

На правах рукописи

**АЛШАБЕБИ АЛЬ-ХАТТАБ НИХАД МУСА**

**ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ  
ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОКОНТУРНЫХ УЧАСТКОВ  
РЕСПУБЛИКИ ИРАК**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Москва – 2026

Работа выполнена на кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

**Научный руководитель:** **Майстренко Николай Александрович,**  
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

**Официальные оппоненты:** **Гаджиев Парвиз Имран-оглы,**  
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологического развития систем жизнеобеспечения сельских территорий ФГБОУ ВО МСХ РФ «Российский государственный университет народного хозяйства имени В. И. Вернадского»

**Дубина Константин Павлович,**  
кандидат технических наук, декан инженерно-технологического факультета Азово-Черноморского инженерного института – филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

Защита состоится 02 июля 2026 года в 15:00 на заседании диссертационного совета 35.2.030.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова д. 19, тел.: 8 (499) 976-17-14.

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

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

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

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Н. Н. Пуляев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Пшеница является одной из важнейших озимых культур, и является основным продуктом питания для всех слоев населения; из неё производят хлеб, один из важнейших компонентов рациона питания для людей, макаронные изделия и в различных сферах пищевой промышленности, а также используют побочную продукцию в животноводстве.

Развитие сельскохозяйственного производства в целом, и разработка продуктов питания для человека в частности, занимают значительную часть при планировании сельскохозяйственной экономической политики, особенно в развивающихся странах. Среди них Ирак, который страдает от проблемы нехватки продовольствия, поскольку разрыв между его сельскохозяйственным производством потребностями со временем увеличивается, и причина этой проблемы заключается в увеличении количества населения темпами, превышающими динамику развития сельскохозяйственного производства, что приводит к дефициту продовольствия. Это требует уделять внимание исследованиям, которые специализируются на экономике сельскохозяйственного производства за счет оптимального использования экономических ресурсов и достижения высоких темпов сельскохозяйственного производства, наиболее важной зерновой культурой является пшеница, которая занимает привилегированное экономическое положение в большинстве стран мира, поскольку ее значение в мировом продовольствии составляет 40%, а также обеспечивает мир 55% от общего количества углеводов и 20% потребляемых пищевых калорий. На её долю также приходится 17% объема экспорта на мировой рынок.

Учитывая огромное значение в возделывании пшеницы, увеличение численности населения и растущую потребность в этом сырье, необходимо изыскивать современные методы для развития и выращивания пшеницы; путем обоснования средств для её выращивания, чтобы достичь наилучших результатов в увеличении производства и снижении затрат.

Прорывное развитие сельского хозяйства Республики Ирак не мыслимо без реализации комплекса мер, направленных на эффективное вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения, с модернизацией технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Последними изменениями в законодательстве Ирака являются ограничения максимальной суммарной площади земельных участков, используемых частными сельскохозяйственными предприятиями, которая не должна превышать 250 га на неорошаемых землях и 150 га на орошаемых.

С учётом лимитирования общей площади земель, фермеру приходится обрабатывать более 30 мелкоконтурных полей, различной конфигурации.

Внедрение перспективных технологий требует применения современной техники и оборудования, что влечёт за собой трансформацию реализации технологических процессов в агропромышленном комплексе Ирака.

В связи с этим, при выборе энергетических средств важно учитывать при планировании механизированных работ структуру сельхозтоваропроизводителей,

зональные и производственные условия, а также сложившуюся экономическую среду. Данные аргументы свидетельствуют о необходимости повышения эффективности эксплуатационного обеспечения возделывания пшеницы в условиях провинции Дияла республики Ирак и подтверждают актуальность выбранной темы. Для повышения урожайности при возделывании пшеницы, необходимо уделять внимание механизации её производства, включая повышение эффективности энергетической составляющей с использованием высокоэффективных машин и агрегатов, соответствующие источники мощности и облегчение тяжелой рабочей нагрузки сельскохозяйственного работника. Производительность труда рабочего также значительно возросла, а механизация сельского хозяйства сэкономила много времени и затрат, необходимых для производства урожая пшеницы.

Применение высокопроизводительных машинно-тракторных агрегатов (МТА) может быть использовано в сельском хозяйстве для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, и служить драйвером ускорения завершения работ и содействия интенсификации сельского хозяйства, способствовать обеспечению растений, требуемым количеством влаги, необходимой для орошения посевов, или снижения производственных затрат, а также поддержки торгового баланса государства, улучшения уровня жизни сельского жителя. Эти цели могут быть объединены.

Тренд повышения эффективности выполнения механизированных работ направлен на эксплуатацию МТА с оптимальными параметрами при выполнении сельскохозяйственных операций, уменьшения уплотнения почвы или снижения энергопотребления в местных условиях, многие машины импортируются и предназначены для работы в различных областях, в соответствии с климатическими условиями с точки зрения площади поля, типа почвы, технического и технологического потенциала хозяйства, а также экономических условий. Это демонстрирует важность развития использования сельскохозяйственной техники в Ираке, даже если она импортируется из зарубежных стран.

На сегодняшний день пшеница, выступает практически как монокультура в системах севооборота провинций Республики Ирак, это способствовало нормативно-правовые акты и особенности географического место расположения земель, на которых возделываются злаковые культуры.

Рассмотрение вопросов повышения эффективности эксплуатационного обеспечения производственного процесса возделывания пшеницы в условиях мелкоконтурных участков в Республики Ирак, непосредственно связано с обоснованием параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов при реализации технологических процессов, определением оптимального количества и состава машинно-технологических станций (МТС), для выполнения механизированных работ, в отведённые агротехнологические сроки, что и составляет основу настоящего исследования.

**Степень разработанности.** Эксплуатационные характеристики двигателей тракторов имеют важное значение при выборе оптимальных

параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов (МТА). Теоретические основы работы тракторных двигателей (ДВС) включают изучение крутящего момента и его значимости для работы сельскохозяйственных агрегатов. Это параметр, определяющий силу вращения вала двигателя и влияющий на его мощность. Также рассматривается частота вращения, которая играет важную роль в оптимизации работы двигателей, влияя на их эффективность. Эти теоретические аспекты являются основой для выбора оптимальных режимов работы и методов оптимизации тракторных двигателей в целях повышения их эффективности.

Определение оптимальных эксплуатационных характеристик машинно-тракторных агрегатов, в соответствующих производственных и агроландшафтных условиях позволяют повысить эффективность эксплуатационного обеспечения возделывания пшеницы в условиях республики Ирак.

Наиболее рациональным способом определения оптимальных значений является поэтапное моделирование в качестве системного подхода с выбором энергосберегающих режимов работы, определением оптимальных эксплуатационных характеристик мобильных энергетических средств (МЭС).

Эффективность использования техники напрямую зависит от оптимального тягового усилия, энергоэффективности, эксплуатационной скорости и обоснованной ширины захвата МТА.

На сегодняшний день при выращивании пшеницы в Ираке отсутствует научная составляющая планирования и организации механизированных работ. Типаж, вид тракторов и состав мобильных сельскохозяйственных агрегатов выбирается произвольно без учёта различных критериев оптимальности. В связи со спецификой ведения сельского хозяйства в Ираке, наблюдается нехватка сельскохозяйственных машин и агрегатов.

Изучаемые процессы включают в себя как теоретические, так и практические элементы, что позволяет облегчить экспериментальную и практическую эксплуатацию сельскохозяйственной техники. Работа в сельском хозяйстве требует постоянного совершенствования процессов и повышения эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов.

**Цель работы** – разработка методики обоснования комплекса машин для повышения эффективности возделывания пшеницы в условиях мелкоконтурных участков Республики Ирак.

**Задачи исследования:**

1. Проанализировать производственные и агроландшафтные условия возделывания пшеницы в провинции Дияла Республики Ирак.
2. Разработать модель определения оптимальных параметров мобильных энергетических средств при выполнении полевых работ.
3. Разработать перспективную технологию возделывания пшеницы в условиях провинции Дияла.
4. Провести испытания, предлагаемых составов машинно-тракторных агрегатов на выполнении основных механизированных работ.

5. Обосновать рекомендации по определению комплекса машин для возделывания пшеницы в условиях провинции Дияла Республики Ирак.

**Научную новизну** составляет методика, основанная на системном подходе, определения оптимальных эксплуатационных параметров функционирования машинно-тракторных агрегатов для выполнения основных операций при реализации перспективной технологий возделывания пшеницы в условиях Ирака, и определение на основе полученных данных и значений структуры и состава технических средств для возделывания пшеницы на относительно небольших участках.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Методика разработки перспективных технологий производства продукции растениеводства в специфических условиях (мелкоконтурных) участков провинции Дияла Республики Ирак, обоснование параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов при реализации основных технологических операций, для дальнейшего определения состава машин при возделывании пшеницы является драйвером развития научно-обоснованных методов планирования и организации технологий возделывания культурных растений в агропромышленном сектора Ирака.

Написанные прикладные программы для ЭВМ на базе классических софтов, позволяют реализовывать разработку перспективных технологий возделывания пшеницы в Республике Ирак, в конкретных сочетаниях производственных и агроландшафтных условий. На ряду с этим, позволяют проводить имитационное моделирование выполнения механизированных работ при реализации производственных и технологических процессов.

Обоснованные параметры и режимы работы мобильных машинно-тракторных агрегатов позволяют определить типаж и оптимальное численно значение энергетических средств при составлении комплекса машин для возделывания пшеницы по перспективной технологии в условиях мелкоконтурных участков, и послужить ориентиром при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при проектировании и производства сельскохозяйственных машин собственного изготовления (сделано в Ираке).

Разработка адаптированных методов эксплуатации машинно-тракторных агрегатов в таких условиях, позволят формулировать рекомендации по снижению производственных издержек, потери урожая и изыскиванию резервов повышения производительности.

Разработанный комплекс инноваций может быть использован для повышения эффективности эксплуатационного обеспечения технологических и производственных процессов при выращивании пшеницы в условиях, агропромышленного сектора Ирака, что подтверждается данными, полученными в результате эксперимента, актами внедрения научных результатов, используемых при разработке механизированных технологий для возделывания сельскохозяйственных культур, корректировке организации и выполнения механизированных работ, а также используются в учебной процесса при

подготовке студентов и магистрантов по направлению подготовки «Агроинженерия» в ВУЗе Российской Федерации.

**Методология и методы исследования.** Методология исследований основывается на комплексном подходе решения оптимизационных задач. Он включает системный анализ, статистическую обработку данных, временные наблюдения, анализ эксплуатационных характеристик агрегатов машин и тракторов.

Исследование основано на применении общепринятых методов статистического анализа, в частности методологии проведения испытаний, с акцентом на операционную и техническую оценку (МТА) в ходе полевых испытаний.

Кроме того, был проведен анализ данных и совокупных значений, полученных в ходе эксперимента, с использованием методов математической статистики и планирования экспериментов.

Для достижения оптимальных решений были использованы методы математического анализа.

**Объект исследования** – производственные процессы и технология возделывания пшеницы в условиях Республики Ирак.

**Предмет исследования** – параметры и режимы работы машинно-тракторных агрегатов их состав, а также комплекс сельскохозяйственных машин и энергетических средств.

**Положения, выносимые на защиту.** На защиту выносятся следующие основные положения:

- особенности условий выращивания и сбора урожая пшеницы с использованием технологий, соответствующих местным условиям (в отношении провинции Дияла в Республике Ирак);

- обоснование перечня механизированных работ и сроков их проведения при реализации технологии возделывания пшеницы в условиях провинции Дияла Республики Ирак;

- модель оптимизации эксплуатации машинно-тракторных агрегатов в условиях Провинции Дияла с учётом мелкоконтурных участков;

- методика и программы испытаний мобильных энергетических средств при выполнении механизированных работ на основных операциях возделывания пшеницы;

- рекомендации выбора оптимального состава машинно-тракторных агрегатов, и формирования структуры комплекса машин для возделывания пшеницы в условиях Республики Ирака.

**Степень достоверности и апробация результатов работы.** Исследование сосредоточено на разработке интегрированной системы применения сельскохозяйственной техники для возделывания пшеницы на малых сельскохозяйственных участках в Республике Ирак, учитывающей экономические, экологические и технические аспекты. Это достигается путем выбора соответствующего оборудования, с учетом ограниченных площадей, характеристик почвы и потребностей местных фермеров. Исследование также

включает анализ энергетических параметров и эксплуатационной эффективности различных сельскохозяйственных машин для обеспечения высокой производительности при низких эксплуатационных расходах.

Теоретическую базу математической модели определения параметров составляют теория обеспечения надежности выполнения производственных задач, математические методы моделирования сложных систем. Исследования выполнены на основе анализа производственных и агроландшафтных условий, характеризующих специфические особенности эксплуатации технических средств, этапов возделывания пшеницы в Республике Ирак, с учётом которых сформулированы цели и задачи исследования.

Для решения поставленных задач и формирования научного направления исследования применяются теоретические положения и накопленный опыт в области эксплуатационного обеспечения технологического процесса возделывания пшеницы в условиях Ирака.

Использование полученных результатов является резервом повышения оптимального использования технических средств при реализации технологий производства продукции растениеводства в частности возделывания пшеницы в Ираке за счёт научно-обоснованной трансформации производственной эксплуатации. В диссертации соискатель ученой степени ссылается на источники заимствования материалов.

Основные элементы диссертации были обсуждены на следующих конференциях: Международная научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова; Международная научная конференция ученых и молодых специалистов, посвященная 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева; Международная научная конференция ученых и специалистов, посвященная 150-летию со дня рождения А.Я. Меловича, а также Всероссийская научная конференция.

Результаты исследований, представленные в диссертации, используются в преподавании студентам четвертого курса факультета института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, при изучении дисциплины «Эксплуатация машинно-тракторного парка», выполнении курсового проектирования и ВКР.

Внедрение подтверждается соответствующей справкой, что результаты диссертационной работы на тему «Обоснование комплекса машин для возделывания пшеницы в условиях мелкоконтурных участков Республики Ирак», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук, использованы при разработке перспективных технологий и рекомендации по повышению эффективности эксплуатационного обеспечения возделывания пшеницы в условиях провинции Дияла Республики Ирак. Имеются акты Министерства сельского хозяйства Ирака о внедрении результатов исследований в программы развития агропромышленного комплекса страны.

**Публикации.** Основные положения и результаты исследования опубликованы в 10 научных трудах, в том числе 4 статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, 5 статей в рецензируемых научных изданиях и 1 статья опубликована в других научных изданиях.

**Структура и объём диссертационной работы.** Работа включает: введение; 4 главы; заключение; список литературы, состоящий из 151 источника, в том числе 78 на иностранном языке; приложения на 21 листе. Объём диссертационной работы – 149 страниц, содержит 30 рисунков и 33 таблицы.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** изложена общая характеристика работы, отражающая актуальность темы исследования и степень её разработанности, поставлены цели и задачи диссертационной работы, описана научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приводятся методология и методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, определена степень достоверности и апробация результатов.

**В первой главе** приводится характеристика производственных и агроландшафтных условий возделывания пшеницы в Провинции Дияла Республики Ирак. Определены характеристики производственных и технологических процессов, сопровождающих реализации выполнения механизированных работ при возделывании пшеницы. Приводится анализ технического оснащения аграрного сектора различных провинций. Установлены мощностные диапазоны тракторов их марочная номенклатура. Проанализированы виды и типы сельскохозяйственных машин, применяемых на механизированных работах различных технологических модулей в соответствии с Федеральным регистром производства продукции растениеводства. Рассмотрены технологии возделывания зерновых культур, применяемые в Ираке, определены негативные аспекты, отрицательно влияющие на производственные и экономические показатели выполнения механизированных работ. Установлено, что внедрение перспективных технологий требует применение современной техники и оборудования, что влечёт за собой трансформацию реализации технологических процессов в агропромышленном комплексе Ирака.

В связи с этим важно учитывать при выборе энергетических средств и планировании механизированных работ структуру сельхозтоваропроизводителей, зональные и производственные условия, а также сложившуюся экономическую среду. Данные аргументы свидетельствуют о необходимости повышения эффективности эксплуатационного обеспечения возделывания пшеницы в условиях провинции Дияла республики Ирак, и подтверждают актуальность выбранной темы.

Необходимость определения оптимальных значений основных параметров таких как, мощность двигателя, скорость движения, ширину захвата агрегата не однократно отмечалась В.П. Горячкиным. Основу теории оптимизации сельскохозяйственной техники заложили работы: Б.А. Линтварёва, В.В. Кацыгина, Ю.К. Киртбая, Н.М. Орлова, Ф.С. Завалишина, А.В. Погорелого, М.П. Сергеева, Р.Ш. Хабатова, С.А. Иофинова. Дальнейшее развитие получила в трудах Скороходова А.Н., Шарова Н.М., Зангиева А.А., Дидманидзе О.Н., Евтюшенкова Н.Е., Левшин А.Г. и других авторов. В проведённых исследованиях рассматривались различные критерии оптимизации, исследовались виды параметров энергетических, транспортных и технологических систем. Вопросами

оптимизации параметром транспортно-технологических средств занимались: Уваров В.П., Левшин А.Г. результаты этих исследований отражены в диссертации Майстренко Н.А.

Анализ зарубежной литературы показал, что учёные из арабских стран активно ведут исследования зависимостей параметров машинно-тракторных агрегатов от внешних производственных условий и режимов их функционирования.

**Во второй главе** приводится методика разработки технологической карты возделывания пшеницы в соответствии с требованиями реализации «Высоких технологий». Обоснована концепция определения оптимальных значений параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов (МТА), разработана блок-схема поиска рациональных количественных значений эксплуатационных характеристик энергетических средств и сельскохозяйственных машин при реализации механизированных работ. Блок-схема унифицирована под каждый технологический модуль Федерального регистра. Наиболее рациональным способом для поиска эффективности является системный подход, при котором моделирование целесообразно проводить по взаимосвязанным подсистемам поэтапно в соответствии с регламентом функционирования мобильных машинно-тракторных агрегатов (Рисунок 1).

Модель оптимизации включает пять этапов: обоснование энергосберегающих режимов работы тракторного двигателя, (Блок 1); обоснование энергосберегающего режима работы трактора (Блок 2); обоснование энергосберегающих режимов работы мобильных сельскохозяйственных машин (Блок 3); обоснование состава и рабочей скорости машинно-тракторных агрегатов (Блок 4); обоснование определения производительности (Блок 5).

### БЛОК-СХЕМА МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ СОСТАВОВ МАШИНО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

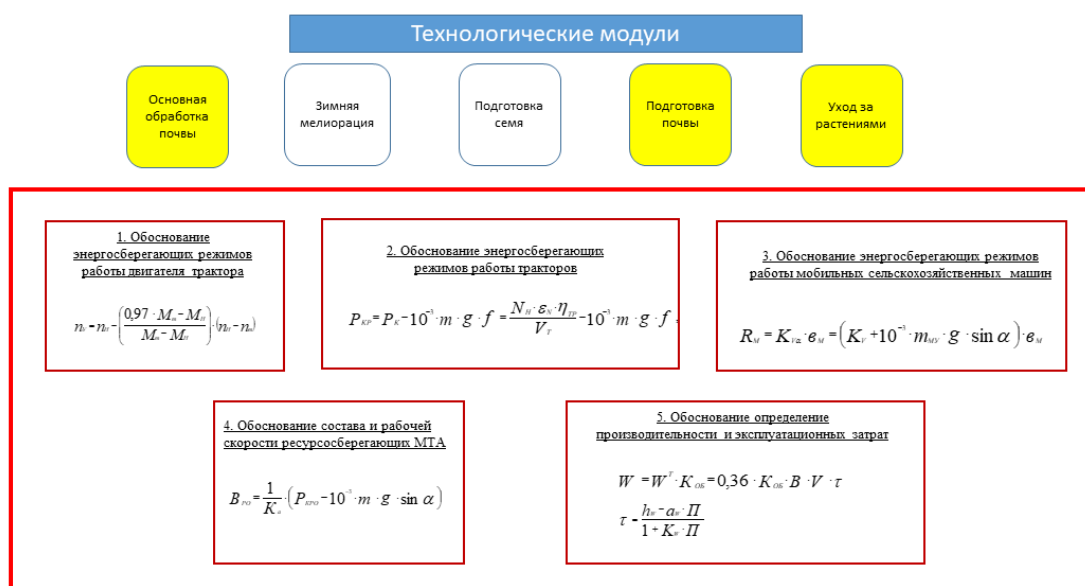


Рисунок 1 – Блок-схема модели оптимального определения рациональных составов машинно-тракторных агрегатов

**Блок 1.** Под оптимальным (наилучшим) в общем случае подразумевается такой режим загрузки двигателя, при котором выбранный технико-экономический показатель работы двигателя, трактора или соответствующего агрегата в целом достигают экстремального (максимального или минимального) значения. Чаще в качестве такого критерия оптимальности применяют минимум удельного (на единицу выполненной работы) расхода топлива, который примерно соответствует минимальному расходу топлива  $g_e \rightarrow \min$  двигателем в расчете на единицу эффективной мощности.

Практический интерес для обеспечения наиболее экономичного режима работы тракторного двигателя представляет его частота вращения, при которой наблюдается оптимальный режим загрузки:

$$n_v = n_H - \left( \frac{0,97 \cdot M_m - M_H}{M_m - M_H} \right) \cdot (n_H - n_m). \quad (1)$$

**Блок 2.** Трактор является промежуточным звеном при передаче энергии от двигателя к рабочим органам с.-х. машин. Поэтому одной из целей решения соответствующих задач является обоснование такого оптимального скоростного режима, при котором потери энергии при ее передаче к сельскохозяйственной машине будут минимальными с учетом допустимого буксования.

Таким образом, с позиций системного подхода полученный оптимальный режим загрузки двигателя дополняется оптимизацией режима работы самого трактора. Номинальное тяговое усилие заданного трактора  $P_{крН}$  в указанных ранее условиях рассчитывается по формуле (кН):

$$P_{крН} = 10^{-3} \cdot mg \cdot (\varphi_d \cdot \lambda - f), \quad (2)$$

где:  $m$  - эксплуатационная масса трактора, кг;  $g=9,81$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\varphi_d$  - коэффициент сцепления движителей трактора с почвой при допустимом буксовании;  $\lambda$  - доля веса трактора, приходящаяся на движители (коэффициент нагрузки ведущих колес);  $f$  - коэффициент сопротивления качению трактора.

Если описанный энергосберегающий режим работы трактора в диапазоне  $P_{кр} = P_{крО} \dots P_{крД}$  не может быть реализован по агротехническим или другим причинам, то за пределы указанного диапазона можно переходить только в сторону повышенных скоростей при обеспечении требуемого качества работы.

**Блок 3.** Тяговое сопротивление сельскохозяйственных машины в общем случае характеризуется рациональной формулой В.П. Горячкина, которая получена применительно к плугам в виде:

$$R_M = 10^{-3} \cdot m_M \cdot g \cdot f_M + K_{II} \cdot a_M \cdot v_M + \varepsilon \cdot a_M \cdot v_M \cdot V^2 \quad (3)$$

где:  $m_M$  - масса плуга, кг;  $g=9,81$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $f_M$  - коэффициент сопротивления протаскиванию плуга в открытой борозде;  $K_{II}$  - удельное тяговое сопротивление плуга, кН/м<sup>2</sup>;  $a_M, v_M$  - глубина обработки и

ширина захвата, м;  $\mathcal{E}$  - коэффициент скоростного сопротивления плуга,  $\text{кН}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$ ;  $V$  - скорость плуга, м/с.

Слагаемые в этом равенстве, как известно, характеризуют силы сопротивления, связанные соответственно с перемещением плуга по полю, с деформацией отрезаемого пласта почвы и с сообщением частицам почвы кинетической энергии.

Исходя из этого, тяговое сопротивление рабочих машин определяют на основании обобщенных опытных данных по упрощенной формуле:

$$R_M = K_{V\alpha} \cdot v_M, \quad (4)$$

где  $K_{V\alpha}$  - среднее удельное тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины данного типа с учетом влияния скорости и угла склона,  $\text{кН}/\text{м}$ .

В условиях неровного рельефа следует учесть также удельное тяговое сопротивление с.-х. машины, связанное с преодолением подъема в соответствии с равенством:

$$K_{V\alpha} = K_V + 10^{-3} \cdot m_{MV} \cdot g \cdot \sin \alpha, \quad (5)$$

где  $\alpha$  - угол склона, град.

Значение  $K_V$  при этом рассчитывается по упрощенным формулам ( $\text{кН}/\text{м}$ ):

$K_V = a_M \cdot K_O \cdot [1 + \Delta K \cdot (V - V_O)]$  - для плугов;  $K_V = K \cdot [1 + \Delta K \cdot (V - V_O)]$  - для других тяговых с.-х. машин,

где:  $V$  - рабочая скорость машины, м/с;  $V_O \approx 1,4$  м/с;  $a_M$  - глубина вспашки;  $K_O$  - удельное тяговое сопротивление плуга при скорости  $V = V_O$ ,  $\text{кН}/\text{м}^2$ ;  $K_M$  - удельное тяговое сопротивление других типов сельскохозяйственных машин при  $V = V_O$ ,  $\text{кН}/\text{м}$ ;  $\Delta K$  - относительное приращение удельного тягового сопротивления при увеличении скорости на 1 м/с (при  $V \leq V_O$  следует принять  $\Delta K = 0$ ).

**Блок 4.** Исследованиями установлено, что каждому сочетанию природно-производственных условий, включая длину гона и другие, соответствует такая оптимальная мощность трактора, при которой приведенные затраты (руб./га) принимают минимальное значение.

Оптимальная энергосберегающая скорость  $V_O$  и соответствующее тяговое усилие трактора  $P_{KPO}$  определяются по минимуму удельных энергозатрат при рабочем ходе агрегата в виде:

$$E_P = \frac{N_H \cdot \mathcal{E}_N}{B \cdot V} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где  $E_P$  - удельные энергозатраты при рабочем ходе агрегата,  $\text{кДж}/\text{м}^2$ ;  $N_H$  - номинальная мощность двигателя, кВт;  $B$  - ширина захвата агрегата, м;  $\mathcal{E}_N$  - коэффициент загрузки двигателя;  $V$  - скорость движения при рабочем ходе, м/с.

Из этого равенства получим значение искомой оптимальной силы тяги трактора:

$$P_{KPO} = 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot \left( \frac{v \cdot \gamma \cdot \delta_d}{a + \gamma \cdot \delta_d} \right) \quad (7)$$

Оптимальную теоретическую скорость  $V_{TO}$  определим из равенства:

$$V_{TO} = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N \cdot \eta_{TP}}{P_{KPO} + 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot f} \quad (8)$$

Для  $\varepsilon_N$  и  $\eta_{TP}$  принимаем усредненные значения  $\varepsilon_N = 0,90$  и  $\eta_{TP} = 0,88$ .

Получим оптимальную рабочую скорость  $V_O$  агрегата из равенства:

$$V_O = V_{TO} \cdot (1 - \delta_d \cdot \gamma) \quad (9)$$

Расчетная оптимальная ширина захвата агрегата определяется по формуле:

$$B_{PO} = \frac{1}{K_a} \cdot (P_{KPO} - 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha) \quad (10)$$

**Блок 5.** Производительность агрегата зависит не только от скорости, ширины захвата, но и от множества природно-производственных факторов: длины гона; сложности конфигурации полей; каменистости; потерь времени смены на холостые повороты; на технологическое обслуживание и т.д.

Производительность агрегата в заданных условиях при этом определяется из равенства:

$$W = W^T \cdot K_{OB} = 0,36 \cdot K_{OB} \cdot B \cdot V \cdot \tau, \quad (11)$$

где:  $W$ ,  $W^T$  - производительность агрегата соответственно в заданных и типовых условиях, га/ч;  $B$  - рабочая ширина захвата, м;  $V$  - рабочая скорость, м/с;  $\tau$  - коэффициент использования времени смены в типовых условиях;  $K_{OB}$  - обобщенный поправочный коэффициент на местные условия.

Если агрегат работает в более сложных условиях, то вводятся поправочные коэффициенты на производительность по соответствующим показателям. При этом обобщенный коэффициент определяется в виде произведения частных коэффициентов:

$$K_{OB} = K_K \cdot K_h \cdot K_C \cdot K_{II} \cdot K_P, \quad (12)$$

где:  $K_K, K_h, K_C, K_{II}, K_P$  - частные поправочные коэффициенты соответственно на: каменистость; высоту над уровнем моря; сложность конфигурации полей; изрезанность полей препятствиями; рельеф.

Коэффициент использования времени смены в (6.1) определяется из отношения:

$$\tau = \frac{T_P}{T_{CM}}, \quad (13)$$

где:  $T_P$  - время основной (чистой) работы за смену, с;  $T_{CM}$  - продолжительность смены, с.

Таким образом, предложенный системный подход выбора оптимальных параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов, позволит методом математического моделирования определить численные значения эксплуатационных характеристик в диапазонах агротехнических требований и учёта критерия ресурсосбережения.

В третьей главе приводится характеристика условий испытаний по проведению эксплуатационно-технологической оценки машинно-тракторных агрегатов.

Для проведения эксперимента на пахотных землях разработана программа и методика испытаний на площади 340 гектаров в одном из районов Ваджихи для определения эксплуатационно-технологических показателей (баланс времени смены при нормативной продолжительности), и проанализированы результаты эксплуатационно-технологической оценки.

Хронометражные наблюдения были выполнены в трёх контрольных сменах на 5 основных операциях: вспашка почвы; планирование (выравнивание) поверхности поля; обработка комбинированным агрегатом; посев зерновых культур с внесением удобрений; образования оросительных каналов на поверхности поля.

Результаты хронометражных наблюдений оформлены в виде таблиц, содержащих численные значения элементов баланса времени смены с установленными эксплуатационными характеристика применяемых МТА, например, при вспашке почвы чистое время работы составило 7,91ч, что позволило рассчитать коэффициент использования времени смены (0,72), с последующим определением часовой эксплуатационной производительности (0,42га/ч) машинно-тракторного агрегата, в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Результаты хронометражных наблюдений

№ п/п	Продолжительность нормативной смены	Единица измерения	Среднее численное значение показателя за 3 контрольные смены
1.	Общее (сменное) время работы	ч	11,00
2.	Чистое (основное) время работы	ч	7,91
3.	Время на повороты и холостые пробеги по полю	ч	1,21
4.	Время на переезды (к полю и обратно)	ч	0,52
5.	Время на проведение наладки и регулировочных работ	ч	0,27
6.	Коэффициент использования времени смены	доля	0,72
7.	Производительность	га/ч, т/ч	0,42
8.	Ширина захвата	м	1,02
9.	Скорость движения агрегата	м/с	1,725
10.	Обобщенный поправочный коэффициент		0,93

Описание многофакторных зависимостей проводилось по классической схеме планирования многофакторного эксперимента. Результаты многофакторного эксперимента обрабатывались стандартным дисперсионным анализом.

Обработка линеаризованных зависимостей была проведена с помощью методов планирования эксперимента. Определено уравнение регрессии:  $\tau = 0,54113 + 0,08538x_1^0 + 0,01038x_2^0 + 0,02963x_3^0$ , аппроксимирующее опытные данные в нормированном факторном пространстве, дисперсия адекватности равна  $S_{ad}^2 = 0,000141$ .

В четвёртой главе приводятся результаты Анализ мелкоконтурной специфики и конфигурации полей в провинции Дияла республики Ирак (рисунок 2). На основании космических снимков пахотных земель были обоснованы типовые групп полей, установлены характеристики производственных и агроландшафтных условий (Рисунок 2).



С целью систематизации выделим из основного массива мелкоконтурных участков группы характерных участков. Таким образом, чтобы среднее значение каждой последующей группы участков превышало среднее значение предыдущей группы приблизительно в два раза.

Производительность машинно-тракторных агрегатов зависит от многих факторов, включая скорость движения и ширину захвата, а также от совокупности природных и производственных условий. Наиболее важными из них являются длина гона, сложность конфигурации полей, степень каменистости почвы и время, необходимое для холостого поворота, технического обслуживания и других операций.

В связи с тем, что мелкоконтурность полей в Республике Ирак обусловлена спецификой распределения земельного фонда, отличием в производственных и агроландшафтных условиях будут такие факторы, как например обобщенный поправочных коэффициент, в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Характеристика условных групп полей провинции Дияла

Условная группа полей	Средняя площадь поля, га	Длина гона, м	Обобщённый поправочных коэффициент	
			Для пахотных агрегатов	Для непахотных агрегатов
I	до 3 га	менее 300	0,76	0,78
II	от 3 до 5	300 - 400	0,91	0,90
III	от 6 до 9 га	400 - 600	0,94	0,94

В виде таблиц 3, 4, 5 определены зависимости общего сопротивления сельскохозяйственной машины в зависимости от вариации значений параметров и режимов работы.

Таблицы 3 – Оптимальный состав, параметры и режимы работы МТА в условиях I группы полей

№ п/п	Наименование операции	Состав МТА		Оптимальное тяговое усилие трактора, кН	Общее тяговое сопротивление с/х машины, кН	Рабочая скорость МТА, км/ч	Ширина захвата, м	Часовая эксплуатационная производительность, га/ч
		Марка трактора	Марка сельскохозяйственной машины					
1.1	Вспашка	Talos 220	Alpler MP 043	10,2	9,2	6	0,69	0,22
1.2	Планирование (выравнивание) поверхности поля	ТТ3.50	Гриндер	7,8	3,8	6	1,8	0,43
1.4	Обработка комбинированным агрегатом	TD 100 D	John Deere 726	13,8	10,5	9	4,81	2,11
1.7	Посев с внесением удобрений	TD 100 D	СП-5+2 АW-НВМ-В 24	13,8	10,1	7	3	0,96
1.8	Каналы для почвы	Talos 220	ОКД	10,5	4,8	12	2,5	6,58

Таблицы 4 – Оптимальный состав, параметры и режимы работы МТА в условиях II группы полей

№ п/п	Наименование операции	Состав МТА		Оптимальное тяговое усилие трактора, кН	Общее тяговое сопротивление с/х машины, кН	Рабочая скорость МТА, км/ч	Ширина захвата, м	Часовая эксплуатационная производительность, га/ч
		Марка трактора	Марка сельскохозяйственной машины					
1.1	Вспашка	TD 100 D	Alpler MP 044	13,4	12,2	6	0,92	0,36
1.2	Планирование (выравнивание) поверхности поля	ТТ3.50	Гриндер самодельный	7,8	3,8	6	1,8	0,52
1.4	Обработка комбинированным агрегатом	TD 100 D	John Deere 714	13,8	12,2	8	5,76	2,75
1.7	Посев с внесением удобрений	TD 120	СП-5+3 АW-НВМ-В 24	19,1	15,2	7	3	4,21
1.8	Каналы для почвы	Talos 220	ОКД	10,5	4,8	12	2,5	7,59

Таблицы 5 – Оптимальный состав, параметры и режимы работы МТА в условиях III группы полей

№ п/п	Наименование операции	Состав МТА		Оптимальное тяговое усилие трактора, кН	Общее тяговое сопротивление с/х машины, кН	Рабочая скорость МТА, км/ч	Ширина захвата, м	Часовая эксплуатационная производительность, га/ч
		Марка трактора	Марка сельскохозяйственной машины					
1.1	Вспашка	ТМ 120	PLN-3-35	18,5	14,8	7	1,05	0,51
1.2	Планирование (выравнивание) поверхности поля	Talos 220	Гриндер самодельный	10,5	3,8	6	1,8	0,56
1.4	Обработка комбинированным агрегатом	T6090	ТС5323	21	19,5	9	8,9	5,27
1.7	Посев с внесением удобрений	ТМ 120	СП-5+3 АW-НВМ-В 24	19,1	10,1	7	3	6,69
1.8	Каналы для почвы	Talos 220	ОКД	10,5	1,2	12	0,65	7,93

Анализом табличных значений установлено, что при увеличении скорости движения машинно-тракторного агрегата общее сопротивление МТА возрастает.

Определена взаимосвязь приращения эксплуатационной производительности машинно-тракторного агрегата с увеличением скорости. В соответствии с данными таблиц видно, что ширина захвата интенсивнее влияет на увеличение общего сопротивления сельскохозяйственной машины.

Линеаризация функциональных зависимостей обусловлена достаточной точностью при математических расчётах.

Определено, что в результате математического моделирования резервы повышения эксплуатационного обеспечения возделывания пшеницы возможно изыскивать за счёт вариации режимов работы и параметров сельскохозяйственных машин.

Однако следует отметить, что при увеличении как скорости движения, так и ширины захвата возрастает общее сопротивление машинно-тракторного агрегата в целом, как следствие, повышенный расход топлива.

На ряду с этим, изменение эксплуатационных характеристик машинно-тракторного агрегата способно привести к большему приращению эксплуатационной производительности. На практике рекомендуется устанавливать такое их соотношение, при котором будет наблюдаться отношение общего сопротивлению мобильной сельскохозяйственной машины к развиваемому тягового усилия трактора в диапазоне от 0,85 до 0,95 в зависимости от вида механизированной работы и внешних природно-производственных факторов.

Также следует отметить, что выбор максимально скорости ограничивают агротехнические требования выполнения технологического процесса, а ширины захвата, линейка представленных на рынке машин.

Таким образом, оперируя скоростью движения агрегата и его шириной захвата подбираем такие сочетания эксплуатационных показателей, при которых предлагаемые машинно-тракторные агрегаты будут оптимальны в конкретных производственных и агроландшафтных условиях. Реализуя предложенные алгоритмы рассчитываем нормативные значения количества машинно-тракторных агрегатов, задействованных на основных видах механизированных работ для трёх условных групп полей Провинции Дияла Республики Ирак.

Анализом отечественного и зарубежного подхода планирования проведения полевых работ при реализации технологий возделывания сельскохозяйственных культур установлено, что при доминировании мелких фермерских хозяйств в агропромышленном комплексе региона целесообразно организовывать

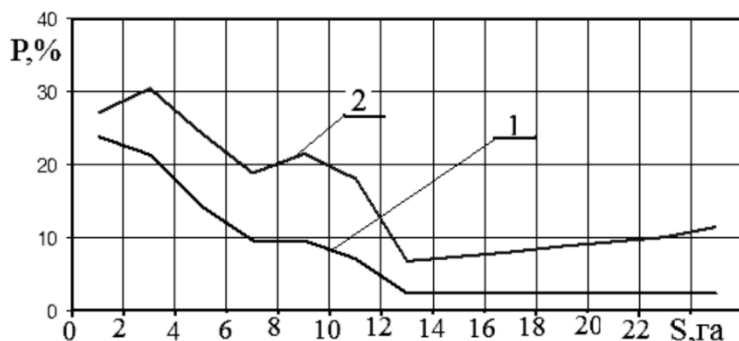


Рисунок 3 – Распределение количества (линия 1) участков и суммарной их площади 2 в зависимости от площади участка

механизированные отряды или машинно-тракторные станции (МТС). При этом определяющее значение при формировании архитектуры МТС играет площади и конфигурация полей для возделывания пшеницы. Размеры и площади участков варьируют в достаточно широких пределах. Для уточнения подробно

рассмотрена вероятность распределения количества участков и их суммарную площадь, в соответствии с рисунком 3.

Из графиков следует, что наибольшее количество участков (примерно половина) имеют площадь от 1 до 5 га, их общая площадь (линия 2) превышает 40% всех посевных площадей. На втором месте участки площадью 7 – 12 га, их доля составляет свыше 30%, они занимают до 40% от всех посевных площадей. Доля участков площадью более 14 га составляет около 10%, однако, с учетом размера этих участков их площадь превышает 20% от всех площадей.

Как было сказано ранее, все сельскохозяйственные угодья Провинции Дияла сформированы в три условные группы полей, номенклатура механизированных работ в технологических картах каждой группе идентична. Однако, следует отметить, что производственные условия выполнения технологических процессов различны. В связи с этим, для каждой группы полей были подобраны такие составы машинно-тракторных агрегатов, которые обеспечивали бы требования ресурсосбережения. С учётом этого была сформирована архитектура машинно-тракторных станций для каждой условной группы полей, с определением формулы машинно-тракторных агрегатов и нормативного потребного числа технических средств, в расчёте на 100 га, (Таблица 3), на примере I группы полей, в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 – Архитектура МТС I группы полей

Мех. работа	Формула МТА	Нормативное потребное	Требуется МТА		
			150 га	200 га	300 га
1.1	Talos 220+Alpler MP 043	1,45	2	31	4
1.2	ТТЗ.50 + Гриндер	1,06	2	2	3
1.4	TD 100 D + John Deere 726	0,43	1	1	1
1.7	TD 100 D +СП-5+2 АW-НВМ-В 24	0,63	1	1	2
1.8	Talos 220 + ОКД	0,17	1	1	1

Однако, для формирования типа, вида и количественного состава технических средств машинно-тракторных станций необходимо перейти от нормативного показателя требуемой техники к численным значениям.

С учётом специфики ведения сельского хозяйства, нормативно-правовой и законодательной базы, а также традиционных устоев арабских стран, архитектура машинно-тракторных станций содержит рекомендации по оптимальному количеству машинно-тракторных агрегатов в расчёте на 150 га, 200 га, 300 га, в соответствии с таблицей 4.

Интегрируя табличные значения архитектур машинно-тракторных станций трех условных групп полей, с учётом гектарности владения земель, получаем результирующие данные по мобильным и техническим средствам оптимального комплекса машин для возделывания пшеницы в условиях

мелкоконтурных полей Провинции Дияла Республики Ирак, в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7 – Состав комплекса машин для интегральной машинно-тракторной станции Провинции Дияла Республики Ирак

Трактор, сельскохозяйственная машина	Требуемое количество, шт			
	I группы полей	II группы полей	III группы полей	Для провинции
Трактор Talos 220	10	1	6	17
Трактор TT3.50	7	6	0	13
Трактор TD 100 D	7	8	0	15
Трактор TD 120	0	1	5	6
Трактор T6090	0	0	1	1
Плуг Alpler MP 043	1	0	0	1
Плуг Alpler MP 044	0	1	0	1
Плуг PLN-3-35	0	0	1	1
Гриндер самодельный	1	1	1	1
Комбинированный агрегат John Deere 726	1	0	0	1
Комбинированный агрегат John Deere 714	0	1	0	1
Комбинированный агрегат TC5323	0	0	1	1
Сеялка AW-HBM-B 24	2	3	3	8
Устройство для образования каналов ОКД	1	1	1	3
Сцепка СП-5	1	1	1	1

Табличными данными установлено, что наиболее задействованный мобильным энергетическим средством на выполнении механизированных работ является трактор Talos 220. Основная и предпосевная обработка почвы для каждой условной группы полей выполняется отдельным видом сельскохозяйственной машины.

К показателям экономической эффективности выбора той или иной технологии возделывания сельскохозяйственной культуры принято относить: экономические, агрономические, ресурсно-энергоэффективные и др.

Наибольший практический интерес при сравнении машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур представляют удельные экономические показатели, к которым можно отнести стоимость на топливо для мобильных энергетических средств, а также затраты труда.

Федеральным регистром технологий производства продукции растениеводства в качестве регистрируемых параметров выступают технико-экономические показатели технологий такие, как производительность труда по прямым затратам по группам интенсификации.

Сравним базовую технологии возделывания пшеницы с модернизированными, рекомендуемыми технологиями. Для корректного и адекватного сравнения необходимо выполнить сопоставление с одной из разработанных машинных технологий в зависимости от условной группы полей.

Сравнениями таблиц установлено, что базовая технология возделывания пшеницы в условиях Провинции Дияла на основных механизированных работах имеет большую потребность в ресурсах, расход топлива увеличен на 11,5%, затраты труда на 24,2% по сравнению с предлагаемой технологией (II условной группой полей) с сопоставимыми условиями.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Повышение валовых сборов достигнуто без увеличения площади посевов. Урожайность пшеницы возросла от 12-15 ц/га в начале 2000-х до 25-30 ц/га к 2023 году. Дефицит пшеницы в республике составляет 0,75-1 млн. тонн ежегодно. Организационно-технические факторы находятся на низком уровне, например, низкая культура земледелия, высокая доля ручного труда, недостаток техники: насыщенность - тракторами в среднем 1 трактор средней мощностью 80 л.с. на 120 га.; комбайнами – 1 комбайн на 1200 га.

С учётом специфических особенностей ведения сельскохозяйственного производства в Провинции Дияла все поля можно разделить на условные группы: первая группа включает участки площадью от 0,5 до 3,9 га со средним значением 1,81 га (приблизительно 2 га); вторая группа включает участки от 2,9 до 5,9 га со средним значением 3,9 га (приблизительно 4 га); третья группа – участки от 4,9 до 9,8 га. Среднее значение 7,9 га (приблизительно 8 га). Участки первой и второй групп, занимают почти половину посевных площадей Ирака, третья группа участков занимает около 40% посевных площадей.

2. Разработанная модель для оптимизации выбора оптимальных параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов при выполнении полевых механизированных операций, учитывающая особенности существующей структуры производителей, характер производственных процессов и агроландшафтные условия, позволяет осуществлять расчёты и определять наиболее подходящие теоретические параметры агрегатов.

3. С учетом математических моделей обоснования оптимальных составов МТА разработана перспективная технология возделывания пшеницы в условиях Провинции Дияла, внедрение которой позволит повысить эксплуатационное обеспечения возделывания сельскохозяйственных культур, в свою очередь технологическая модернизация производства пшеницы позволяет оптимизировать производственные процессы с улучшением потребительских характеристик машинно-тракторных агрегатов и уменьшением экономических затрат. Например, сравнениями таблиц установлено, что по сравнению с предлагаемой технологией (II условная группа полей) в сопоставимых производственных и агроландшафтных условиях по сравнению с базовой, имеет меньшую потребность в ресурсах, а именно расход общий расход топлива снижается на 11,5%, а затраты труда на 24,2%.

4. Проведена эксплуатационно-технологическая оценка сельскохозяйственных МТА на основе средних данных трёх контрольных смен, при этом определено, что агрегаты работают с отличной эксплуатационной эффективностью, поскольку 73,1% сменного времени используется на основную работу, а неосновные виды деятельности потребляют только 26,9%, распределённые следующим образом: повороты и холостые пробеги – 11,0% (необходимый, но хорошо оптимизированный элемент), затем отдых – 6,7%, затем переезды – 4,8%, затем заправка топливом – 1,5%, затем наладка и регулировки – 1,5% и, наконец, ежесменное техническое обслуживание – 1,4%.

5. Таким образом, разработанный подход формирования энергосберегающих составов МТА обеспечивает научно-обоснованное планирование механизированных работ, позволяет минимизировать избыточность техники и повысить экономическую эффективность производства пшеницы. Исследованиями установлено, что нормативное потребно количество МТА для каждой условной группы полей различное, на ряду с этим отличаются и формулы мобильных машинно-тракторных агрегатов. На примере вспашки определено, что для I условной группы полей оптимален агрегат Talos 220+ Alpler MP 043, в потребности 1,45 на 100 га пашни, для II группы – агрегат TD 100 D+ Alpler MP 044 (0,91 на 100 га пашни) и для III группы полей – агрегат TM 120+ PLN-3-35 (0,64 на 100 га пашни). При этом нормативные значения следует рассматривать как ориентировочные, поскольку в реальных условиях хозяйств возможна корректировка сроков выполнения операций, что дополнительно снижает потребность в технических средствах и повышает гибкость управления производственным процессом.

#### **ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

##### **Опубликованные статьи, входящие в перечень ВАК РФ:**

1. Алшабеби, А. Х. Н. М. О состоянии производства пшеницы в условиях мелкоконтурного земледелия республики Ирак / А. Х. Н. М., Алшабеби. И. А. Х. Хуссейн, А. Г. Левшин // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2024. – № 1. – С. 116-119.

2. Алшабеби, А. Х. Н. М. Техническая оснащённость сельхозтоваропроизводителей провинции Дияла Республики Ирак / А. Х. Н. М. Алшабеби, Н. А. Майстренко, А. Г. Левшин // Международный технический журнал. – 2025. – № 3(97). – С. 95-103. – DOI 10.34286/29449-4176-2025-97-3-95-103.

3. Дидманидзе, Р. Н. Методика расчета энергетической эффективности использования мобильных машинно-тракторных агрегатов / Р. Н. Дидманидзе, А. Х. Н. М. Алшабеби, Н. А. Майстренко // Международный технический журнал. – 2025. – № 4(98). – С. 126-136. – DOI 10.34286/29449-4176-2025-97-3-95-103.

4. Хуссейн, Х. И. А. Повышение эффективности сбора урожая и хранения на элеваторах с использованием бункера-перегрузчика / Х. И. А. Хуссейн, А. А. Н. Муса, А. А. Е. Махди // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 3. – С. 156-162. – DOI 10.36508/RSATU.2025.73.63.001.

### **Публикации в прочих рецензируемых изданиях:**

1. Алшабеби, А. Х. Н. Выбор зерноуборочных комбайнов для условий Республики Ирак / А. Х. Н. Алшабеби // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А. Н. Костякова : сборник статей, Москва, 06-08 июня 2022 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. – С. 612-615.

2. Хуссейн, И. А. Изучение производительности молотильной машины в процессе уборки урожая и возможности снижения потерь / И. А. Х. Хуссейн., А. Х. Н. М. Алшабеби, А. Г. А. А. Убайд // Journal of agriculture and environment. – 2023. – № 1. – С. 29.

3. Хуссейн, И. А. Х., Процессы транспортировки и хранения во время уборки зерновых культур / А. Х. Н. М, Алшабеби. И. А. Х, Хуссейн. А. Г. Левшин. // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева : сборник статей, Москва, 05-07 июня 2023 года. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2023. – С. 488-493.

4. Hussein, I. A. H. Studying the costs of transportation, storage and the loss of wheat crop during harvesting operations in Iraq / I. A. H. Hussein, A. G. Levshin., A. N. Alshabebi // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К. А. Тимирязева, 05-07 июня 2023 года. – 2023. – Р. 493-496.

5. Алшабеби Аль-Хаттаб, Н. М. Исследование эффективности применения сельскохозяйственных тракторов в условиях мелкоконтурных участков / Н. М. Алшабеби Аль-Хаттаб // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А. Я. Миловича : сборник статей, Москва, 03-05 июня 2024 года. Том 1. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2024. – С. 667-670.

6. Алшабеби Аль-Хаттаб, Н. М. Использование и управление сельскохозяйственной техникой и специальным оборудованием на небольших сельскохозяйственных землях / Н. М. Алшабеби Аль-Хаттаб, И. А. Х. Хуссейн // Научные исследования молодых ученых. Опора России : сборник статей всероссийской научной конференции, Петрозаводск, 01 декабря 2022 года. – Санкт-Петербург : Общество с ограниченной ответственностью «Международный институт перспективных исследований имени Ломоносова», 2022. – С. 13-16.