности		+,-в % к 2022 г.	+,- испр. к 2022 г.	Прирост в % исправ. 05.05.23
		2023 г.	2022 г.						
Итого:	79734	75048	80283	4686	94	94	-	-5235	3

Таблица 1.4. Наличие комбайнового и тракторного парка по Костанайской области в разрезе сельхоз формирований и стран производителей

Район	Зерноуборочные комбайны									Трактора								
	Всего	в т.ч.			в т.ч.			в т.ч.	в т.ч.	Всего	в т.ч.			в т.ч.				
		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства	Дальнего зарубежья	ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства	Ближнего зарубежья				ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства	Дальнего зарубежья	ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства	Ближнего зарубежья	ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства
Алтынсаринский	523	310	213	61	59	2	462	249	213	907	493	414	27	27	0	880	466	414
Амангельдинский	154	97	57	5	5	0	149	92	57	286	167	119	0	0	0	286	167	119
Аркалыкский	697	398	299	52	52	0	645	346	299	684	396	288	19	19	0	665	377	288
Аулиекольский	511	407	104	73	72	1	438	335	103	731	412	319	23	20	3	708	392	316
Джангильдинский	45	27	18	0	0	0	45	27	18	350	207	143	0	0	0	350	207	143
Денисовский	585	387	198	57	55	2	528	332	196	763	497	266	17	17	0	746	480	266
Житикаринский	432	279	153	16	16	0	416	263	153	459	294	165	7	7	0	452	287	165
Камыстинский	490	293	197	62	62	0	428	231	197	784	421	363	21	17	4	763	404	359
Карабалыкский	573	384	189	73	71	2	500	313	187	986	684	302	19	19	0	967	665	302
Карасуский	1462	1027	435	124	122	2	1338	905	433	1660	917	743	39	39	0	1621	878	743
Костанайский	901	617	284	77	71	6	824	546	278	1865	1027	838	27	24	3	1838	1003	835
Мендыкаринский	706	411	295	73	71	2	633	340	293	1317	932	385	29	26	3	1288	906	382
Наурузумский	538	396	142	13	12	1	525	384	141	615	379	236	7	6	1	608	373	235
Сарыкольский	1157	842	315	147	138	9	1010	704	306	1391	893	498	29	24	5	1362	869	493
Тарановский	467	279	188	15	15	0	452	264	188	769	491	278	23	20	3	746	471	275
Узункольский	665	423	242	120	106	14	545	317	228	1209	772	437	30	24	6	1179	748	431
Федоровский	1343	1097	246	134	121	13	1209	976	233	1829	994	835	31	26	5	1798	968	830
<i>Всего:</i>	<i>11 249</i>	<i>7 674</i>	<i>3 575</i>	<i>1102</i>	<i>1048</i>	<i>54</i>	<i>10 147</i>	<i>6 624</i>	<i>3 523</i>	<i>16 605</i>	<i>9 976</i>	<i>6 629</i>	<i>348</i>	<i>315</i>	<i>33</i>	<i>16 257</i>	<i>9 661</i>	<i>6 596</i>

Таблица 1.5. Наличие комбайнового и тракторного парка по Костанайской области в разрезе сельхоз формирований и стран производителей

Район	Зерноуборочные комбайны									Трактора								
	Всего	в т.ч.		Дальнего зарубежья	в т.ч.		Ближнего зарубежья	в т.ч.		Всего	в т.ч.		Дальнего зарубежья	в т.ч.		ближнего зарубежья	в т.ч.	
		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства
Алтынсаринский	486	282	204	94	89	5	392	204	188	1075	567	508	59	59	0	1016	508	508
Амангельдинский	161	102	59	6	6	0	155	96	59	369	134	235	0	0	0	369	134	235
Аркалыкский	702	400	302	59	59	0	643	341	302	801	476	325	37	37	0	764	439	325
Аулиекольский	541	427	114	81	80	1	460	347	113	852	482	370	40	37	3	812	445	367
Джангильдинский	45	27	18	0	0	0	45	27	18	406	89	317	0	0	0	406	89	317
Денисовский	612	408	204	65	63	2	547	345	202	895	571	324	29	28	1	866	543	323
Житикаринский	464	302	162	18	18	0	446	284	162	550	331	219	25	24	1	525	307	218
Камыстинский	492	295	197	69	69	0	423	226	197	920	486	434	58	55	3	862	431	431
Карабалыкский	574	385	189	97	95	2	477	290	187	1126	697	429	39	39	0	1087	658	429
Карасуский	1487	1050	437	152	126	26	1335	924	411	1740	982	758	71	71	0	1669	911	758
Костанайский	988	674	314	98	91	7	890	583	307	2025	901	1124	29	24	5	1996	877	1119
Мендыкаринский	718	414	304	89	87	2	629	327	302	1474	743	731	58	49	9	1416	694	722
Наурузумский	541	396	145	19	18	1	522	378	144	760	358	402	16	15	1	744	343	401
Сарыкольский	1161	842	319	160	149	11	1001	693	308	1536	767	769	43	32	11	1493	735	758
Тарановский	473	285	188	20	20	0	453	265	188	902	526	376	34	31	3	868	495	373
Узункольский	683	439	244	151	133	18	532	306	226	1335	753	582	89	83	6	1246	670	576
Федоровский	1364	1097	267	154	139	15	1210	958	252	1998	997	1001	67	57	10	1931	940	991
<i>Всего:</i>	<i>11 492</i>	<i>7 825</i>	<i>3 667</i>	<i>1332</i>	<i>1244</i>	<i>90</i>	<i>10 160</i>	<i>6594</i>	<i>3 566</i>	<i>18 764</i>	<i>9 860</i>	<i>8 904</i>	<i>694</i>	<i>641</i>	<i>53</i>	<i>18 070</i>	<i>9 219</i>	<i>8 851</i>

Таблица 1.6. Наличие комбайнового и тракторного парка по Костанайской области в разрезе сельхоз формирований и стран производителей

Район	Зерноуборочные комбайны									Трактора								
	Всего	В т.ч.		Дальнего зарубежья	В т.ч.		Ближнего зарубежья	В т.ч.		Всего	В т.ч.		Дальнего зарубежья	В т.ч.		Ближнего зарубежья	В т.ч.	
		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства		ТОО, АО, ПК	Крестьянские хозяйства
Алтынсаринский	471	317	154	104	93	11	367	221	146	1136	543	593	64	64	0	1072	529	543
Амангельдинский	161	134	27	7	7	0	154	127	27	451	378	73	0	0	0	451	73	378
Аркалыкский	702	400	302	62	62	0	640	338	302	833	335	498	41	41	0	792	457	335
Аулиекольский	541	427	114	89	88	1	452	339	113	884	389	495	50	48	2	834	447	387
Джангильдинский	45	27	18	0	0	0	45	27	18	417	360	57	0	0	0	417	57	360
Денисовский	612	408	204	68	66	2	544	342	202	938	341	597	36	35	1	902	562	340
Житикаринский	464	302	162	19	19	0	445	283	162	582	229	353	30	29	1	552	324	228
Камыстинский	492	295	197	71	71	0	421	224	197	954	442	512	72	69	3	882	443	439
Карабалыкский	574	385	189	105	103	2	469	282	187	1307	470	837	43	43	0	1264	794	470
Карасуский	1494	1050	444	156	127	29	1338	923	415	1883	818	1065	77	77	0	1806	988	818
Костанайский	988	674	314	101	93	8	887	581	306	2137	1262	875	32	27	5	2105	848	1257
Мендыкаринский	718	414	304	92	90	2	626	324	302	1703	1065	638	62	51	11	1641	587	1054
Наурзумский	541	396	145	20	19	1	521	377	144	813	498	315	18	18	0	795	297	498

Схема расположения хозяйств Алтынсаринского района Костанайской области

Карта автодорог Алтынсаринского района Костанайской области РК

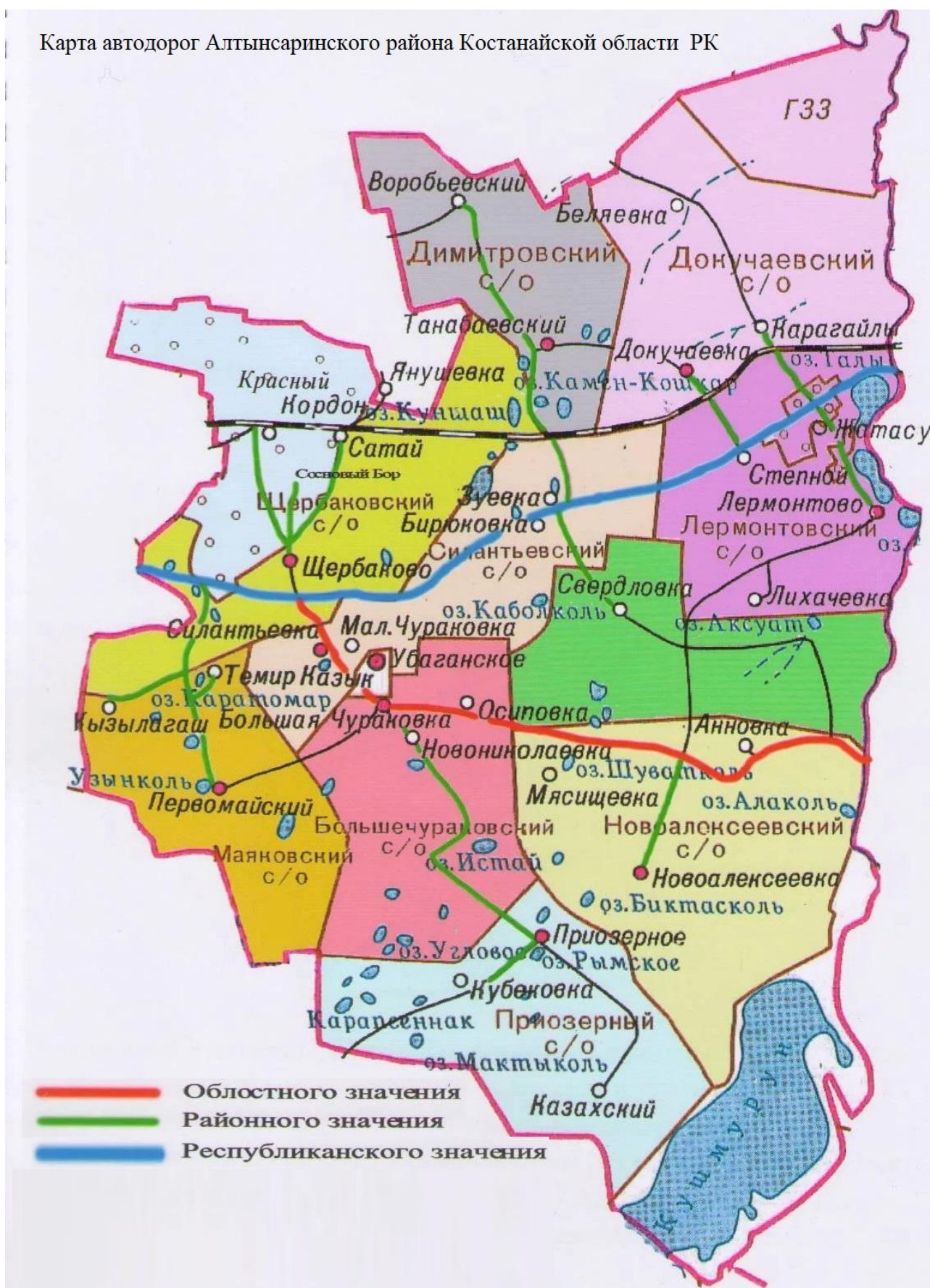


Таблица 7 – Площади посевных под зерновые по 5-ти хозяйствам
Алтынсаринского района Костанайской области на 2023г.

П/ п	Хозяйства	Обозначения земель	Площадь га.
1	Шербаковский с/о	земли не государственных с/х юридических предприятия	5607
		земли ТО и крестьянских хозяйств	11508
		земли государственные	9537
Итого:		26 652 га	
2	Новоалексеевский с/о	земли не государственных с/х юридических предприятия	3039
		земли ТО и крестьянских хозяйств	36451
		земли государственные	3600
Итого:		43 090	
3	Докучаевский с/о	земли не государственных с/х юридических предприятия	17 00
		земли ТО и крестьянских хозяйств	20100
		земли государственные	5908
Итого:		27 708	
4	Дмитровский с/о	земли не государственных с/х юридических предприятия	1700
		земли ТО и крестьянских хозяйств	16141
		земли государственные	10556
Итого:		28 397	
5	Большечураковский с/о	земли не государственных с/х юридических предприятия	1437
		земли ТО и крестьянских хозяйств	22566
		земли государственные	3032
Итого:		27 065	
Итого по 5 хозяйствам под зерновые			152 912 га.

Показатели надежности различных комбайнов

Наименование показателей	Essil КЗС-740	Енисей- 1200	ACROS 530	Case 2388	John Deer 9880
Суммарная наработка, ц	8674	9447	18789	10520	31925
га	198	223	482	251	652
ч	75	89	97	109	111
Число отказов	21,5	14,3	12,4	8,7	7,5
Наработка на отказ, ч	18,6	25,8	32	33,5	41
Суммарная продолжительность отыскания и устранения отказов, ч	10,2	11,5	14,3	4,2	9,5
Суммарная оперативная продолжительность отыскания и устранения отказов, ч	8,7	9,9	10,5	2,7	6,2
Среднее время восстановления, ч	7,9	6,8	3,8	2,1	3,8
Среднее оперативное время восстановления, ч	6,4	2,4	2,6	1,4	2,4
Удельная продолжительность отыскания и устранения отказов, чел.ч./ч	0,14	0,12	0,11	0,07	0,08
Удельная оперативная продолжительность отыскания и устранения отказов, чел.ч./ч	0,09	0,08	0,06	0,05	0,05
Коэффициент технической готовности в действительности	0,49	0,51	0,52	0,58	0,63
Коэффициент технической готовности необходимой расчетной	0,937	0,941	0,942	0,955	0,95

Условия замеров и эксплуатационно-технологические показатели
зерноуборочных комбайнов

Наименование показателей	Докучаевский с/о	Щербаковский с /о,	Дмитровский с/о	Новоалексеевский с/о	Большечураковский с/о.	Средняя значения по хозяйствам
Убираемая культура	озимая пшеница	озимая пшеница	озимая пшеница	озимая пшеница	озимая пшеница	озимая пшеница
Урожайность, ц/га	7,5	7,6	7,4	8,7	10,8	8,4
Отношение зерна к соломе	1:1,3	1:1,4	1:1,2	1:1,3	1:1,4	1: 0,83
Влажность верна, %	14	15	13	13	14	13,8
Влажность соломистой массы, %	17	14	16	15	16	15,6
Засоренность, %	4,6	6,3	5,7	4,3	7,6	5,7
Полеглость, %	5	6	4	5	6	5,2
Марка комбайна	Essil КЗС-740	Енисей-1200	ACROS 530	Case 2388	John Deer 9880	Общее сред. по комбайн
Ширина жатки, м	6	6	6	7	9	3,2
Рабочая скорость, км/ч.	8	7,2	5,8	6,1	8,3	7,1
Производительность по основному времени, т/ч.	12	9	13,6	17,8	25,3	15,5
Потери зерна, %	3,3	2,9	2,4	3,1	3,7	3,1
Дробление зерна, %	1,9	1,8	1,6	0,6	0,4	1,26
Содержание сорной примеси, %	4,4	4,7	3,9	3,4	3,5	3,98

**АКТ
ВНЕДРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО
ЗАКОНЧЕННОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

от «17» 03 2026 г.

Настоящий акт составлен представителями акимата Алтынсаринского района Костанайской области Республики Казахстан в лице руководителя государственного учреждения «Отдел сельского хозяйства акимата Алтынсаринского района» Сейдахметова А.К. с одной стороны и представителями ФГОУ ВПО «Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева» в лице зав. кафедрой «Технический сервис машин и оборудования» д.т.н., профессора Апатенко А.С., д.т.н., профессора Тойгамбаева С.К. и аспиранта Абенова А.Т. с другой стороны, состоит в следующем:

Диссертационная работа аспиранта Абенова А.Т. на тему «Повышение эффективности работ производственно технических баз при уборке зерновых на примере Алтынсаринского района Костанайской области Республики Казахстан» выполнена под научным руководством доктора технических наук, профессора Тойгамбаева С.К.

Абенов А.Т. разработал, исследовал и внедрил в производство результаты теоретических и экспериментальных исследований, обеспечивающих повышение уровня технической эксплуатации сельскохозяйственной техники, сокращение простоя по техническим причинам в среднем на 37%.

По разработанной методике были проведены расчеты для хозяйств АПК Алтынсаринского района Костанайской области Республики Казахстан.

Годовой экономический эффект от внедрения составит 72040 рублей на одну машину по сравнению с базовым вариантом уровня технической эксплуатации и 254250 рублей по сравнению с низким уровнем (для комбайнов Енисей).

Представитель:

Руководитель ГУ «Отдел сельского хозяйства акимата Алтынсаринского района»



А.К. Сейдахметов

Представитель научного учреждения:

Заведующий кафедрой «Технический сервис машин и оборудования» д.т.н., профессор

А.С. Апатенко

Аспирант кафедры «Технический сервис машин и оборудования»

А.Т. Абенов

**ГУ «УПРАВЛЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ АКИМАТА
КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ»**

**АКТ
ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ**

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы «Повышение эффективности работ производственно технических баз при уборке зерновых на примере Алтынсаринского района Костанайской области Республики Казахстан», выполненной аспирантом кафедры «Технический сервис машин и оборудования» ФГОУ ВПО «Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева» Абснова А.Т. под руководством д.т.н, профессора Тойгамбаева С.К., внедрены в сельскохозяйственные предприятия различных форм собственности АПК Управление сельского хозяйства акимата Костанайской области Республики Казахстан:

1. *Вид внедренных результатов в производство* - итоги теоретических и экспериментальных исследований, обеспечивают повышение уровня технической эксплуатации отечественной и зарубежной самоходной сельскохозяйственной техники.
2. *Характеристика масштаба внедрения* — массовое.
3. *Форма внедрения* - методика сравнительной оценки показателей безотказности отечественной и зарубежной самоходной сельскохозяйственной техники.
4. *Новизна результатов научно-исследовательских работ* — принципиально новое.
5. *Внедрено в промышленное производство* в сельскохозяйственные предприятия различных форм собственности АПК.

6. *Годовой экономический эффект* составляет 254250 рублей на один комбайн.

7. *Объем внедрения* - комбайно-тракторный парк хозяйств сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности АПК.

8. *Научно-технический эффект* — исследование эксплуатационных показателей отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники различного «возраста» представляет из себя объективную оценку их применения у аграрного товаропроизводителя. Прежде всего это относится к показателям безотказности.

Руководитель:

Научный руководитель
исследовательской работы
д.т.н., профессор кафедры
ТСМиО



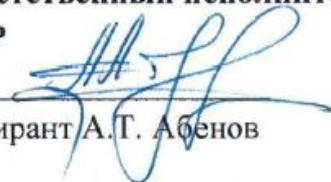
С.К. Тойгамбаева

Заказчик:

Руководитель ГУ
«Управление сельского
хозяйства и земельных
отношений акимата
Костанайской области»



**Ответственный исполнитель
НИР**



Аспирант А.Т. Абенев

АКТ
ВНЕДРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

от «18» 03 2026 г.

Настоящий Акт составлен государственным учреждением «Управление сельского хозяйства и земельных отношений акимата Костанайской области» в лице руководителя Бекмухамедова И.Е. с одной стороны и представителями ФГОУ ВПО «Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева» в лице заведующего кафедрой «Технический сервис машин и оборудования» д.т.н., профессора Апатенко А.С., д.т.н, профессора Тойгамбаева С.К. и аспиранта Абенова А.Т. с другой стороны, состоит в следующем:

Диссертация, автором которой является аспирант Абенов А.Т. (научный руководитель д.т.н, профессора Тойгамбаева С.К.), на тему «Повышение эффективности работ производственно - технических баз при уборке зерновых на примере Алтынсаринского района Костанайской области Республики Казахстан».

Абенов А.Т. изучил и внедрил в производство результаты своих исследований сравнительной оценки безотказности агрегатов отечественной и зарубежной самоходной сельскохозяйственной техники организации Алтынсаринского района Костанайской области «Енисей 1200», «Есиль 740» и зарубежных фирм «John Deere». Построены диаграммы Парето и дерево отказов.

Установлено, что показатели надежности комбайнов можно рассматривать с двух позиций. Это позволяет прогнозировать и повышать их безотказность, а также затраты на поддержание в работоспособном состоянии, что подтверждается экспериментальными испытаниями с достаточной степенью точности. Эта методика также применима и к другим маркам отечественных и зарубежных агрегатов самоходной сельскохозяйственной техники.

Показатель уровня технической эксплуатации для хозяйств различных форм собственности составлял в среднем 0,58.

По разработанной методике были проведены расчеты для хозяйств АПК Алтынсаринского района Костанайской области Республики Казахстан. В результате, показатель уровня технической эксплуатации увеличивается до 0,89.

Расчеты показывают, что после реконструкции производственно-технических баз длительность простоя техники на устранении последствий отказов уменьшается в среднем на 739 часов, а убытки от простоя становятся меньше на 108389 рублей по сравнению с теми, что были до реконструкции.

Результаты исследований по состоянию машиноиспользования в Алтынсаринском районе Костанайской области показывают, что для решения задачи по повышению работоспособности парка комбайнов, только для увеличения площадей ПТБ, составит около 620 млн. рублей, а в объеме области более 10 млрд. рублей и это только не считая на строительство помещений базы.

Представитель:

Руководитель ГУ «Управление сельского хозяйства
и земельных отношений акимата
Костанайской области»



И.Е. Бекмухамедов

Представитель научного учреждения:

Зав. кафедрой «Технический сервис машин
и оборудования» д.т.н., профессор

А.С. Апатенко

Аспирант кафедры

«Технический сервис машин и оборудования»

А.Т. Абенев

«Утверждаю»

Руководитель ГУ «Управление
сельского хозяйства и земельных
отношений акимата Костанайской
области»

Д.Е. Бекмухамедов

» 2026 года

Отзыв

На диссертационную работу Абенова Армана Таргыновича, выполненную по материалам производственных организаций Алтынсаринского района Костанайской области, по теме «Повышение эффективности работ производственно технических баз при уборке зерновых на примере Алтынсаринского района Костанайской области Республики Казахстан».

Анализ существующего современного экономического положения производственных организаций, занятых производством зерновых культур, проведенный автором, показал, что повышение урожайности зависит от реорганизации технологических процессов возделывания и уборки.

При этом, основными направлениями являются не только уровень технической оснащенности, но и эксплуатационная надежность машин, которая зависит от условий технической эксплуатации машинно - тракторного парка в производственных организациях.

На примере исследований, проведенных в пяти производственных организациях, установлено, что теоретически полученные закономерности изменения и взаимосвязь натуральных и стоимостных показателей производственных процессов достаточно объективно выражают их физическую сущность.

Данные, полученные автором по состоянию машиноиспользования в настоящем времени, являются очень ценными для принятия решений по дальнейшему повышению эффективности работ комбайно - тракторного парка в Алтынсаринском районе, так и в целом в АПК Костанайской области.

Руководство Костанайской области, рассмотрев предложенные материалы диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса», считает, что Абеновым Арманом Таргыновичем проделана огромная работа за период с 2014 по 2024 годы.

Работа представляет большую ценность для принятия решений по руководству и налаживанию работ в области технического перевооружения производства зерновых

культур, как в Алтынсаринском районе, так и в Костанайской области в целом.

Представленные автором разработки, методики и расчеты в настоящее время используются в реальных условиях Алтынсаринского района Костанайской области. Прорабатываются вопросы использования методик в других районах области.

Оптимизационные расчеты показали, что для достижения нормативного уровня техники - технологической оснащенности сельскохозяйственных предприятий, количественный состав оптимального парка комбайнов может быть до 39% меньше фактической численности комбайнов.

Автор установил на основе проведенных исследований, что для обеспечения работоспособности комбайно - тракторного парка в Алтынсаринском районе необходимо в два с половиной раза увеличить площади производственно-технических баз, с оснащением их современным технологическим оборудованием и квалифицированными специалистами.

Проведенный Абеновым А.Т. анализ в целом по Алтынсаринскому району показал, что при объеме работ по выращиванию пшеницы в 260 000 га и при средней урожайности в 8 ц/га, стоимость произведенной продукции в 2020 году составила 37 млрд. рублей. При этом, потери на содержание изношенного парка машин составили 450 млн. рублей.

Для решения вопроса снижения затрат необходимо увеличить дополнительное финансирование до 500 млн. рублей.

На основании изучения содержания работы и публикаций соискателя, считаю, что диссертация Абенова А.Т., является законченной научной работой, в которой даны научно-обоснованные решения народнохозяйственной проблемы по повышению эффективности эксплуатации комбайно-тракторного парка в условиях Республики Казахстан.

Диссертация отвечает требованиям ВАК России и критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

**Председатель научно-технического
Совета акимата Костанайской области**



Сандыбаев М.М.