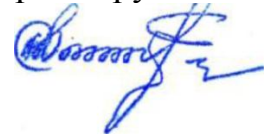


На правах рукописи



**АХМАДОВ Бахромджон Раджабович**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ПОСЕВА  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР  
В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН**

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

**Душанбе – 2017**

Работа выполнена в Таджикском аграрном университете имени Шириншох Шотемур Министерства сельского хозяйства Республики Таджикистан.

Научный консультант: доктор технических наук, профессор  
**Джабборов Нозим Исмоилович**

Официальные оппоненты: **Гуреев Иван Иванович**, доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии» (г. Курск), заведующий лабораторией механизации почво-защитного земледелия;  
**Кравченко Владимир Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» в г. Зернограде, профессор кафедры тракторов и автомобилей;  
**Рыков Виктор Борисович**, доктор технических наук, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (г. Зерноград), главный научный сотрудник.

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова».

Защита состоится 08 февраля 2018 г. в 13 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 220.010.04, созданного на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1» (Воронежский ГАУ), по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 13, учебный корпус агроинженерного факультета (корпус № 3), аудитория 319.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежского ГАУ и на сайте [www.vsau.ru](http://www.vsau.ru) (Информация о деятельности диссертационных советов» □ «Защиты» □ «Д 220.010.04»), а также по ссылке: <http://ds.vsau.ru/?p=5208>.

Автореферат разослан 08 декабря 2017 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета



Афоничев Дмитрий Николаевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** С начала восьмидесятых годов XX века во многих отраслях народного хозяйства страны и за рубежом возникла проблема дефицита энергетических ресурсов. В этой связи многие страны стали пересматривать имеющиеся подходы к эффективному использованию энергоресурсов. Совмещение технологических операций позволяет снизить энергетические затраты на производство продукции за счет уменьшения удельной материалоемкости и сокращения времени на обслуживание комбинированных машин, улучшения качества и сокращения сроков проведения полевых работ.

Благоприятные почвенно-рельефные и климатические условия Республики Таджикистан способствуют получению достаточно высоких урожаев и при повторном посеве сельскохозяйственных культур. По данным Агентства по статистике при Президенте Республики Таджикистан и Министерства сельского хозяйства, под повторные посевы можно задействовать около 130 тыс. гектаров земель.

Применяемые в настоящее время технологии возделывания сельскохозяйственных культур, основанные на использовании имеющихся в наличии в хозяйствах технических средств, не обеспечивают полную реализацию потенциальной урожайности каждого сорта.

В этой связи стали актуальными вопросы комбинирования полевых операций. Исследованиями установлено, что на почвах со средним и высоким уровнем плодородия и слабо засоренных сорными растениями эффективно совмещать предпосевную обработку почвы, внесение удобрений и посев в одном рабочем процессе.

Актуальность темы диссертационной работы предопределяется тем, что решение указанных проблем предусмотрено в Поручении Президента Республики Таджикистан (протокол заседания Правительства Республики Таджикистан № 7, пункт 10 от 29 июня 2012 года), в Национальной стратегии развития Республики Таджикистан до 2020 года, а также в Постановлении Правительства Республики Таджикистан от 28.05.2009 г., № 297 «Об утверждении Государственной Программы развития отрасли семеноводства в Таджикистане в 2010-2014 годы».

Диссертационная работа выполнена в рамках плана НИОКР Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур Минсельхоза Республики Таджикистан по теме «Повышение эффективности технологий и средств механизации возделывания зерновых культур за счет разработки и совершенствования посевных машин» и утверждена ученым советом 27 января 2009 года (протокол № 5/1).

**Степень разработанности темы.** Проблеме повышения эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур и использования МТА посвящены работы В.Н. Болтинского, Б.А. Линтварева, А.Х. Морозова, Ю.К. Киртбая, Н.С. Ждановского, С.А. Иофинова, Ф.С. Зава-

лишина, А.В. Николаенко, В.И. Фортуны, Р.Ш. Хабатова, Л.Е. Агеева, Б.А. Улитовского, В.А. Аллилугева, В.В. Василенко, В.С. Шкрабак, Е.И. Давидсона, В.Д. Попова, В.Г. Еникеева, А.П. Савельева, М.А. Новикова, А.М. Валге, М.А. Керимова, Р.Х. Юсупова, Н.И. Джабборова, С.В. Глотова, В.А. Смелика, В.А. Эвиева и других ученых. Вопросы топливно-энергетической оценки технологий производства сельскохозяйственной продукции и мобильных МТА и рационального использования энергоресурсов в агропромышленном комплексе (АПК) изложены в трудах Е.И. Базарова, В.Н. Братушкова, В.А. Борзенкова, Ю.И. Вантюсова, Л.И. Волкова, Н.М. Марченко, А.Н. Никифорова, А.В. Николаенко, М.М. Северова, А.Д., В.Н. Сидорова, В.А. Паршина, В.А. Токарева, А.А. Зангиева и других ученых. Теория топливно-энергетического анализа технологий и технических средств с учетом вероятностного характера изменения внешних условий их функционирования получила дальнейшее развитие в трудах профессоров Л.Е. Агеева, Н.И. Джабборова, В.А. Эвиева и их учеников. Вопросы повышения эффективности использования технических средств в растениеводстве в почвенно-рельефных и климатических условиях Республики Таджикистан изложены в трудах Ш.В. Саидова, Т.И. Ахунова, Н.И. Джабборова, Г.Я. Яхияева, Х.С. Сафарова, А.А. Гаффарова, С.И. Исаева, С.Т. Тешаева, Т.О. Отаева, С.Х. Бахриева, Э.С. Кароматуллоева, А.К. Кимсанова, А.Б. Ризоева, И.Б. Ризоева,, Д.С. Садуллобекова, Н.С. Турсунова, Н.Д. Сайфова, М.А. Сафарова, Р.С. Асророва, А.С. Насрединова, А.Т. Тагоймуродова, Н. Шералиева, Д.Х. Миракилова и других ученых. В целом, агротехнические основы повышения урожайности сельскохозяйственных культур в повторных посевах разработаны учеными республики А.Н. Махсумовым, Е.Н. Григоренковой, Д.К. Касымовым, Т.Н. Набиевым, Т.А. Бухориевым, Х.Д. Домуллоджановым, С.Т. Саидовым, У.М. Махмадёрвым, Р.С. Масаидовым, М.С. Норовым, С.И. Имамовым, П.Х. Халиковым, С.Г. Багдасарян, М.Д. Носировой, М.М. Мирзовалиевым, Р.Р. Шариповым и другими и изложены в трудах Института земледелия ТАСХН и Таджикского аграрного университета.

Перед конкретизацией темы настоящего исследования была сформулирована **научная гипотеза**: комбинирование посевной и всех сопутствующих операций в едином рабочем проходе сокращает затраты времени и число проходов техники по полю, улучшает условия развития растений, а разработка и создание комбинированных агрегатов при их работе на оптимальных режимах существенно сократят удельные затраты энергии на производство продукции.

**Целью исследования** является повышение эффективности возделывания сельскохозяйственных культур в условиях орошаемого земледелия Таджикистана путем совершенствования технологии и технических средств для повторного посева сельскохозяйственных культур.

### **Задачи исследования:**

- провести аналитический обзор природно-производственных условий Республики Таджикистан и изучить особенности технологии производства сельскохозяйственной продукции при повторных посевах;
- усовершенствовать методику выбора критериев и формирования сбалансированной системы показателей для оценки эффективности технологий и технических средств в условиях орошаемого земледелия Таджикистана;
- разработать комбинированные технологии обработки почвы и повторного посева сельскохозяйственных культур, экспериментальные образцы почвообрабатывающе-посевных комплексов на базе тракторов тягового класса 1,4 для одновременной обработки почвы и посева зерновых и пропашных культур, обосновать их конструктивно-технологические параметры;
- усовершенствовать методику расчета оптимальных параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов (МТА) и визуализации технологических процессов;
- обосновать теоретически и экспериментально оптимальные режимы работы комбинированных почвообрабатывающе-посевных комплексов с оценкой их качественного функционирования в условиях орошаемого земледелия Таджикистана;
- оценить энергетические затраты на возделывание зерновых и пропашных культур в повторных посевах в условиях орошаемого земледелия Таджикистана по традиционной и предложенной энергосберегающей технологиям и обосновать структуру и удельный вес энергозатрат на реализацию технологий.

### **Научная новизна:**

- усовершенствована методика выбора критериев и формирования сбалансированной системы показателей для оценки эффективности технологий и технических средств в условиях орошаемого земледелия Таджикистана, отличающаяся учётом взаимного влияния показателей при комбинировании полевых операций и выбором наиболее значимых контролируемых показателей из существующей системы контроля качества;
- разработаны комбинированные технологии обработки почвы и посева зерновых и пропашных культур, отличающиеся одновременным выполнением шести и семи операций при повторном посеве на орошаемых площадях в условиях Республики Таджикистан;
- созданы на уровне изобретений почвообрабатывающе-посевные комплексы для тракторов тягового класса 1,4, отличающиеся расширенным набором рабочих органов и их размещением на одной компактной раме;
- разработан алгоритм расчёта оптимальных параметров и режимов работы комбинированных почвообрабатывающе-посевных комплексов,

отличающийся учётом случайного характера нагрузок с оценкой качества работы по допускаемому разбросу значений контролируемого параметра;

- предложена упрощённая и наглядная форма контроля за проведением полевых операций и их качеством в виде разработанных информационно-контролирующих карт;

- предложена оценка эффективности внедрения технологии и технических средств комбинированного повторного посева зерновых и пропашных культур на орошаемых землях Республики Таджикистан, отличающаяся анализом критерия энергозатрат при реализации типовой и комбинированной технологий.

#### **Теоретическая значимость:**

- усовершенствована методика выбора критериев и формирования сбалансированной системы показателей технологий и технических средств, уточняющая оценку их эффективности в условиях орошаемого земледелия Таджикистана;

- установлено влияние случайного характера нагрузок и регулируемых параметров на разброс функции оптимизации и оценку качественного функционирования агрегата на орошаемых землях Республики Таджикистан;

- получены зависимости агротехнических и эксплуатационных показателей почвообрабатывающе-посевных комплексов от скорости движения, зависимости для нахождения оптимальных значений эксплуатационных показателей комбинированных почвообрабатывающе-посевных комплексов и допусков на настроечные параметры, дополняющие теорию сельскохозяйственных машин.

#### **Практическая значимость:**

- разработаны комбинированные технологии поверхностной обработки почвы и посева зерновых и пропашных культур, обеспечивающие сокращение сроков проведения полевых работ для повторного посева в условиях Республики Таджикистан;

- предложены технические решения по реализации комбинированных технологий обработки почвы и посева, обеспечивающие одновременное выполнение шести и семи операций при повторном посеве на орошаемых площадях в условиях Таджикистана;

- представлена сбалансированная система агротехнических показателей работы почвообрабатывающе-посевных комплексов в условиях Республики Таджикистан;

- установлены оптимальные значения и допускаемые пределы эксплуатационных показателей почвообрабатывающе-посевных комплексов по критерию минимума энергозатрат;

- предложены информационно-контролирующие карты соблюдения комбинированных технологий обработки почвы и посева зерновых и пропашных культур на орошаемых площадях Республики Таджикистан.

**Объектом исследований** являются технологии и технические средства возделывания сельскохозяйственных культур в повторных посевах в условиях орошаемого земледелия Таджикистана.

**Предметом исследований** являются закономерности процессов обработки почвы и посева зерновых и пропашных культур на орошаемых площадях Республики Таджикистан почвообрабатывающе-посевными комплексами на базе тракторов тягового класса 1,4.

**Методология и методы исследования.** Теоретические исследования проведены с применением методов математического анализа, имитационного моделирования, теоретической механики. Экспериментальные исследования выполнены на лабораторных установках и в полевых условиях с применением современных средств измерений и регистрации результатов. Обработка результатов экспериментальных исследований производилась методами математической статистики на персональном компьютере с использованием лицензированных программ: Microsoft Excel, Statistica.

**Положения, выносимые на защиту:**

- методика выбора критериев и формирования сбалансированной системы показателей технологий и технических средств, позволяющая оценить их эффективность в условиях орошаемого земледелия Таджикистана;

- комбинированные технологии обработки почвы и посева зерновых и пропашных культур, позволяющие сократить сроки проведения полевых работ при повторном посеве на орошаемых землях Республики Таджикистан;

- почвообрабатывающе-посевные комплексы для тракторов тягового класса 1,4, выполняющие одновременно шесть и семь операций при повторном посеве на орошаемых площадях в условиях Таджикистана;

- алгоритм расчёта оптимальных параметров и режимов работы комбинированных почвообрабатывающе-посевных комплексов;

- упрощённая и наглядная форма контроля за проведением полевых операций и их качеством в виде разработанных информационно-контролирующих карт, позволяющая повысить эффективность работы почвообрабатывающе-посевных комплексов;

- показатели энергетической эффективности разработанных технологий и почвообрабатывающе-посевных комплексов, подтверждающие целесообразность их использования в сельскохозяйственном производстве Республики Таджикистан.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность экспериментальных данных подтверждается применением теории планирования эксперимента и большим количеством повторностей измерений изменяющихся параметров и агротехнических показателей. При измерениях применялись современные методы, приборы и инструменты, а при обработке данных – компьютерные программы. При оценке сходимости ап-

проксимирующих выражений с реальными данными и результатами теоретических вычислений критерий согласия  $\chi^2$  находился в пределах 0,2...0,8.

Результаты диссертационной работы прошли апробацию на республиканских и международных конференциях:

- на 5-й Международной научно-практической конференции «Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе», г. Минск, 2011 год;

- на Международной научно-практической конференции «Продовольственная безопасность, состояние и перспективы», посвященной 20-летию Независимости Республики Таджикистан и 80-летию Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур, г. Душанбе, 2011 год;

- на Международной научно-практической конференции «Эффективное использование биоклиматических факторов при выращивании сельскохозяйственных культур на пахотных землях», посвященной 20-летию XVI сессии Шурои Оли Республики Таджикистан и 15-летию Национального примирения, Таджикский аграрный университет имени Шириншох Шотемур, г. Душанбе, 31 марта 2012 года;

- на Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы, перспективы развития для обеспечения продовольственной безопасности Таджикистана», Институт земледелия Таджикской АСХН, 18-19 сентября 2012 года;

- на Республиканской научно-практической конференции «Биологическая безопасность: проблемы и пути ее решения», г. Душанбе, 04 апреля 2013 года;

- на Республиканской научно-практической конференции «Инновационная технология возделывания сельскохозяйственных культур: проблемы и пути их внедрения», г. Душанбе, 29-30 апреля 2014 года;

- на Международной научно-практической конференции «Инновация - основа развития сельского хозяйства», посвященной 20-летию Конституции Республики Таджикистан. Таджикский аграрный университет имени Шириншох Шотемур, г. Душанбе, 11 ноября 2014 года;

- на Международной научно-практической конференции «Роль отрасли семеноводства в обеспечении продовольственной безопасности», г. Душанбе, 12 сентября 2015 года;

- на Международном круглом столе «Развитие Таджикско-Российского сотрудничества в области науки и образования», г. Душанбе, 12-13 апреля 2016 года;

- на Международной научно-практической конференции «Наука и инновации а 21 веке: актуальные вопросы, достижения и тенденции развития», г. Душанбе, 4-5 февраля 2017 года;

- на XXI Международной научно-производственной конференции «Проблемы и решения современной аграрной экономики», Российская Федерация, г. Белгород, БГАУ им. В.Я. Горина, 24-25 мая 2017 года.



Результаты исследований по теме диссертационной работы внедрены:

- в Центре механизации сельского хозяйства и инновационных технологий Таджикской АСХН;
- в УОУП «Хисор» Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур;
- в Опытно-производственном хозяйстве Института земледелия Таджикской АСХН;
- в семеноводческом хозяйстве имени Дзержинского Института земледелия Таджикской АСХН;
- в Производственном кооперативе им. Латифа Мурода Гиссарского р-н;
- в учебном процессе на факультете механизации сельского хозяйства Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур;
- в Государственном унитарном предприятии «Мадад» Министерства сельского хозяйства Республики Таджикистан;
- приняты Управлением науки и кадровой политики Министерства сельского хозяйства Республики Таджикистан для дальнейшего внедрения в хозяйствах страны (соответствующие акты приведены в Приложении диссертационной работы).

**Личный вклад.** Все этапы работы над диссертацией проведены при непосредственном участии её автора. Им сформулирована тема, обоснована её актуальность, определена научная гипотеза, намечены цель и задачи исследований. Автор принимал участие в разработке комбинированных технологий и конструкций почвообрабатывающе-посевных комплексов, составлении программы экспериментальных исследований и её выполнении. Им разработаны теоретические положения по обоснованию рациональных режимов работы комплексов, проведена систематизация и анализ экспериментальных данных, сформулированы выводы, подготовлены научные статьи и монография.

**Публикации.** По теме диссертации опубликована 61 работа, в том числе одна монография, 19 научных статей в ведущих рецензируемых научных изданиях, четыре патента Республики Таджикистан.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 272 наименований, восьми приложений, изложена на 387 страницах. В тексте имеется 108 рисунков и 69 таблиц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Введение.** Обоснована актуальность темы, охарактеризована степень ее разработанности, сформулированы цель, научная гипотеза и задачи исследований, основные положения, выносимые на защиту, дана общая характеристика выполненных исследований.

**В первом разделе «Современное состояние проблемы и задачи исследований»** проведен анализ почвенно-рельефных и климатических условий Республики Таджикистан, структуры посевных площадей, обеспеченности хозяйств сельскохозяйственной техникой, особенностей технологии повторного посева и применяемые сорта сельскохозяйственных культур. Дан обзор исследований по обоснованию технологии возделывания сельскохозяйственных культур в повторных посевах в условиях орошаемого земледелия и условия функционирования МТА. Представлен аналитический обзор исследований по обоснованию оптимальных режимов работы МТА, методов и критериев оценки эффективности технологических процессов и функционирования технических средств, контроль и оценка качества технологических процессов. Наглядно представлена структурная схема исследования.

**Во втором разделе «Повышение эффективности технологии возделывания сельскохозяйственных культур на повторных посевах путём обоснования комплекса технических средств и рациональных режимов их работы»** изложены теоретические основы совершенствования технологии возделывания сельскохозяйственных культур на повторных посевах, основы выбора критериев и формирования сбалансированной системы показателей для оценки эффективности технологий и технических средств. Изложены методики расчета конструктивно-технологических параметров исследуемых агрегатов, допускаемых значений эксплуатационных показателей и визуализации технологий и технологических процессов. Приведены конструктивно-технологические особенности проектирования машин КМ-1,8; КМ-2,4 и оценка их эффективности применения.

Анализ технологий возделывания сельскохозяйственных культур на повторных посевах в условиях орошаемого земледелия Таджикистана показывает, что совокупные топливно-энергетические затраты на них находятся в пределах 20000-35000 МДж/га. Конкретно для пшеницы этот показатель равен 24000-26000 МДж /га.

В целом технологию возделывания зерновых культур можно подразделить на 4 основных периода: допосевной, посевной, уход за посевами и уборочный. Затраты энергии на допосевной период изменяются в пределах 12-13 % от совокупных энергозатрат на всю технологию. При этом затраты энергии на посевной период составляют 27-28 % от совокупных энергозатрат, на уход за посевами – 40-41 %, а на уборочный период – 19-20 %.

Предпосевной и посевной периоды оказывают наибольшее влияние на формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Это связано с потерей времени при отдельной обработке почвы от посева сельскохозяйственных культур. Сумма положительных эффективных для растения температур сокращается. Предпосевной и посевной периоды по традиционной технологии, применяемой в хозяйствах страны, включают в себя восемь технологических процессов.

С конца мая до конца июня производится уборка предшественника (в основном зерновых культур), после чего проводятся подпитывающий полив и обработка почвы, что занимает, в среднем 10-12 дней. Затяжка времени приводит к снижению урожайности на повторных посевах.

Повышение эффективности технологии возделывания культур на повторных посевах можно обеспечить на основе реализации принципов экономии энергии и выбора оптимальной структуры технологии.

Предлагаемая технология предусматривает комбинацию шести операций в одном рабочем проходе агрегата для зерновых культур (рисунок 1). При посеве пропашных культур добавляется седьмая операция – внесение гербицидов.

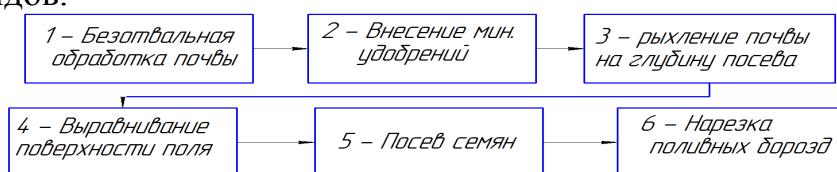


Рисунок 1 – Технологический процесс комбинированного посева зерновых культур

Для оценки эффективности технологического процесса и применяемых технических средств были выбраны два критерия – минимум энергоёмкости ( $E_i \rightarrow \min$ ) и максимум годового энергетического эффекта. Предлагается сбалансированная система показателей, к которым наиболее чувствительны эти два критерия: 1) производительность  $\bar{W}_q$  агрегата; 2) КПД  $\eta_T$  трактора; 3) тяговая мощность  $N_{кр}$  трактора; 4) эффективная мощность  $N_e$  двигателя; 5) часовой расход  $G_T$  топлива; 5) скорость движения  $V_p$  агрегата; 6) частота вращения  $n_d$  коленчатого вала двигателя; 7) крутящий момент  $M_k$  на валу двигателя; 8) тяговое усилие  $P_{кр}$  трактора.

Энергоёмкость технологического процесса уменьшается с ростом производительности агрегата (рисунок 2) и увеличивается с повышением удельных энергозатрат (рисунок 3).

В начале проектирования комбинированной почвообрабатывающе-посевной машины определена её востребованность на основе маркетинговых исследований. Следующим этапом является определение типа машины с учётом особенностей местных условий её эксплуатации и общетехнических требований. По тяговому усилию трактора и удельному сопротивлению определена оптимальная ширина захвата, а по удельной металлоёмкости – её масса. Основные конструктивные параметры обеих комбинированных машин были рассчитаны по программе для ЭВМ, разработанной в 2011 г. в ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии.

При расчёте эксплуатационных показателей комбинированных машин входными параметрами были крутящий момент двигателя и тяговое усилие трактора, изменяющиеся в процессе работы по нормальному закону плотности

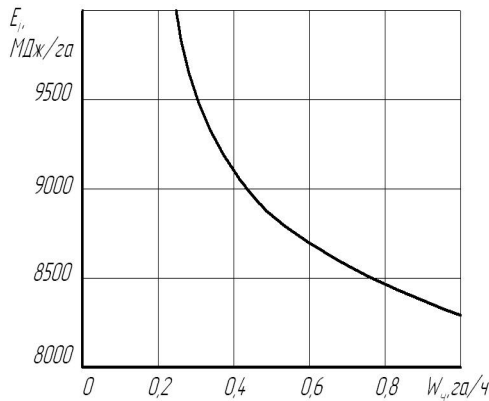


Рисунок 2 – Влияние производительности на энергоёмкость процесса (МТЗ-82.1 + КМ-1,8)

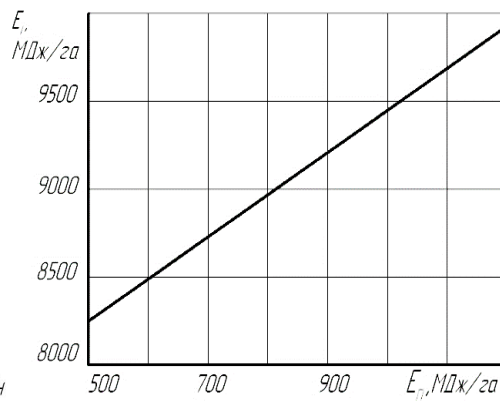


Рисунок 3 – Зависимость энергоёмкости от топливно-энергетических затрат (МТЗ-82.1 + КМ-1,8)

вероятности. В основу расчёта были приняты методики профессоров С.А. Иофинова и Л.Е. Агеева. При выборе критериев и формировании системы эксплуатационных показателей применялась методика профессора Н.И. Джабборова. В итоге была сформулирована сбалансированная система эксплуатационных показателей МТА МТЗ-82.1+КМ-1,8 «Кишоварз» по критерию минимум  $E_i \rightarrow \min$  энергоёмкости технологического процесса (таблица 1).

Таблица 1 – Сбалансированная система эксплуатационных показателей агрегата МТЗ-82.1+КМ-1,8 по критерию минимум  $E_i \rightarrow \min$  энергоёмкости процесса

Параметры	Расчетные формулы
Производительность МТА	$\bar{W}_q^* = 0,36 \eta_T^* \tau \bar{N}_e^* / K_a$
КПД трактора	$\eta_T^* = \bar{N}_{кр}^* / \bar{N}_e^*$
Тяговая мощность трактора	$\bar{N}_{кр} = 0,5[a_1^* \bar{P}_{кр}^* + \epsilon_1^* \bar{P}_{кр}^{*2} (1 + v_p^2)] - [a_1^* \bar{P}_{кр}^* + \epsilon_1^* \bar{P}_{кр}^{*2} + (1 + v_p^2)] \Phi(t_p^*) + \epsilon_1^* \varphi(t_p^*) \bar{P}_{кр}^{*2} v_p$
Эффективная мощность двигателя	$\bar{N}_e^* = c \left\{ 0,5[(a^* + \epsilon^* \bar{M}_k^* + \epsilon^* \bar{M}_k^{*2} (1 + v_m^2))] - [a_1^* \bar{M}_k^* + \epsilon_1^* \bar{M}_k^{*2} (1 + v_m^2)] \Phi(t_n^*) + \epsilon_1^* \varphi(t_n^*) \bar{M}_k^{*2} v_m \right\}$
Часовой расход топлива	$\bar{G}_T^* = 0,5(a + b \bar{M}_k^*) - (a_1 + b_1 \bar{M}_k^*) \Phi(t_n^*) + b_1 \varphi(t_n^*) \bar{M}_k^* v_m$
Скорость движения агрегата	$\bar{V}_p^{*i} = 0,5(a^* + b^* \bar{P}_{кр}^{*i}) - (a_1^* + b_1^* \bar{P}_{кр}^{*i}) \Phi(t_n^*) + b_1^* \varphi(t_n^*) \bar{P}_{кр}^{*i} v_p$
Частота вращения коленчатого вала	$\bar{n}_d^* = 0,5(a^* + \epsilon^* \bar{M}_k^*) - [a_1^* + \epsilon_1^* \bar{M}_k^*] \Phi(t_n^*) + \epsilon_1^* \varphi(t_n^*) \bar{M}_k^* v_m$

Оценка динамических характеристик агрегатов производилась по следующим критериям: динамический фактор  $D$ , коэффициент полезного действия трактора  $\eta_T$ , удельная мощность двигателя  $U_{N_e}$ , буксование  $\delta$

двигателей трактора, удельный тяговый расход топлива  $g_{кр}$  и коэффициент энергетической эффективности технических средств и технологического процесса  $K_{T.CP}$ .

Коэффициент энергетической эффективности технических средств  $K_{T.CP}$  и технологического процесса является новым показателем и вводится впервые. Значения коэффициента энергоэффективности разработанных нами агрегатов находились в пределах  $K_{T.CP} = 0,88 - 0,98$ .

Для определения энергоёмкости технологического процесса применялась формула профессора Джабборова Н.И.

$$\bar{E}_i = [g_T(\alpha_T + f_T) + g_3(\kappa_3 + f_3) + g_K(\kappa_K + f_K)]\bar{W}_{CM}^{-1} + g_Y\bar{W}_{CM}^{-1} + g_{YП}\bar{W}_{CM}^{-1}, \quad (1)$$

где  $\bar{E}_i$  – математическое ожидание топливно-энергетических затрат (энергоёмкость процесса) на  $i$  –  $й$  технологический процесс, МДж/га;

$g_T$  – количество израсходованного топлива за смену, кг;

$\alpha_T$  – теплосодержание топлива, МДж/кг;

$\kappa_3, \kappa_K$  – коэффициенты перевода 1 кВт·ч в 1 МДж ( $\kappa_3 = 3,6$ ) и 1 ккал в 1 МДж ( $\kappa_K = 0,00419$ );

$f_T, f_3$  и  $f_K$  – коэффициенты, учитывающие дополнительные энергозатраты на производство топлива (МДж/кг), электроэнергии (МДж/кВт·ч) и тепла (МДж/ккал);

$g_3$  и  $g_K$  – израсходованное за смену количество электроэнергии (МДж/кВт·ч/см) и тепла (ккал/см);

$g_Y$  – условная часть энергозатрат, пропорциональная расходу материалов при выполнении технологического процесса;

$g_{YП}$  – условно постоянная часть топливно-энергетических затрат.

Энергоёмкость операций рассчитывалась с учётом неравномерности внешней нагрузки, а оптимизация эксплуатационных параметров предусматривала требуемое качество агротехнических работ.

Перспективные технологии в сельском хозяйстве трудно осваиваются в производстве по многим причинам. Одной из основных причин является недоступность информационного потока работникам среднего и низшего звена, которые являются основными исполнителями технологических процессов.

Нами предложено визуализировать технологические процессы производства сельскохозяйственной продукции. Визуализация внедрена в форме информационно-контролирующих карт технологических процессов или операций. Предложено составлять карты трёх уровней: для технологии в целом, отдельного технологического процесса или полевой операции и для техобслуживания или ремонта технических средств. По своим уровням карты предназначены для разных категорий работников – от главных

специалистов и управляющих до непосредственных исполнителей. В качестве примера на рисунке 4 приведена одна из карт первого уровня.

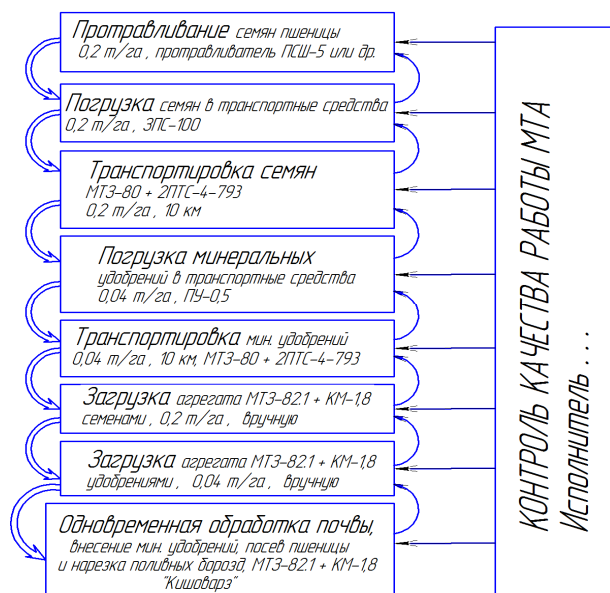


Рисунок 4– Карта потока выполнения рекомендуемой технологии обработки почвы и посева пшеницы

Эти карты позволяют управляющему легко контролировать и корректировать ход и качество выполнения всех полевых работ.

В третьем разделе «Теоретические положения оптимизации эксплуатационных параметров почвообрабатывающе-посевных агрегатов» изложено обоснование рациональной скорости движения комбинированного агрегата, уточнены влияние рабочей скорости агрегата на сменную производительность и влияние случайного характера регулируемых параметров на разброс функции оптимизации, разработана оценка качественного функционирования машинно-тракторных агрегатов.

При работе комбинированного агрегата выбор рациональной скорости движения усложняется, так как появляются противоречия и взаимозависимость между частными агротребованиями, и тем в большей мере, чем больше технологических операций комбинируется в одном рабочем проходе. Известно, что каждая операция в поле имеет свой предел по рабочей скорости движения агрегата. Но если операции комбинируются, то требуется определить рациональную скорость движения. Математическую модель предела допустимых скоростей выполнения технологического процесса, состоящего из нескольких технологических операций, одновременно выполняемых комбинированным агрегатом, в общем случае можно представить как функцию множества операций и уровней их значимости:

$$V_p^D = \frac{\sum_i^n V_p^{D_i} \cdot K_3^i}{n}, \quad (2)$$

где  $V_p^D$  – предел допустимых рабочих скоростей;

$n$  – число технологических операций в технологическом процессе;  
 $V_p^{Д.і}$  – агротехнически допустимый предел  $i$ -й операции процесса;  
 $K_3^i$  – коэффициент значимости  $i$ -й технологической операции.

Значение коэффициента  $K_3^i$  можно определить по формуле:

$$K_3^i = \frac{B_{ст}^{рыхл} + B_{выр}^{поля} + B_{равн}^{сем} + B_{пр.гп}^{бор} + B_{гп.зад}^{сем}}{5}, \quad (3)$$

где  $B_{ст}^{рыхл}$  – количество баллов, полученных за степень рыхления почвы;

$B_{выр}^{поля}$  – количество баллов за выровненность поверхности поля;

$B_{равн}^{сем}$  – количество баллов за равномерность распределения семян;

$B_{пр.гп}^{бор}$  – количество баллов за глубину поливных борозд;

$B_{гп.зад}^{сем}$  – количество баллов за показатель глубины заделки семян.

Рассчитанная таким образом рабочая скорость комбинированного агрегата в течение рабочего прохода не является постоянной, она меняется под действием переменного сопротивления почвы, сложности микрорельефа и других факторов. Разброс значений рациональной скорости можно определить только опытным путём и на основании хронометражных наблюдений определить допустимые пределы её изменений для оптимизации энергетических затрат и выполнения агротребований на качество работы.

От степени рыхления почвы зависит качество выравнивания поверхности, посева семян и нарезки поливных борозд. То есть наиболее значимой операцией в процессе является рыхление почвы, влияющее на качественные показатели всего технологического процесса. В данном случае установленная наиболее значимая операция – рыхление почвы на глубину посева, которая осуществляется в комбинированном агрегате фрезами, она и определяет общее ограничение на скорость комбинированной операции.

#### Влияние рабочей скорости агрегата на сменную производительность.

В основу теоретического исследования сменной производительности агрегата от его рабочей скорости положим известное выражение

$$W = 0,1BV\tau, \quad (4)$$

При всей простоте этого выражения оно не может считаться линейным, так как коэффициент  $\tau$  тоже зависит от рабочей скорости и в довольно сложной аналитической зависимости. Раскроем эту зависимость для дальнейшего использования в расчёте производительности комбинированных агрегатов по экспериментальным данным. Для математического анализа выражения (4) будем использовать единицу измерения расстояний, скорости и площадей на базе метра, тогда это выражение примет вид

$$W = BV\tau, \quad (5)$$

где  $W$  – производительность агрегата за час сменного времени,  $\text{м}^2/\text{ч}$ ;

$B$  – ширина захвата агрегата,  $\text{м}$ ;

$V$  – рабочая скорость движения,  $\text{м}/\text{ч}$ ;

$\tau$  – коэффициент использования времени смены.

Разграничим производительные и непроизводительные затраты времени в течение смены на время работы в борозде ( $T_p$ ), время одного поворота ( $t_1$ ), время одного технологического обслуживания, расходуемое для заправки технологических ёмкостей, очистки и регулировки рабочих органов ( $t_2$ ) и время утреннего техобслуживания и обеденного перерыва ( $t_3$ ).

Полевые работы, связанные с опорожнением технологических ёмкостей, в том числе посевные операции, удобно анализировать по циклам работы. За цикл принимается продолжительность работы между заправками агрегата технологическими материалами.

Коэффициент использования сменного времени равен

$$\tau = \frac{T_p}{T}, \quad (6)$$

где  $T_p$  – время непосредственной работы агрегата в борозде;

$T$  – общая продолжительность рабочей смены.

В результате всех подстановок выражение (6) приобретает вид конечной формулы:

$$\tau = \frac{\frac{L_1}{V} \cdot \frac{T - t_3}{\frac{L_1}{V} + \frac{L_1}{L} \cdot t_1 + t_2}}{T}, \quad (7)$$

где  $\tau$  – коэффициент использования времени смены;

$L$  – длина рабочего прохода в границах поля,  $\text{м}$ ;

$L_1$  – путь опорожнения технологических ёмкостей,  $\text{м}$ ;

$V$  – рабочая скорость движения агрегата,  $\text{м}/\text{ч}$ ;

$T$  – продолжительность рабочей смены,  $\text{ч}$ ;

$t_1$  – среднее время одного поворота,  $\text{ч}$ ;

$t_2$  – среднее время одного технологического обслуживания,  $\text{ч}$ ;

$t_3$  – время утреннего техобслуживания и обеденного перерыва,  $\text{ч}$ .

Для исследования характера зависимости коэффициента использования рабочего времени от рабочей скорости движения агрегата были использованы численные значения входных параметров, характерные для условий работы комбинированного агрегата КМ-1,8 «Кишоварз» в УОУП «Хисор» Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур: длина рабочего хода  $L = 700$   $\text{м}$ , путь опорожнения технологических ёмкостей  $L_1 = 2700$   $\text{м}$ , продолжительность рабочей смены  $T = 8$  часов, среднее время одного поворота  $t_1 = 1$  минута, среднее время одного технологического обслуживания  $t_2 = 5$  минут, время утреннего техобслуживания  $t_3 = 10$  минут.

Конечная формула для определения сменной выработки, выраженной в  $\text{м}^2$ , имеет вид



$$W_{см} = \frac{BVL_1(T-t_3)}{L_1 + \frac{VL_1t_1}{L} + t_2V}, \quad (8)$$

если подставлять расстояния в метрах, скорость в метрах в час и время в часах. Анализ хронокарт показывает, что сменная выработка нарушает линейную зависимость от рабочей скорости из-за увеличения доли производительных затрат времени.

Пользуясь формулой (7), можно выразить классическое выражение (4) сменной производительности через функцию  $\tau(V)$ :

$$W = 10^{-4} \cdot B \cdot V \cdot \tau(V), \quad (9)$$

График зависимости (9) показывает, что при точных расчётах сменной производительности нельзя пользоваться постоянной величиной коэффициента  $\tau$ , так как он зависит от скорости движения агрегата.

На основании анализа изменчивости входных параметров следует определить допустимые границы скорости движения, а следовательно и оценочных показателей, таких как производительность и расход топлива и обосновать оптимальные режимы работы агрегатов по энергетическим параметрам с гарантией удовлетворения агротехнических оценок качества работы. В рамках теоретического обоснования в качестве примера покажем влияние случайного характера продолжительности отдельных составляющих проведения комбинированной операции посева на сменную производительность агрегата.

По хронометражным наблюдениям посевной операции комбинированным агрегатом КМ-1,8 «Кишоварз» при посеве пшеницы наиболее изменчивыми оказались такие параметры как затраты времени ( $t_1$ ) на повороты, сопряжённые с необходимостью очистки рабочих органов, продолжительность ( $t_2$ ) технологических остановок для заполнения бункеров для семян и удобрений, затраты времени ( $t_3$ ) на проведение утреннего техобслуживания, переезда до поля и обеденного перерыва. Затраты времени  $t_1$  изменялись в пределах от 0,5 до 2,5 минут,  $t_2$  – от 3,5 до 8 минут,  $t_3$  – от 10 до 35 минут. Фактическая продолжительность смены ( $T$ ) изменялась от 8 часов 35 минут до 9 часов 40 минут. Средние значения этих затрат времени можно принять за математические ожидания случайной величины. Выражая их в часах, имеем:

$$M_{t_1} = 0,025 \text{ ч}; M_{t_2} = 0,095 \text{ ч}; M_{t_3} = 0,375 \text{ ч}; M_T = 9,125 \text{ ч}.$$

Средние квадратичные отклонения этих затрат времени могут быть определены из соотношения

$$\sigma_{t_i} = \frac{t_{i\cdot\max} - t_{i\cdot\min}}{6}, \quad (10)$$

где  $t_{i\cdot\max}$ ,  $t_{i\cdot\min}$  – максимальное и минимальное значения случайной величины.

$$\sigma_{t_1} = 0,006 \text{ ч}; \sigma_{t_2} = 0,013 \text{ ч}; \sigma_{t_3} = 0,069 \text{ ч}; \sigma_T = 0,181 \text{ ч}.$$

Определим числовые характеристики случайной величины – сменной выработки агрегата, вычисляемой по выражению (8). Поскольку эта величина зависит от рабочей скорости, её числовые характеристики будут изменяться при каждом фиксированном значении скорости. Тогда, в соответствии с теоремами о сложении и умножении математических ожиданий некоррелированных случайных величин, математическое ожидание сменной выработки выражается зависимостью, аналогичной формуле (8):

$$M_{W \cdot cm} = \frac{B \cdot V \cdot L_1 \cdot (M_T - M_{t3})}{L_1 + M_{t2} \cdot V + M_{t1} \cdot \frac{V \cdot L_1}{L}} \quad (11)$$

Дисперсия линейной функции нескольких некоррелированных случайных величин

$$Y = \sum_{i=1}^n a_i \cdot X_i + b, \quad (12)$$

где  $a_i$ ,  $b$  – не случайные величины, выражается формулой

$$D_Y = D \left[ \sum_{i=1}^n a_i \cdot X_i + b \right] = \sum_{i=1}^n a_i^2 \cdot D[X_i]. \quad (13)$$

Чтобы определить дисперсию или среднее квадратичное отклонение сменной выработки (выражение (8)), представим это выражение в виде частного от деления случайной величины  $X$  на случайную величину  $Y$ :

$$W_{cm} = \frac{X}{Y}. \quad (14)$$

Математические ожидания обеих случайных величин равны:

$$M_X = B \cdot V \cdot L \cdot (M_T - M_{t3}); \quad (15)$$

$$M_Y = L_1 + \frac{V \cdot L_1}{L} \cdot M_{t1} + V \cdot M_{t2}, \quad (16)$$

а их дисперсии

$$D_X = (BVL)^2 (D_T - D_{t3}); \quad (17)$$

$$D_Y = \left( \frac{VL_1}{L} \right)^2 \cdot D_{t1} + V^2 \cdot D_{t2}. \quad (18)$$

Максимальное значение сменной выработки агрегата получится при  $X=X_{max}$  и  $Y=Y_{min}$ , а минимальное – при  $X=X_{min}$  и  $Y=Y_{max}$ . Тогда среднее квадратичное отклонение этого показателя можно вычислить по выражению

$$\sigma_{W \cdot cm} = \frac{1}{6} \cdot \left( \frac{M_X + 3 \cdot BLV \cdot \sqrt{D_T - D_{t3}}}{M_Y - 3 \cdot V \cdot \sqrt{\left( \frac{L_1}{L} \right)^2 \cdot D_{t1} + D_{t2}}} - \frac{M_X - 3 \cdot BLV \cdot \sqrt{D_T - D_{t3}}}{M_Y + 3 \cdot V \cdot \sqrt{\left( \frac{L_1}{L} \right)^2 \cdot D_{t1} + D_{t2}}} \right)$$

Это же выражение можно представить более краткой записью:

$$\sigma_{W_{см}} = \frac{\sigma_Y \cdot M_X + \sigma_X \cdot M_Y}{(M_Y)^2 - 9 \cdot (\sigma_Y)^2} \quad (19)$$

Неопределённость средней выработки возрастает по мере повышения рабочей скорости агрегата. Анализ графика зависимости (19) показывает, что полоса возможных значений функции в пределах  $M_{W_{см}} \pm 3\sigma_{W_{см}}$  расширяется с увеличением аргумента. Видоизменяются и плотности вероятности сменной выработки под влиянием возрастающего разброса значений этой случайной величины (рисунок 5).

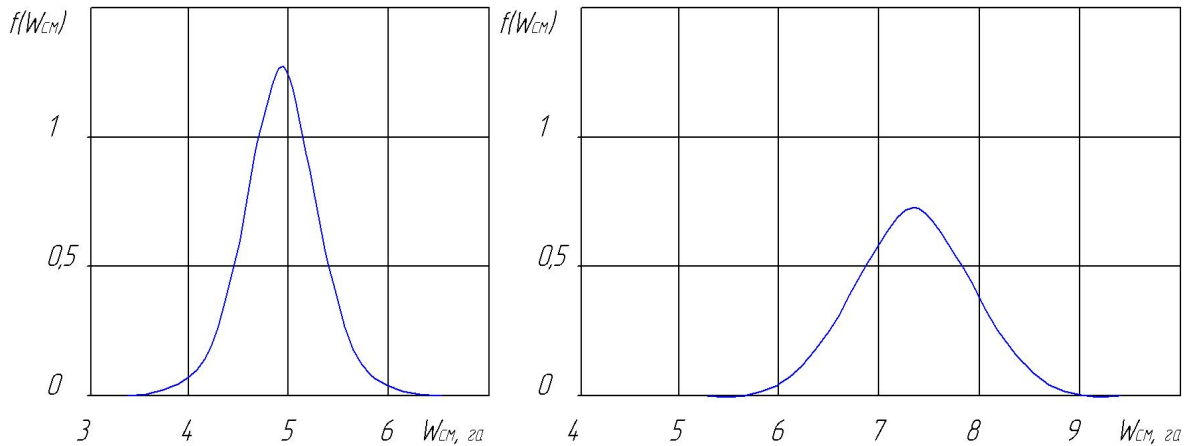


Рисунок 5 – Плотность вероятности сменной выработки при рабочих скоростях 4 и 7 км/ч

Если при рабочей скорости 4 км/ч математическое ожидание сменной выработки равно  $M_{W_{см}} = 4,9$  га, среднее квадратичное отклонение  $\sigma_{W_{см}} = 0,31$  га и коэффициент вариации  $V_{W_{см}} = 0,063$ , то при скорости 7 км/ч эти показатели соответственно равны 7,37 га, 0,55 га и 0,075.

Для оценки качественного функционирования МТА воспользуемся методикой профессора Н.И. Джабборова, в которой учитываются верхний или нижний допуски  $L_B$  и  $L_H$  на контролируемый параметр  $X$  (допустим, сменную выработку). Вводится коэффициент  $K$ , который является аналогом коэффициента вариации, только по отношению к одному из допусков параметра  $X$ . В данном случае номинальное значение параметра принимается за верхний его допуск, тогда

$$K_{XB} = \sigma_{XK} / L_B = \sigma_{XK} / W_{см}, \quad (20)$$

где  $\sigma_{XK}$  – среднее квадратичное отклонение сменной выработки, га/смен;  
 $W_{см}$  – сменная выработка, га/смен.

По Н.И. Джабборову, в нормативно-технической документации при оценке качества функционирования технических средств принимается  $K_{XB} = 0,167$ . По выражению (8) вычисляется номинальное значение сменной выработки (6,55 га/смен), а по выражению (20) – допускаемое значение её среднего квадратичного отклонения (1,09 га/смен). По выражению (19) вычисляется среднее квадратичное отклонение сменной выработки, сложившееся в реальных условиях (0,46 га/смен) и делается заключение о ка-

чественной работе агрегата, так как  $0,46 < 1,09$ . В противном случае надо было бы регулировать установочные параметры, то есть продолжительность непроизводительных остановок агрегата, как по их разбросу, так и по математическому ожиданию.

Аналогично можно вычислить показатель качественного функционирования агрегата по разбросу крутящего момента двигателя Д-243 ( $M_{ном} = 260,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ). Принимая номинальный параметр за его верхний допуск и используя рекомендуемый коэффициент  $K_{ХВ} = 0,167$ , получается допускаемое среднее квадратичное отклонение крутящего момента из-за колебаний нагрузки  $\sigma_M = 43,45 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

**В четвертом разделе «Программа и методика экспериментальных исследований»** описаны объекты исследования, изложены цели проведения опытов, их методика, и применяемые измерительные приборы. В опытах решались следующие задачи:

- проведение фотографии рабочего времени для определения основных показателей эксплуатационно-технологической оценки экспериментальных образцов двух машин в агрегате с трактором МТЗ-82.1;
- обобщение исследований по топливно-энергетической оценке технологий возделывания растений на повторных посевах;
- учет и оценка расхода и притока энергии на возделывание культур;
- проведение исследований по выявлению оптимальных эксплуатационных параметров агрегатов и вероятностно-статистических оценок агротехнических, энергетических и технико-экономических показателей;
- сравнительная оценка расчетных и экспериментальных данных;
- сравнительная оценка типовой и рекомендуемой технологий;

В процессе полевых исследований и обработки данных использовались современные приборы и оборудование: расходомер топлива марки ДРТ – ЛСХИ; весы электронные, сушильный шкаф СШ-3 ТУ 79, твердомер системы Ю.Ю. Ревякина, пенетромтр DISKEY-John, весы РП-100Ш-13 ГОСТ 11219, весы автомобильные РП-15Ш, секундомеры ручные двухстрелочные СДС-1-1-010, тензометрическое оборудование для измерения тягового усилия и крутящего момента, персональные компьютеры, а также ряд простейших инструментов для измерения линейных размеров.

Общий вид опытных агрегатов в работе и агрофон до и после работы показаны на рисунках 6-9.

Экспериментальные данные обрабатывались по Методике статистической обработки эмпирических данных (РТМ44-62), изложенной в работе: Валге А.М., Джабборов Н.И., Эвиев В.А. Основы статистической обработки экспериментальных данных при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства с примерами на STAT-GRAPHICS и EXCEL. – СПб-Элиста, 2015. – 140 с. и в методическом пособии д.т.н., проф. А.М. Валге Обработка данных в EXCEL на примерах. – СПб, 2010.



Рисунок 6 – Агрегат МТЗ-82.1 + КМ – 1,8 «Кишоварз» в работе



Рисунок 7 – Агрофон до (слева) и после (справа) работы агрегата

Эксплуатационно-технологическая оценка работы сельскохозяйственных агрегатов проводилась согласно ГОСТ Р 52778-2007 Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2007 и типовой технологии механизированных работ. При определении опти-



Рисунок 8 – Агрегат МТЗ-82.1+КМ-2,4 «Кишоварз»



Рисунок 9 – Работа по стерневому фону

мальных значений показателей МТА была использована программа для ЭВМ «Расчет и оптимизация энергетических параметров дизельных двигателей в составе МТА», разработанная в ФГБНУ «Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства» Россельхозакадемии (Свидетельство № 2010615019).

В качестве примера ниже приводим методику определения вероятностных оценок тягового усилия трактора МТЗ-82.1.

Если значение тягового усилия  $P_{кр}$  задано многозначными числами, а объем выборки  $N \geq 25$ , то расчеты производили путем введения новой случайной величины, равной:

$$P'_{кр} = (P_{кр} - P_{кр0})h^{-1}; \quad (21)$$

где  $P'_{кр}$  – новая случайная величина;

$P_{кpo}$  – середина средних значений тягового усилия  $P_{кр}$  трактора, кН;

$h$  – интервал (или класс), кН.

Интервал  $h$  вычисляется по формуле:

$$h = \frac{P_{KP.max} - P_{KP.min}}{K - 1}, \quad \text{кН}, \quad (22)$$

где  $P_{кp.max}$ ,  $P_{кp.min}$  – соответственно максимальное и минимальное значения тягового усилия трактора, кН;  $K$  – число интервалов.

Остальные вероятностно-статистические оценки энергетических или агротехнических параметров определялись по формулам:

- начальные моменты  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  и  $a_4$  случайной величины

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \sum m_i P'_{кр} / \sum m_i; \\ a_2 &= \sum m_i (P'_{кр})^2 / \sum m_i; \\ a_3 &= \sum m_i (P'_{кр})^3 / \sum m_i; \\ a_4 &= \sum m_i (P'_{кр})^4 / \sum m_i, \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

где  $\sum m_i$  – сумма эмпирических частот тягового усилия трактора;

- центральные моменты

$$\left. \begin{aligned} m_2 &= a_2 - a_1^2; \\ m_3 &= a_3 - 3 a_1 a_2 + 2 a_1^3; \\ m_4 &= a_4 - 4 a_1 a_3 + 6 a_1^2 a_2 - a_1^4. \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Среднее значение  $\overline{P_{кр}}$  и среднее квадратичное отклонение  $\sigma_p$  тягового усилия:

$$\left. \begin{aligned} \overline{P_{кр}} &= P_{кpo} + a_1 h; \quad \text{кН}; \\ \sigma_p &= h m_2^{1/2}; \quad \text{кН}. \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

Коэффициент вариации  $V_p$ :

$$v_p = \sigma_p / \overline{P_{кр}}. \quad (26)$$

Показатель асимметрии:

$$A_p = m_3 / (m_2^3)^{1/2}; \quad (27)$$

Эксцесс величины  $P_{кр}$ :

$$E_p = (m_4 / m_2^2) - 3. \quad (28)$$

Проверка соответствия эмпирического и теоретического распределений тягового усилия производилась по критерию  $\chi^2$ .

Была проведена апробация опытных посевов (рисунки 10 и 11).





Рисунок 10 – Состояние повторного посева пшеницы. Срок посева 15 мая 2012 года (Гиссарский район)



Рисунок 11 – Состояние посевов хлопчатника на 25 августа 2013 года (Гиссарский район)

**В пятом разделе «Результаты исследований и их анализ»** приведены сведения о разработанных комбинированных машинах, результаты их экспериментальных исследований и анализ полученных данных.

Нами разработаны и защищены патентами Республики Таджикистан способ одновременной обработки почвы и посева семян зерновых культур и комбинированный способ обработки почвы и посева пропашных культур. Эти способы включают применение разработанных нами комбинированных машин (рисунки 12 и 13). Комбинированная почвообрабатывающе-посевная машина КМ-1,8 за один проход выполняет 6 технологических операций: 1) безотвальную обработку почвы стрельчатыми лапами на глубину 18-20 см; 2) внесение минеральных удобрений на глубину до 20 см; 3) поверхностную обработку почвы фрезой на глубину 10-15 см; 4) выравнивание поверхности почвы; 5) посев семян на заданную глубину 2-8 см; 6) нарезку поливных борозд на глубину 8-12 см.

Комбинированная почвообрабатывающе-посевная машина КМ-2,4 за один проход выполняет 7 технологических операций: 1) безотвальную обработку почвы стрельчатыми лапами; 2) внесение минеральных удобрений на глубину до 20 см; 3) поверхностную обработку почвы фрезой; 4) выравнивание поверхности почвы; 5) посев семян; 6) нарезку поливных борозд; 7) внесение гербицидов на поверхность поля.

По средним оценкам, применение комбинированных машин и агрегатов, выполняющих за один проход несколько технологических операций,

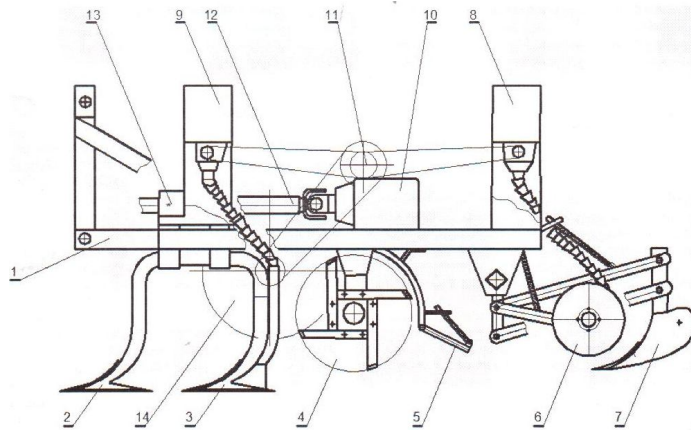


Рисунок 12 – Схема комбинированной машины КМ-1,8 «Кишоварз»: 1 – рама с навесным механизмом; 2 и 3 – культиваторные лапы; 4 – фреза; 5 – заравниватель; 6 – двухдисковые сошники; 7 – бороздорезы; 8 – бункер для семян; 9 – бункер для удобрений; 10 – конический редуктор; 11 – цепные передачи; 12 – карданный вал; 13 – промежуточная опора вала; 14 – опорно-приводное колесо

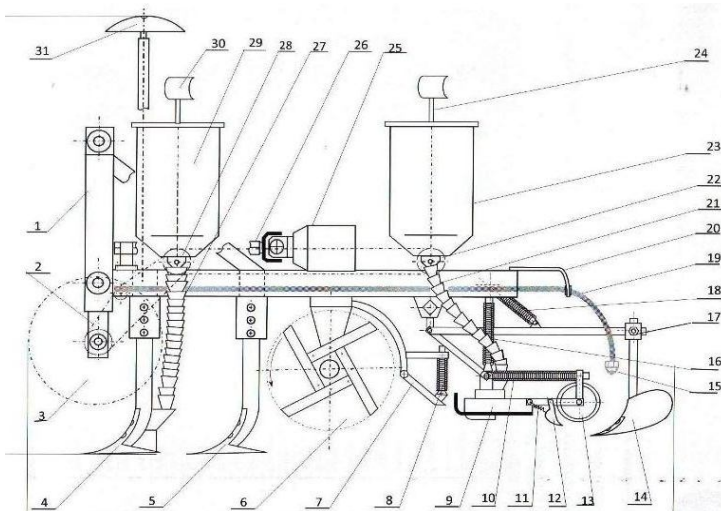


Рисунок 13 – Схема комбинированной машины КМ-2,4 «Кишоварз»: 1 – рама с навесным механизмом; 2 – регулировочная стойка; 3 – опорно-приводное колесо; 4 и 5 – культиваторные лапы; 6 – фреза; 7 – заравниватель; 8 и 18 – пружины; 9, 10, 11, 12, 13, 16 – сошниковая группа; 14 – бороздорез; 15 – распыливающий наконечник для внесения гербицидов; 17 – лаподержатель; 19 – трубопровод; 20 – кронштейн;

21 – семяпровод; 22 и 28 – высевальные аппараты; 23 – бункер для семян; 24 и 30 – указатели уровня; 25 – конический редуктор; 26 – карданный вал; 27 – тукопровод; 29 – бункер для удобрений; 31 – маркер

позволяет, по сравнению с однооперационными машинами, снизить затраты труда на 30-50 %, расход топлива на 10-30 %, удельную металлоемкость на 20-25 % и повысить урожай отдельных сельскохозяйственных культур на 10-15 %.

Поскольку обе разработанные машины выполняют несколько операций, а каждая из операций имеет от трёх до пяти показателей качества работы, потребовалось оптимизировать их число и балльную оценку применительно к комплексной операции, а для агрегатов ввести сбалансированную систему эксплуатационных показателей по критерию минимума энергоёмкости  $E_i \rightarrow \min$ . Полевые наблюдения за работой агрегатов показали, что при посеве зерновых культур достаточно семи, а для пропашных – восьми показателей с трёхбалльной оценкой качества. Для анализа энергетических затрат нами предложена сбалансированная система из восьми эксплуатационных параметров: производительность МТА, КПД трактора,



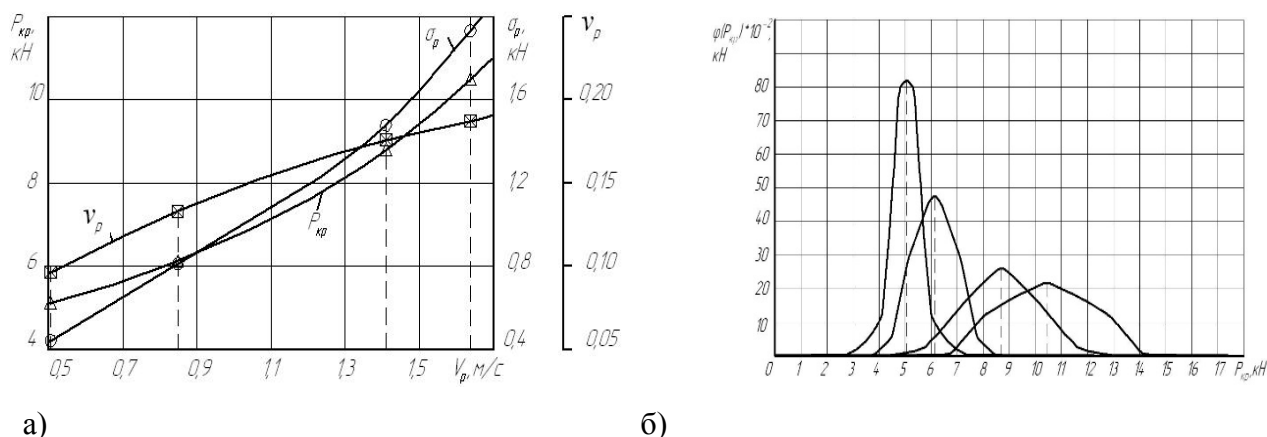
тяговая мощность трактора, эффективная мощность двигателя, часовой расход топлива, рабочая скорость движения, частота вращения коленчатого вала и крутящий момент двигателя. Это контролируемые эксплуатационные параметры, которые подлежат оптимизации на предмет достижения минимальных топливно-энергетических затрат технологического процесса.

В процессе работы все агротехнические показатели и эксплуатационные параметры неустойчивы из-за случайного характера нагрузки на тяговое средство. Анализ показывает, что характеристики рассеяния нагрузки являются неуправляемыми. При этом на оценочные показатели функционирования МТА можно наложить определенные ограничения, например, посредством обоснования оптимального значения среднего квадратичного отклонения и соответственно установленному допуску  $\Delta\sigma$  на точность настройки контролируемого параметра. На основе экспериментальных исследований нами были определены вероятностно-статистические оценки агротехнических, энергетических, технико-экономических параметров и показателей работы разработанных агрегатов.

#### Закономерности изменения эксплуатационных параметров почвообрабатывающе-посевных агрегатов

В качестве примера на рисунке 14 представлены зависимости вероятностных оценок тягового усилия  $P_{кр}$  трактора от скорости движения  $\bar{V}_p$  МТА МТЗ-82+КМ-1,8 (а) и плотности распределения вероятностей  $\varphi(P_{кр})$  параметра  $P_{кр}$ .

Как известно, качество работы фрезы определяется равномерностью обработки почвы по глубине (высоты гребней) так и степенью ее рыхления (толщиной стружки). В соответствии с агротехническими требованиями



а) б)  
Рисунок 14– Зависимости вероятностно-статистических оценок тягового усилия  $P_{кр}$  трактора от скорости движения  $\bar{V}_p$  МТА МТЗ-82+КМ-1,8 (а) и плотности распределения вероятностей  $\varphi(P_{кр})$  параметра  $P_{кр}$  (б)

$h \leq 0,2a$ , где  $a$  – максимальная глубина погружения ножа в почву. Анализ опытных данных показывает, что наибольшая степень рыхления почвы

(90,4%), и соответственно этому качественный посев семян достигается при скорости 1,2 м/с. Установлены зависимости производительности, удельного расхода топлива и энергоёмкости от скорости движения агрегата (рисунки 15-16).

На основании экспериментальных данных с использованием интерполяционной формулы Лагранжа установлены эмпирические зависимости эксплуатационных показателей от скорости движения МТА (таблицы 2-4).

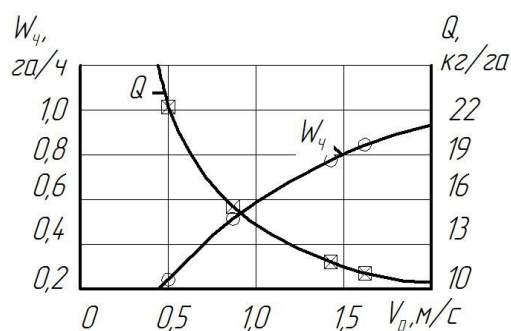


Рисунок 15 – Зависимости производительности и расхода топлива от скорости движения МТА МТЗ-82.1+КМ-1,8

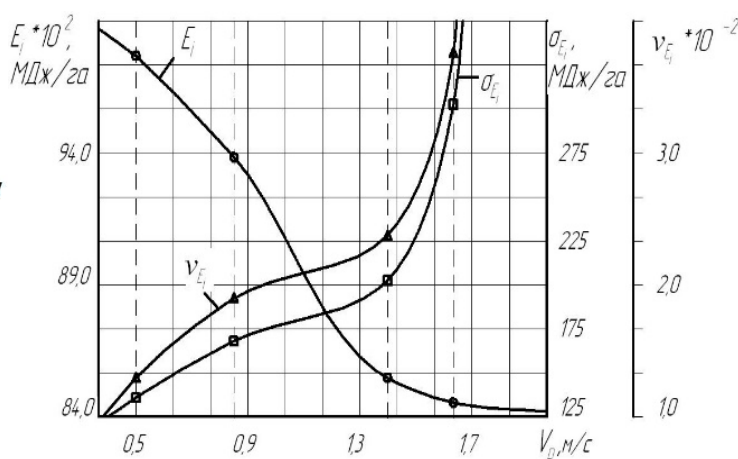


Рисунок 16 – Зависимости вероятностно-статистических оценок энергоёмкости от скорости движения МТА МТЗ-82.1+КМ-1,8

По результатам экспериментальных исследований были определены вероятностно-статистические оценки таких же показателей при работе другого агрегата, МТЗ-82.1+КМ-2,4, на посеве хлопчатника.

При исследовании глубины обработки почвы вероятность  $P(\chi^2)$  соответствия эмпирических и теоретических частот параметра  $h_{см}$  варьировалась в пределах 0,28-0,81, то есть колебания глубины обработки почвы не противоречат нормальному закону плотности распределения вероятности.

Таблица 2 – Эмпирические зависимости вероятностно-статистических оценок глубины обработки почвы и посева семян от скорости движения МТА МТЗ-82.1+КМ-1,8

Показатель	Вероятностные оценки	Расчетная формула
Глубина обработки почвы, $h_{см}$	$\bar{h}_{см}$ , см	$0,8302\bar{V}_p^2 - 3,994\bar{V}_p + 21,3118$
	$\sigma_{h_{см}}$ , см	$2,417\bar{V}_p^2 - 4,163\bar{V}_p + 2,522$
	$v_{h_{см}}$	$0,143\bar{V}_p^2 - 0,240\bar{V}_p + 0,138$
Глубина посева семян, $h_c^II$	$\bar{h}_c^II$ , см	$-1,5476\bar{V}_p^2 + 2,5792\bar{V}_p + 6,0901$
	$\sigma_{h_c^II}$ , см	$0,040\bar{V}_p^2 + 0,092\bar{V}_p + 0,230$
	$v_{h_c^II}$	$0,027\bar{V}_p^2 - 0,024\bar{V}_p + 0,046$

Таблица 3 – Эмпирические зависимости вероятностно-статистических оценок тягового усилия  $P_{кр}$  и тяговой мощности  $N_{кр}$  от скорости движения  $V_p$  МТА МТЗ-82.1 + КМ-1,8

Показатель		Вероятностные оценки	Расчетная формула
Тяговое усилие $P_{кр}$ трактора		$\bar{P}_{кр}$ , кН	$3,5940\bar{V}_p^2 - 3,6150\bar{V}_p + 6,6678$
		$\sigma_{P_{кр}}$ , кН	$0,8679\bar{V}_p^2 - 0,7984\bar{V}_p + 0,8822$
		$v_{P_{кр}}$	$-0,0084\bar{V}_p^2 + 0,0832\bar{V}_p + 0,0692$
Тяговая мощность $N_{кр}$ трактора		$\bar{N}_{кр}$ , кВт	$10,4553\bar{V}_p^2 - 11,1252\bar{V}_p + 7,1904$
		$\sigma_{N_{кр}}$ , кВт	$1,6406\bar{V}_p^2 - 1,2222\bar{V}_p + 0,3417$
		$v_{N_{кр}}$	$-0,0920\bar{V}_p^2 + 0,3158\bar{V}_p - 0,1093$

Таблица 4 – Эмпирические зависимости степени рыхления  $K_o$  почвы и вероятностно-статистических показателей производительности и энергоёмкости технологического процесса  $E_i$  от скорости движения МТА МТЗ-82.1+КМ-1,8

Показатель	Вероятностные оценки	Расчетная формула
Производительность агрегата, $W_q$	$\bar{W}_q$ , га/ч	$0,0182\bar{V}_p^2 + 0,5443\bar{V}_p + 0,0113$
	$\sigma_{W_q}$ , га/ч	$0,0254\bar{V}_p^2 - 0,0143\bar{V}_p + 0,0083$
	$v_{W_q}$	$0,0144\bar{V}_p^2 - 0,0002\bar{V}_p + 0,0257$
Энергоёмкость технологического процесса, $E_i$	$\bar{E}_i$ , МДж/га	$667,970\bar{V}_p^2 - 2592,857\bar{V}_p + 10887,747$
	$\sigma_{E_i}$ , МДж/га	$342,799\bar{V}_p^2 - 569,934\bar{V}_p + 327,523$
	$v_{E_i}$	$0,0404\bar{V}_p^2 - 0,0653\bar{V}_p + 0,0357$
Степень рыхления, $K_o$	$K_o$ , %	$-72,356\bar{V}_p^2 + 175,437\bar{V}_p - 15,914$

С повышением скорости движения  $\bar{V}_p$  МТА МТЗ-82.1+КМ-2,4 от 0,90 до 1,97 м/с степень рыхления почвы изменялась в пределах 77,6 – 88,4 %. Наибольшая степень рыхления почвы соответствует скорости движения агрегата  $\bar{V}_p = 1,52$  м/с. По аналогии с агрегатом МТЗ-82.1+КМ-1,8 установлены эмпирические зависимости показателей работы агрегата МТЗ-82.1+КМ-2,4 от скорости движения. При этом фактор скорости изменялся в диапазоне  $\bar{V}_p = 0,90 - 1,97$  м/с. Результаты вычислений (таблица 5) не противоречат данным хронометража при посеве пшеницы и хлопчатника, который показал удельный расход топлива на единицу выполненной работы соответственно 11,1 кг/га и 8,3 кг/га, коэффициент надежности технологического процесса 0,95 и 0,96, а затраты труда – 3,17 и 1,71 чел.-час/га.

Обоснованные **оптимальные значения** эксплуатационных показателей и уровни их реализации при различных значениях меры рассеяния нагрузки агрегата МТЗ-82.1+КМ-1,8, а также эмпирические зависимости для их определения представлены в таблицах 6-8.

На основе экспериментальных исследований были установлены оптимальные значения установочных **допусков** на уровень настройки экс-

платационных параметров агрегата МТЗ-82.1+КМ-1,8 «Кишоварз». Эмпирические зависимости для их определения приведены в таблице 9. Эксплуатационные допуски необходимы для непрерывного контроля, оценки стабильности энергетических и технико-экономических параметров и эффективности функционирования агрегата.

Нами были разработаны новые технологические карты с расчетом энергетических затрат. В таблице 10 приведена структура топливно-энергетических затрат на производство пшеницы на повторных посевах по рекомендуемой энергосберегающей технологии на поливных землях.

Таблица 5 – Показатели работы агрегатов МТЗ-82.1 + КМ-1,8 и МТЗ-82.1 + КМ-2,4 (агрофон – стерня зерновых колосовых)

Показатели	Значение показателей	
	МТЗ-82.1 + КМ-1,8 (посев пшеницы)	МТЗ-82.1 + КМ-2,4 (посев хлопчатника)
Производительность, га/ч:		
– основного времени	0,84	1,56
– технологического времени	0,72	1,50
– сменного времени	0,63	1,17
– эксплуатационного времени	0,61	1,10
Удельный расход топлива, кг/га:	11,10	8,30
Обслуживающий персонал, чел:	2	2
Затраты труда, чел.-час/га	3,175	1,71
Коэфф. рабочих ходов	0,83	0,85
Коэфф. надежности технологич. процесса	0,95	0,96
Коэфф. использования технологич. времени	0,87	0,87
Коэфф. использования сменного времени	0,75	0,75

Таблица 6 – Эмпирические зависимости для определения оптимальных значений эксплуатационных показателей МТА МТЗ-82.1 + КМ-1,8, соответствующие критериям качества работы и минимуму энергоемкости технологического процесса  $\bar{E}_i^* \rightarrow \min$

Эксплуатационный показатель	Расчетная формула (при изменении меры рассеяния нагрузки $0 \leq V_m \leq 0,33$ )
$\bar{W}_q^*$ , га/ч	$-0,0292v_m^2 - 0,3975v_m + 0,7672$
$\eta_T^*$	$-1,4173v_m^2 + 0,7114v_m + 0,4307$
$N_{кр}^* + N_{ВОМ}$ , кВт	$-91,1602v_m^2 + 19,2186v_m + 26,1328$
$\bar{N}_e^*$ , кВт	$8,0390v_m^2 - 50,5812v_m + 60,5228$
$\bar{G}_T^*$ , кг/ч	$10,9334v_m^2 - 11,1857v_m + 13,1131$
$\bar{V}_p^*$ , м/с	$-0,0601v_m^2 - 0,8183v_m + 1,5783$
$\bar{n}_d^*$ , мин <sup>-1</sup>	$8148,1615v_m^2 - 3095,3737v_m + 2294,2833$
$\bar{M}_k^*$ , Н.м	$-10829546v_m^2 + 229,9053v_m + 247,2383$

Таблица 7 – Эмпирические зависимости оптимальных значений степени использования показателей МТА МТЗ-82.1 + КМ-1,8 при коэффициенте вариации нагрузки  $0 \leq V_M \leq 0,33$

Степень использования показателя	Расчетная формула
$\lambda_{\bar{W}_ч}^*$	$-0,1812v_M^2 - 0,4666v_M + 0,9930$
$\lambda_{\eta_T}^*$	$-2,2683v_M^2 + 1,1266v_M + 0,6601$
$\lambda_{\bar{N}_{кр} + \bar{N}_{ВОМ}}^*$	$-3,1117v_M^2 + 0,6469v_M + 0,9097$
$\lambda_{\bar{N}_e}^*$	$0,0859v_M^2 - 0,8310v_M + 1,0084$
$\lambda_{\bar{G}_T}^*$	$1,3226v_M^2 - 0,9973v_M + 0,9817$
$\lambda_{\bar{V}_p}^*$	$0,0335v_M^2 - 0,5441v_M + 1,0009$
$\lambda_{n_d}^*$	$3,7885v_M^2 - 1,4352v_M + 1,0450$
$\lambda_{M_k}^*$	$-4,0521v_M^2 + 0,8464v_M + 0,9537$

Таблица 8 – Оптимальные значения эксплуатационных показателей МТА МТЗ-82.1 + КМ-1,8 и МТЗ-82.1 + КМ-2,4, соответствующие критериям качества технологического процесса и минимуму энергоемкости технологического процесса (для конкретных условий работы при  $v_M = 0,157$ )

Эксплуатационные показатели	Оптимальные значения показателей	
	МТЗ-82.1 + КМ-1,8	МТЗ-82.1 + КМ-2,4
1	2	3
Производительность $\bar{W}_ч$ агрегата, га/ч	0,69	1,05
КПД $\eta_T$ трактора	0,51 <sup>*)</sup>	0,60 <sup>*)</sup>
Тяговая мощность $N_{кр}$ трактора, кВт	9,0	15,55
Эффективная мощность $N_e$ двигателя, кВт	52,82	52,80
Часовой расход $G_T$ топлива двигателя, кг/ч	11,64	12,70
Скорость движения $V_p$ МТА, м/с	1,2	1,52
Частота вращения $n_d$ вала двигателя, мин <sup>-1</sup>	2022	2020,0
Крутящий момент $M_k$ двигателя, Н.м	255,43	260,30
Тяговое усилие $P_{кр}$ трактора, кН	7,5	10,23

\*) – КПД трактора определяется по формуле:  $\eta_T = (\bar{N}_{кр}^* + \bar{N}_{ВОМ}^*) / \bar{N}_e^*$ , где  $\bar{N}_{ВОМ}^*$  – мощность, затрачиваемая на работу фрезы, кВт.

Таблица 9 – Эмпирические зависимости для определения оптимальных значений установочных допусков на уровень настройки энергетических параметров и технико-экономических показателей МТЗ-82.1+КМ-1,8 при коэффициенте вариации нагрузки  $0 \leq V_M \leq 0,33$

Эксплуатационный допуск	Единица измерения	Расчетная формула
$\Delta_{\bar{W}_ч}^*$	га/ч	$-0,0286v_M^2 + 0,4239v_M$
$\Delta_{\eta_T}^*$	-	$-3,2411v_M^2 + 1,3796v_M$
$\Delta_{\bar{N}_{кр.л} + \bar{N}_{вом}}^*$	кВт	$2,2955v_M^2 + 11,5089v_M$
$\Delta_{\bar{N}_e}^*$	кВт	$1,9174v_M^2 + 45,6678v_M$

Окончание таблицы 9

Эксплуатационный допуск	Единица измерения	Расчётная формула
$\Delta_{\bar{G}_T}^*$	кг/ч	$-14,6959v_M^2 + 14,0949v_M$
$\Delta_{\bar{V}_P}^*$	м/с	$-0,209v_M^2 + 0,8478v_M$
$\Delta_{\bar{n}_0}^*$	мин <sup>-1</sup>	$-40382710v_M^2 + 18468463v_M$
$\Delta_{\bar{M}_K}^*$	Нм	$5131883v_M^2 - 57,678v_M$

Таблица 10 – Структура топливно-энергетических затрат на производство пшеницы на повторных посевах по рекомендуемой энергосберегающей технологии на поливных землях (урожайность: зерна 35-38 ц/га; соломы 50-52 ц/га)

Показатели	Посевной период	Период ухода за посевами	Уборочный период	Всего затрат энергии на производство пшеницы	
				МДж	%
Прямые затраты энергии (по расходу топлива)	655,69	763,50	879,08	2298,27	10,68
Косвенные затраты	8082,51	7417,60	3720,7	19220,81	89,32
Неучтенные затраты 10 %	87,38	171,98	46,00	305,36	-
Итого затрат энергии:	8825,58	17370,68	4645,78	21824,44	-

**В шестом разделе «Технико-экономическая оценка эффективности результатов исследований»** определена экономия энергетических затрат при выполнении рекомендуемой технологии комбинированного посева с применением разработанных почвообрабатывающе-посевных комплексов (таблица 11). Экономия энергозатрат обеспечивает не только комбинирование операций, но и работа агрегата с оптимальным коэффициентом нагрузки двигателя (таблица 12).

Внедрение рекомендуемой технологии повторного посева с использованием комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата МТЗ-82.1+КМ-1,8 «Кишоварз» обеспечивает экономию энергии в размере 903,1 МДж на 1 га по сравнению с типовой технологией. Размер энергетического эффекта от реализации оптимальных режимов работы по сравнению с нормативными данными составляет 774,84 МДж на 1 агрегат.

Годовой энергетический эффект от реализации оптимальных и допускаемых режимов работы комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов МТЗ-82.1+КМ-1,8 «Кишоварз» и КМ-2,4 «Кишоварз» составляет 74777-85600 МДж на 1 агрегат.

Преимущество предлагаемой технологии проявляется и в удельных энергетических затратах на производство пшеницы (таблица 13).

Таблица 11 – Прямые топливно-энергетические затраты и энергоемкость процессов по типовой и рекомендуемой технологиям повторного посева зерновых культур

Технологический процесс, МТА	Прямые топливно-энергетические затраты $\bar{E}_T$ , МДж/га	Полные топливно-энергетические затраты $\bar{E}_i$ , МДж/га
По типовой технологии		
Пахота Т-4А+ПЯ-3-35	1594,17	1994,51
Разравнивание свальных гребней и развальных борозд Т-4А+ГН-2,8	98,02	124,85
Дискование Т-4А+БДТ-3	469,03	661,28
Предпосевная культивация МТЗ-82.1-+КПС-4+БЗТС-1,0	231,88	305,34
Посев с внесением минеральных удобрений и нарезкой полевых борозд МТЗ-82.1+СЗ-3,6	232,40	6555,32
Всего	2625,51	9641,31
По рекомендуемой технологии		
Обработка почвы, внесение минеральных удобрений, посев, нарезка полевых борозд МТЗ-82.1 + КМ-1,8 «Кишоварз»	655,69	8738,20
Всего	655,69	8738,20

Таблица 12 – Показатели энергетической эффективности применения оптимального режима работы агрегата МТЗ-82.1+КМ-1,8 «Кишоварз»

МТА	$\bar{W}_q^*$ , га/ч	$\bar{E}_i^*$ , МДж/га	$\bar{E}_T^*$ , МДж/агр.
МТЗ-82.1+КМ+1,8 «Кишоварз»	0,660*	8567,511	-
	0,690**	8558,153	774,842

\*) - базовый вариант при  $\lambda_{M_k}^* = 0,850$  (ГОСТ7057-81).  
 \*\*) – рекомендуемый вариант  $\lambda_{M_k}^* = 0,981$  при коэффициенте вариации нагрузки  $v_m = 0,167$

Таблица 13 – Удельные энергетические затраты на производство пшеницы по типовой и рекомендуемой технологиям (МДж/центнер) на повторных посевах

Энергетические затраты	Типовая технология	Рекомендуемая технология
Удельные прямые затраты	142,27	60,48
Удельные косвенные затраты	658,47	505,81
Удельные совокупные затраты (с учетом 10 % неучтенных затрат)	808,75	574,33

Рекомендуемая технология возделывания пшеницы на повторных посевах обеспечивает снижение удельных энергетических затрат с 808,75 МДж/ц до 574,33 МДж/ц, то есть на 28-29 % по сравнению с типовой технологией.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании анализа природно-климатических условий Республики Таджикистан выявлены резервы увеличения производства продукции земледелия, заключающиеся в возможности введения в севооборот повторного посева на площади более 130 тыс. га, и выбраны культуры, наиболее приспособленные к условиям повторного посева. В целях уменьшения затрат энергии и улучшения качества полевых работ обоснована необходимость создания комбинированных агрегатов по обработке почвы и одновременному посеву, которые уменьшат число проходов техники по полю и сократят сроки проведения повторного посева.

2. Усовершенствована методика оценки эффективности и составления сбалансированной системы эксплуатационных параметров и показателей оценки эффективности комбинированных агрегатов, которая реализует следующие принципы анализа производственного процесса:

- математические выражения для вычисления главного критерия эффективности, показателей затрат энергии и других технико-экономических показателей выведены с учётом меры рассеяния внешней нагрузки, и их оптимизация производится с учетом качества технологических операций;

- обоснование оптимальных значений целевой функции (критериев оптимизации) производится с учетом их структуры с выявлением наиболее напряженных составляющих, что необходимо для выявления возможных путей экономии энергии;

- методика учитывает случайность рассеивающих факторов, под действием которых контролируемые параметры работы почвообрабатывающе-посевных агрегатов изменяются по нормальному закону плотности вероятности случайной величины. Качество функционирования оценивается по среднему квадратичному отклонению контролируемого параметра в сравнении с допуском, которое равно допуску на параметр, умноженному на коэффициент  $K_{XB}=0,167$ .

3. Разработанный на уровне изобретения комбинированный способ обработки почвы и посева основан на реализации возможности одновременного выполнения шести-семи технологических операций с существенной экономией рабочего времени и лучшим использованием почвенной влаги, а создание новых комбинированных агрегатов, защищённых патентами республики Таджикистан, выполнено по наиболее важным научным принципам:

- принципу экономии энергии в технологических процессах и операциях;

- принципу повышения энергоэффективности технических средств и технологических материалов;

- принципу выбора оптимальной структуры технологии.

4. Предложенная методика расчета оптимальных параметров и режимов работы комбинированных почвообрабатывающе-посевных ком-



плексов учитывает случайные изменения нагрузки на агрегаты, распределённые по закону нормальной плотности случайной величины (закону Гаусса), использует сбалансированную систему агротехнических показателей, адаптированную к комбинированным агрегатам, и предполагает оценку качества работы по допускаемому разбросу значений контролируемого параметра.

5. При рабочей скорости движения комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата МТЗ-82.1+КМ-1,8 от 0,51 до 1,64 м/с среднее квадратичное отклонение глубины обработки почвы не превышает 2,20 см по сравнению с допускаемым, равным 3,34 см. В опытах с агрегатом МТЗ-82.1+КМ-2,4 «Кишоварз» при скорости движения от 0,90 до 1,97 м/с среднее квадратичное отклонение глубины обработки почвы не превышает 1,12 см, что свидетельствует о качественной работе агрегатов по показателю стабильности глубины обработки. Аналогично определено высокое качество работы по тяговому усилию трактора, тяговой мощности трактора, производительности агрегата, энергоёмкости технологических процессов по комбинированному посеву зерновых и пропашных культур обоими агрегатами. Методика предусматривает разработанную систему визуализации выполнения технологического процесса в форме карт, наглядно поясняющих ход выполнения и облегчающих контроль проведения полевых работ.

6. На основании экспериментальных данных при комбинированном посеве зерновых и пропашных культур по предложенной технологии, а также технических характеристик применяемых тракторов и их двигателей составлены эмпирические уравнения контролируемых эксплуатационных и агротехнических показателей в условиях случайного характера изменений скорости движения. Эмпирические выражения по критерию согласия Пирсона  $\chi^2$  не противоречат теоретическим зависимостям и позволяют выбрать оптимальные режимы по критериям минимума энергозатрат и высокого качества проведения операции.

7. Определены оптимальные значения и составлены расчётные формулы для вычисления установочных допусков на энергетические параметры, выбираемые для эффективной работы, и технико-экономические показатели работы обоих комбинированных агрегатов, соответствующих минимуму энергоёмкости и критерию качества работы при изменении коэффициента вариации нагрузки. Оптимальное значение энергоёмкости технологического процесса, выполняемого агрегатом МТЗ-82.1+КМ-1,8 «Кишоварз», равно 8738,2 МДж/га, КПД трактора равен 0,52. При максимально возможном КПД, равном 0,65, энергоёмкость может понизиться до 7602,0 МДж/га. Коэффициент энергетической эффективности агрегата равен 0,87.

8. При выращивании пшеницы по традиционной технологии прямые энергетические затраты, выраженные расходом топлива, равны 4268 МДж

на 1 га посевов, что составляет 17,77 % от совокупных энергетических затрат. Полные затраты, включая косвенные, составляют 24262 МДж/га. По предлагаемой технологии прямые энергетические затраты равны 2298 МДж/га, что составляет 10,68 % от совокупных энергетических затрат. Полные затраты, включая косвенные, составляют 21824 МДж/га. При этом урожайность зерна повышается с 30 до 35-38 ц/га. Таким образом, предлагаемая технология и разработанные почвообрабатывающе-посевные машины обеспечивают уменьшение прямых энергозатрат на 46%, полных затрат – на 10% и прирост урожая за счёт лучшего качества работ – на 16-26 %.

9. С учётом прироста урожайности за счёт улучшения качества работ в оптимальные агротехнические сроки рекомендуемая технология возделывания пшеницы на повторных посевах обеспечивает снижение удельных энергетических затрат с 808,75 МДж/ц до 574,33 МДж/ц, то есть на 28-29 % по сравнению с типовой технологией. Реализация оптимальных режимов работы комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата МТЗ-82.1+КМ-1,8 «Кишоварз» позволяет получить дополнительный энергетический эффект в размере 774,8 МДж на один агрегат. В целом реализация оптимальных и допускаемых режимов работы комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов МТЗ-82.1+КМ-1,8 «Кишоварз» и КМ-2,4 «Кишоварз» обеспечивает получение годового энергетического эффекта в размере 74777-85600 МДж на 1 гектар.

#### **Возможное направление дальнейших исследований**

Разработка автоматизированного рабочего места (АРМ) с пакетом компьютерных программ для проектирования технических средств, обеспечивающих энергоэффективность технологических процессов и технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях орошаемого земледелия Таджикистана. Уточнение нормы потребности отрасли растениеводства в комбинированных многооперационных машинах, а также нормы их выработки и расхода топлива с учетом почвенно-рельефных и климатических условий их функционирования.

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **Статьи в рецензируемых научных изданиях**

1. Джабборов Н.И. Оценка эффективности работы сельскохозяйственных агрегатов / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 10. – С.26-27.
2. Джабборов Н.И. Обоснование параметров почвообрабатывающего органа комбинированной машины КМ-2.4 / Н.И.Джабборов [и др.] // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2009. – №2. – С.29-32.
3. Джабборов Н.И. Оценка эффективного и качественного функционирования машинно-тракторных агрегатов / Н.И. Джабборов, Б.Р.Ахмадов, А.М. Дементьев //

Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2011. – №2. – С.27-29.

4. Ахмадов Б.Р. Результаты предварительных испытаний и показатели эксплуатационно-технологической оценки работы комбинированной почвообрабатывающе-посевной машины КМ-1.8 «Кишоварз» в агрегате трактором тягового класса 1,4 / Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Ходжиев // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2011. – № 3. – С.29-31.

5. Ахмадов Б.Р. Вероятностно-статистическая оценка агротехнических и технико-экономических показателей МТА с тракторами касса 1,4 / Б.Р. Ахмадов [и др.] // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2011. – № 4. – С. 39-41.

6. Джабборов Н.И. Сравнительная оценка эффективности сельскохозяйственных агрегатов Т-150К+КПП-2-150 И К-3180 АТМ+КПП-2-150 для плоскорезной обработки почвы / Н.И. Джабборов [и др.] // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2012. – № 3. – С.29-31.

7. Джабборов Н.И. Топливо-энергетическая оценка работы комбинированного почвообрабатывающего посевного агрегата МТЗ-82.1+КМ-1.8 «Кишоварз» / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Хаджиев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 5. – С. 41-43.

8. Норов М.С. Выращивание промежуточных культур в смеси на орошаемых землях центрального Таджикистана / М.С. Норов, Б.Р. Ахмадов, С.С. Юнусов // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2012. – № 4. – С. 6-7.

9. Джабборов Н.И. Градация скоростных и нагрузочных режимов работы МТА по тяговому КПД трактора / Н.И. Джабборов [и др.] // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2012. – № 4. – С. 33-36.

10. Ахмадов Б.Р. Оптимальные режимы работы почвообрабатывающего посевного агрегата / Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Хаджиев // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 1. – С. 28-29.

11. Ахмадов Б.Р. Эксплуатационные допуски для оценки эффективности функционирования МТА КМ -1,8 «Кишоварз» / Б.Р. Ахмадов, Н.И. Джабборов // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2013. – № 1. – С. 21-23.

12. Джабборов Н.И. Методика разработки карт потока производства технологических процессов / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов, Д.С. Федыкин // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук.– Выпуск № 2. – Душанбе, 2013. – С. 59-63.

13. Джабборов Н.И. Повышение уровня механизации повторного посева сельскохозяйственных культур в Таджикистане / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Хаджиев // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2013. – № 2. – С. 28-30.

14. Ахмадов Б.Р. Вероятностно-статистическая оценка агротехнических показателей комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата МТЗ-82.1+КМ-2.4 «Кишоварз» / Б.Р. Ахмадов, Н.И. Джабборов // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2013. – № 3. – С. 22-24.

15. Джабборов Н.И. Оценка энергетических и технико-экономических показателей комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата МТЗ-82.1+КМ-2.4 «Кишоварз» / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2013. – № 3. – С. 29-32.

16. Джабборов Н.И. Разработка энергоэффективных сельскохозяйственных агрегатов с учетом их динамических характеристик / Н.И. Джабборов, А.В. Добринов, Б.Р. Ахмадов // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2014. – № 2. – С. 38-40.

17. Юнусова С.С. Особенности формирования урожая рапсо-ржаной смеси при внесении минеральных удобрений / С.С. Юнусов, Б.Р. Ахмадов, М.С. Норов // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2014. – № 2. – С. 74-75.

18. Джабборов Н.И. Критерии оценки и основы повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов, М. Сафаров // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. – № 1. – Душанбе, 2014. – С. 33-36.

19. Джабборов Н.И. Обеспечение энергосбережения в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в пожнивных посевах / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов, М. Сафаров // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2014. – № 4. – С. 21-23.

#### **Монографии, учебные пособия**

20. Ахмадов Б.Р. Техничко-технологические основы повышения эффективности возделывания сельскохозяйственных культур в повторных посевах / Б.Р. Ахмадов. – Душанбе, издательство «Ирфон», 2015. – 216 с.

21. Кароматуллоев Э.С. Сборник задач по эксплуатации машинно-тракторного парка. Учебное пособие / Э.С. Кароматуллоев, Б.Р. Ахмадов. – Душанбе: «Балогат», 2014, – 100 с.

22. Ахмадов Б.Р. Основы научно-практической механизации сельского хозяйства. Учебное пособие / Б.Р. Ахмадов [и др.]. – Душанбе, издательство «Сабрина», 2011. – 890 с. (на таджикском языке).

23. Ахмадов Б.Р. Методические указания для выполнению и организации магистерской диссертации. Учебное пособие / Б.Р. Ахмадов. – Душанбе, изд-во «Ирфон», 2014. – 48 с.

#### **Патенты**

24. Саттори И. Комбинированная машина КМ-1,8 «Кишоварз» для поверхностной обработки почвы и посева зерновых культур / И. Саттори, Б.Р. Ахмадов [и др.]. – Республика Таджикистан, Государственное патентное ведомство. Патент № ТЈ-429 от 31.05.2011. Заявка № 1000547 от 28.12.2010.

25. Саттори И. Способ одновременной обработки почвы и посева зерновых культур / И. Саттори, Б.Р. Ахмадов, М. Сафаров. – Республика Таджикистан, Государственное патентное ведомство. Патент № ТЈ-431 от 31.05.2011, заявка № 1000548 от 28.12.2010.

26. Саттори И. Комбинированная машина КМ-2,4 «Кишоварз» для поверхностной обработки почвы и посева пропашных культур / И. Саттори, Б.Р. Ахмадов, М. Сафаров. – Республика Таджикистан, Государственное патентное ведомство. Патент № ТЈ-572 от 10.07.2013, заявка № 1200721 от 18.04.2012.

27. Саттори И. Комбинированный способ обработки почвы и посева пропашных культур / И. Саттори, Б.Р. Ахмадов, М. Сафаров. – Республика Таджикистан, Государственное патентное ведомство. Патент № ТЈ-571 от 10.07.2013, заявка № 1200720 от 18.04.2012.

**Статьи в сборниках трудов, материалах международных конференций**

28. Ахмадов Б.Р. Контроль качества работы комбинированного агрегата Т-4А+КМ-2,4 посредством допусков на агротехнические параметры / Б.Р. Ахмадов. – Материалы научно-практической конференции «Модель круглогодичного сельскохозяйственного производства», часть 1, Таджикский НИИЭИОСХП. – Душанбе, 2006. – С. 126-129.

29. Джабборов Н.И. Энергетическая эффективность применения комбинированной машины КМ-2,4 для обработки почвы и нарезки гряд / Н.И. Джабборов, Д.Х. Мирракидов, Б.Р. Ахмадов. – Информ. листок НПИ Центра Республики Таджикистан, № 2, серия 68-85. – Душанбе, 2006. – 4 с.

30. Джабборов Н.И. Методика определения зоны эффективного и качественного функционирования МТА / Н.И. Джабборов [и др.]. – Информ. листок НПИ Центра Республики Таджикистан, № 5, серия 68-85. – Душанбе, 2006. – 6 с.

31. Джабборов Н.И. Энергетическая и экономическая эффективность использования комбинированного агрегата Т-4А+КМ-2,4 для обработки почвы и нарезки гряд / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов. – Материалы научно-практической конференции «Модель круглогодичного сельскохозяйственного производства», часть 2, Таджикский НИИЭИОСХП. – Душанбе, 2006. – С. 99-102.

32. Джабборов Н.И. Вероятностно-статические оценки и эксплуатационные допуски энергетических и технико-экономических параметров МТА Т-4А+КМ-2,4 / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов. – Материалы науч.-практич. конф. «Модель круглогодичного сельскохозяйственного производства», часть 2, Таджикский НИИЭИОСХП. – Душанбе, 2006. – С. 188-192.

33. Джабборов Н.И. Оценка эффективности функционирования комбинированного МТА Т-4А+КМ-2,4 для обработки почвы и нарезки гряд за счет реализации эксплуатационных допусков на его энергетические и технико-экономические параметры / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2006. – № 2. – С. 23-27.

34. Ахмадов Б.Р. Определение установочных допусков на уровень настройки технико-экономических параметров МТА с учетом рельефа, высоты над уровнем моря и конфигурации полей / Б.Р. Ахмадов. – Депонирована в НПИ Центра Республики Таджикистан, № 23. – Душанбе, 2006. – 8 с.

35. Джабборов Н.И. Вероятностные оценки и законы распределения эксплуатационных параметров комбинированного агрегата Т-4А-КМ-2,4 / Н.И. Джабборов [и др.] // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2008. – № 3. – С. 32-35.

36. Джабборов Н.И. Обоснование параметров почвообрабатывающего органа комбинированной машины КМ-2,4 / Н.И. Джабборов [и др.] // Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец») Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур. – 2009. – № 2. – С. 29-32.

37. Саттори И. Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе / И. Саттори, Б.Р. Ахмадов, М. Сафаров. – Сборник научных статей 5-й Международной научно-практической конференции. Часть 2. – Минск, 2011. – С. 10-13.

38. Джабборов Н.И. Техничко-экономические показатели работы комбинированного агрегата для обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур / Н.И.

Джабборов, Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Хаджиев. – Материалы Международной научно–практической конференции «Продовольственная безопасность, состояние и перспективы», посвященной 20-летию Независимости Республики Таджикистан и 80-летию Таджикского аграрного университета имени Ш. Шотемур, – Душанбе, 2011. – С. 671-674.

39. Ахмадов Б.Р. Оптимальные режимы работы почвообрабатывающего посевного агрегата МТЗ-82.1+КМ-1.8 «Кишоварз» / Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Хаджиев. – Материалы Международной научно–практической конференции «Эффективное использование биоклиматических факторов, при выращивании сельскохозяйственных культур на пахотных землях», посвященной 20-летию XVI сессии Шурои Оли Республики Таджикистан и 15-летию Национального примирения. Таджикский аграрный университет имени Шириншох Шотемур. – Душанбе. – 31 марта 2012. – С. 284-288.

40. Сафаров М. Ротационные рабочие органы в почвообрабатывающе-посевной машине / М. Сафаров, Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Хаджиев. – Материалы Международной научно–практической конференции «Актуальные проблемы, перспективы развития сельского хозяйства для обеспечения продовольственной безопасности Таджикистана», ТАСХН, Институт земледелия, – Душанбе. – 18-19 сентября 2012. – С. 83-85.

41. Ахмадов Б.Р. Способ одновременной обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур / Б.Р. Ахмадов, М. Сафаров, С. Юнусова. – Материалы Международной научно–практической конференции «Актуальные проблемы, перспективы развития сельского хозяйства для обеспечения продовольственной безопасности Таджикистана», ТАСХН, Институт земледелия, 18-19 сентября 2012 – Душанбе, 2012. – С. 334-336.

42. Джабборов Н.И. Номограмма для определения твердости почвы по результатам измерений посредством пенетрометра DICKEY-john / Н.И. Джабборов, Б.Р. Ахмадов, Д.С. Федькин. – Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы, перспективы развития сельского хозяйства для обеспечения продовольственной безопасности Таджикистана», посвященной 80-летию образования Института земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук и 20-летию XVI-й сессии Верховного Совета Республики Таджикистан, том VII. – Душанбе. – 18-19 сентября 2012. – С. 207-209.

43. Ахмадов Б.Р. Применение комбинированных почвообрабатывающих посевных машин для возделывания пропашных культур / Б.Р. Ахмадов. – Материалы научно-практической конференции «Биологическая безопасность: проблемы и пути ее решения». – Том 2. – Душанбе, 4 июня 2013. – С. 312-320.

44. Юнусова С.С. Влияние промежуточных зимневегетирующих культур на плодородие почвы, рост, развитие и урожайность хлопчатника / С.С. Юнусова, М.С. Норов, Б.Р. Ахмадов. – Материалы научно-практической конференции «Биологическая безопасность: проблемы и пути ее решения». – Том 1. – Душанбе, 4 июня 2013. – С. 45-49.

45. Ахмадов Б.Р. Повышение уровня механизации сельскохозяйственных культур в Таджикистане / Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Хаджиев. – Материалы науч.-практич. конф. «Биологическая безопасность: проблемы и пути ее решения». – Том 1. – Душанбе, 4 июня 2013. – С. 276-282.

46. Ахмадов Б.Р. Пути повышения уровня механизации сельскохозяйственного производства в современных условиях / Б.Р. Ахмадов, А.Б. Ризоев, М. Сафаров. – Материалы Республиканской научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТАУ имени Шириншох Шотемур по теме «Инновационная технология возделывания сельскохозяйственных культур: проблемы и пути их внедрения». – Душанбе, 29-30.04.2014. – С. 170-175.

47. Ахмадов Б.Р. Испытания экспериментального образца комбинированной почвообрабатывающе-посевной машины КМ-2,4 «Кишоварз» / Б.Р. Ахмадов, М. Сафаров, Ш. Ахмедов. – Материалы Республиканской научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТАУ имени Шириншох Шотемур по теме «Инновационная технология возделывания сельскохозяйственных культур: проблемы и пути их внедрения». – Душанбе, 29-30.04.2014. – С. 175-177.

48. Ахмадов Б.Р. Оценка энергоэффективности почвообрабатывающе-посевной машины / Б.Р. Ахмадов, Н.И. Джабборов. – Материалы международной научно-практической конференции «Инновация– основа развития сельского хозяйства», посвященная 20-летию Конституции Республики Таджикистан. – Душанбе, 01.11.2014. – С. 11-13.

49. Ахмадов Б.Р. Результаты исследования работы комбинированной почвообрабатывающе-посевной машины / Б.Р. Ахмадов, Н.И. Джабборов, М. Сафаров. – Материалы международной науч.-практич. конф. «Инновация – основа развития сельского хозяйства», посвященной 20-летию Конституции Республики Таджикистан. – Душанбе, 01.11.2014. – С. 13-16.

50. Ахмадов Б.Р. Результаты исследований комбинированной машины КМ-1.8 «Кишоварз» / Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Ходжиев, Н.И. Джабборов. – Материалы международной научно-практической конференции «Инновация – основа развития сельского хозяйства», посвященной 20-летию Конституции Республики Таджикистан. – Душанбе, 01.11.2014. – С. 17-20.

51. Норов М.С., Ахмадов Б.Р., Вохидов А.П. Продуктивность совмещенных посевов в зависимости от различных способов основной обработки почвы / М.С. Норов, Б.Р. Ахмадов, А.П. Вохидов. – Материалы международной научно-практической конференции «Инновация – основа развития сельского хозяйства», посвященной 20-летию Конституции Республики Таджикистан. – Душанбе, 01.11.2014. – С. 180-186.

52. Джабборов Н.И., Сафаров М., Ахмадов Б.Р. Результаты испытания экспериментального образца комбинированной почвообрабатывающе-посевной машины КМ-1.8 «Кишоварз» / Н.И. Джабборов, М. Сафаров, Б.Р. Ахмадов. – Сборник научных трудов «Актуальные проблемы, перспективы развития сельского хозяйства для обеспечения продовольственной безопасности Таджикистана». – Том 8. – Душанбе, 2014. – С. 118-121.

53. Ахмадов Б.Р. Исследования эксплуатационно-технологических показателей МТА МТЗ-82.1+КМ-1,8 «Кишоварз» / Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Ходжаев, М. Сафаров. – Материалы Республиканской науч.-практич. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТАУ имени Шириншох Шотемур по теме «Продовольственная безопасность: социальные, биологические, экономические и экологические факторы». – Душанбе, 2015. – С. 141-143.

54. Ахмадов Б.Р. Структура топливно-энергетических затрат на производство пшеницы по традиционной технологии / Б.Р. Ахмадов, Н.И. Джабборов, Б.Б. Ходжиев. – Материалы Республиканской науч.-практич. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТАУ им. Шириншох Шотемур по теме «Продовольственная безопасность: социальные, биологические, экономические и экологические факторы». – Душанбе, 2015. – С. 150-152.

55. Ахмадов Б.Р. Система показателей оценки качества работы комбинированных почвообрабатывающе-посевных машин / Б.Р. Ахмадов, Н.И. Джабборов. – Материалы международной научно-практической конференции «Роль отрасли семеноводства в обеспечении продовольственной безопасности», ТАСХН. – Душанбе, 2015. – С. 243-247.

56. Ахмадов Б.Р. Структура топливно-энергетических затрат на производство пшеницы по энергосберегающей технологии / Б.Р. Ахмадов, Н.И. Джабборов. – Материалы международной научно-практической конференции «Роль отрасли семеноводства в обеспечении продовольственной безопасности». – ТАСХН. – Душанбе, 2015. – С. 251-253.

57. Норов М.С. Урожай хлопка-сырца при выращивании хлопчатника по предшественникам различного срока посева / М.С. Норов, С.С. Юсупова, Б.Р. Ахмадов. – Материалы Региональной конференции «Состояние науки в республике». – Душанбе, 2015. – С. 96-99.

58. Ахмадов Б.Р. О проблемах механизации и информатизации агротехнологии в Таджикистане / Б.Р. Ахмадов, Д.Х. Миракилов. – Сборник научных статей международного круглого стола «Развитие Таджикско-Российского сотрудничества в области науки и образования». – Душанбе, 2016. – С. 128-133.

59. Ахмадов Б.Р. Показатели эксплуатационно-технологической оценки работы комбинированной почвообрабатывающе-посевной машины КМ-1.8 «Кишоварз» в агрегате трактором класса 1,4 / Б.Р. Ахмадов, Б.Б. Ходжиев. – Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Современное состояние прикладной науки в области механики и энергетики». – Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. – Чебоксары, 2016. – С. 38-45.

60. Ахмадов Б.Р. Концепция развития машинно-технологической системы сельского хозяйства Таджикистана / Б.Р. Ахмадов. – Сборник научных статей. Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в 21 веке: актуальные вопросы, достижения и тенденции развития» ТАУ им. Ш.Шотемур. – Душанбе, 2017. – С.7-14.

61. Ахмадов Б.Р. Энергосберегающие технологии для возделывания хлопчатника / Б.Р. Ахмадов, Дж.Х. Миракилов. – Материалы конференции XXI Международная научно-производственная конференция «Проблемы и решения современной аграрной экономики». – РФ, Белгород: БГАУ им. В.Я. Горина. – 2017 – С. 5-6.

Просим принять участие в работе диссертационного совета Д 220.010.04 или выслать Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 13, учёному секретарю. Телефон (473) 224-39-39; 8-900-924-5638; e-mail:et@agroeng.vsau.ru.

**АХМАДОВ Бахромджон Раджабович**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ  
ПОВТОРНОГО ПОСЕВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР  
В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН**

Автореферат диссертации  
на соискание учёной степени доктора технических наук

Подписано в печать 25.10.2017 г. Формат 60x80<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага кн.-журн.  
П.л. 2,0. Гарнитура Таймс. Тираж 100 экз. Заказ № 16763.  
Типография ФГБОУ ВО ВГАУ 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1.