

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Кузнецова Ольга Александровна

УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗА СЧЁТ
ПОВЫШЕНИЯ
ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Специальность

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук, доцент
Кривуца З.Ф.

Благовещенск – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

	С
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	13
1.1 Анализ земельного потенциала, природно-климатических особенностей и производственных мощностей региона	13
1.1.1 Природно-климатические, ландшафтные и почвенные особенности Амурской области.....	15
1.1.2 Основные показатели отрасли растениеводства и перспективы развития АПК Амурской области	21
1.1.3 Использование машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве региона.....	24
1.2 Оценка способов повышения эффективности использования энергетических средств в сельском хозяйстве на полевых и транспортных работах при движении по наклонным опорным поверхностям.....	31
1.1 Обзор методики и технических решений повышения устойчивости при движении колёсных энергетических средств.....	35
1.4 Выводы	42
2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ.....	44
2.1 Методологическое обоснование подбора конструкции устройств, повышающих продольно-поперечную устойчивость МЭС.....	44
2.2 Теоретические исследования по определению влияния перераспределяющего устройства на поперечную устойчивость машинно-тракторного агрегата.....	48
2.2.1 Теоретические исследования по перераспределению сцепного веса между движителями ведущего моста трактора.....	48
2.2.2 Влияние перераспределяющего устройства на поперечную устойчивость МТА с прицепным сельскохозяйственным орудием.....	54

2.2.3 Влияние устройства на повышение поперечной устойчивости МТА с навесным сельскохозяйственным орудием.....	60
2.2.4 Теоретические исследования по влиянию перераспределяющего устройства на продольную устойчивость машинно-тракторного агрегата	68
2.3 Теоретические исследования по влиянию предлагаемого устройства на величину производительности МТА.....	74
2.4 Теоретические исследования по распределению эффективной мощности МТА.....	77
2.5 Выводы по главе.....	79
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	81
3.1 Задачи экспериментальных исследований.....	81
3.2 Общая методика проведения экспериментальных исследований.....	81
3.3 Сравнительные характеристики объектов исследований и условия проведения экспериментальных исследований.....	83
3.4 Средства измерений при проведении полевых испытаний.....	87
3.5. Измерение технологических параметров.....	91
3.5.1 Измерение тягового усилия МЭС.....	91
3.5.2 Измерение дополнительной вертикальной нагрузки на ведущие колеса МЭС.....	92
3.5.3 Измерение угла наклона.....	93
3.5.4 Измерение частоты вращения ведущих колёс МЭС.....	94
3.5.5 Измерение пройденного пути и буксования МЭС.....	95
3.6 Определение основных физико-механических свойств почвы.....	96
3.7 Методика проведения сравнительных хозяйственных испытаний.....	97
3.8 Методика математической обработки экспериментальных данных.....	98
3.8.1 Оценка точности измерений.....	98
3.8.2 Статистическая обработка экспериментальных данных.....	99
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	102

4.1 Результаты экспериментальных исследований по определению влияния МСХС на продольно-поперечную устойчивость МЭС.....	102
4.1.1 Результаты экспериментальных исследования по определению влияния МСХС на поперечную устойчивость МЭС.....	103
4.1.2 Результаты экспериментальных исследования по определению влияния МСХС на продольную устойчивость МЭС.....	112
4.2 Результаты тяговых испытаний МЭС с устройством перераспределения нагрузки.....	117
4.3. Результаты сравнительных хозяйственных испытаний.....	120
4.4 Исследование техногенного воздействия ходовой системы экспериментального МЭС на почву.....	124
4.5 Выводы.....	130
5. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЭС С УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕПНОГО ВЕСА.....	132
ВЫВОДЫ.....	136
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	138
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	162

ВВЕДЕНИЕ

В рамках достижения полной продовольственной безопасности государства перед современным агропромышленным комплексом Амурской области поставлена задача по повышению объёма производства основной фирменной культуры сои почти в два раза. Достичь этих показателей возможно за счёт применения новых сортов семян, применения интенсивных технологий возделывания и высокопроизводительной техники, а также введения в севооборот новых или залежных земельных площадей. В настоящее время в производство вовлечены практически все пахотные земли, имеющие равнинный рельеф местности или участки с небольшим уклоном до 12 градусов.

Поэтому, с учётом перспективного расширения объёмов сельскохозяйственных площадей, необходимы разработка и применение технических и технологических решений, способствующих культурному освоению земельных участков, имеющих большой угол уклона или подъездные пути с высокой продольной или поперечной крутизной дорог, и которые в настоящее время не используются из-за отсутствия специальных энергетических средств для их обработки.

Как правило данные участки приходятся на долю крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ), которые не в состоянии, из-за недостаточных финансовых средств, приобрести специализированные энергетические средства, способные реализовывать заложенные конструкцией функции, на рассматриваемых участках земельных площадей. Другой проблемой КФХ является то, что имеющиеся у них земельные участки, как правило, имеют мелкоконтурную структуру (менее 2 га), не позволяющие использовать на них более энергонасыщенную технику.

Вместе с тем, в общем объёме регионального производства на долю сельскохозяйственной продукции, произведённой КФХ приходится до 19 % (на 1.03.2019 года) и решить поставленную задачу по увеличению объёма производства сельскохозяйственной продукции без использования мощностей КФХ не представляется возможным.

Поэтому для использования участков и полей, имеющих большой угол склона, необходимо совершенствовать имеющиеся в наличии энергетические средства за счёт модернизации конструкции и внедрения новых технических решений, позволяющих повысить их эксплуатационно-технологические возможности, что является современной, насущной и актуальной задачей агропромышленного комплекса как амурского региона, так и Дальнего Востока России в целом.

Степень разработанности темы Повышению продольно-поперечной устойчивости, стабилизации движения в условиях склоновых поверхностей, эффективности использования мобильных энергетических средств (МЭС) в агропромышленном комплексе посвящены ряд работ научных деятелей как в Российской Федерации, так и зарубежных учёных. Так вопросам повышения эффективности использования МЭС на транспортных работах посвящены исследования Н.В.Алдошина, А.Н. Баранского, Ю.А. Гуськова, Ф.С.Завалишина, С.А. Иофинова, А.Ю.Измайлова, З.Ф. Кривуцы, А.И.Новожилова, Н.Ф.Скuryтина, С.Д. Сметнева, И.И. Трепененкова, В.С. Филонова, других учёных.

Вопросы повышения эффективности за счёт улучшения тягово-сцепных свойств тракторов сельскохозяйственного назначения нашли отражение в трудах Д.С. Гапича, А.Н. Панасюка, Н.И.Селиванова, В.А. Скотникова, А.М. Емельянова, С.А.Шишлова, С.В. Щитова, и многих других авторов.

Факторы стабилизации движения сельскохозяйственных комплексов и принципы формирования агрегатов на основе результатов опытных исследований рассматривались в работах П.А. Амельченко, Е.М. Асманкина, А.В.Богданова, А.В. Войтикова, В.В. Гуськова, И.С.Житенко, В.Е.Красильникова, Г.М.Кутькова, И.П. Ксеновича, В.В.Ларина, Я.М.Певзнера, Е.С.Поликутиной, В.И.Поддубного, Н.И Селиванова, Н.М.Соколова, В.С. Стеновского, А.В.Сюмака, С.В.Тарасовой, Т.В. Хухуни, и других исследователей.

Исследованию факторов «устойчивости» ходовой системы автомобилей и тракторов посвятили свои работы авторы такие ученые, как Г.А. Гаспарянц, Г.В. Зимелев, В.А. Иларионов, С.А. Иофинов, И.П. Ксенович, А.М. Ляпунов, М.И.

Ляско, Е.В. Михайловский, Я.М. Певзнер, В.А. Скотников, Б.С. Фалькевич, Е.А.Чудаков. Общим выводом авторов является необходимость учёта показателей устойчивости агрегата и сопутствующих факторов, влияющих на тяговые и тормозные характеристики, управляемость, способность сопротивляться боковому скольжению при планировании и выполнении как транспортных, так и сельскохозяйственных операций.

Проведённый анализ показал, что одним из перспективных способов улучшения продольно- поперечной устойчивости и тягово-сцепных свойств МЭС является рациональное перераспределение веса конструкции МТА в зависимости от условий использования, при этом исследованные конструктивные особенности моноблочного трактора колёсной схемы 4к2 позволяют произвести изменение нагрузки на движители при применении быстросъёмных дополнительных оригинальных корректирующих устройств без внесения изменений в конструкцию трактора.

Учитывая, что в известном уровне техники недостаточно исследованным остаётся вопрос перераспределения сцепного веса для повышения продольно-поперечной устойчивости МТА в условиях переувлажненного верхнего слоя почвы и наличии твердого подстилающего слоя в виде мерзлоты, характерного для дальневосточных регионов Российской Федерации, была предложена **научная гипотеза** о том, что добиться повышения эксплуатационно-технологических параметров МТА в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при использовании в условиях мелкоконтурных полей и земельных участков, имеющих большой угол уклона, возможно применением способов перераспределения сцепного веса в конструкции машинно-тракторного агрегата.

При этом необходимо отметить, что результаты работы не только позволят расширить массив знаний о взаимодействующих элементах и условиях работы МЭС в технологии мелкоконтурного земледелия, но и имеют межрегиональную направленность при внедрении в производственные и логистические схемы. Для обоснования проведения работы была сформулирована **цель исследования** –

установление влияния продольно-поперечной устойчивости колёсного мобильного энергетического средства на его технологические параметры в условиях склоновых земель

Для решения поставленной цели определены следующие задачи исследований:

- проанализировать особенности природно-климатических и производственных условий региона и установить их влияние на эффективность использования и тягово-сцепные свойства МЭС;
- предложить методологическое обоснование подбора и алгоритм формирования конструкции устройств для повышения продольно-поперечной устойчивости колёсного МЭС;
- выявить влияние устройства для повышения продольно-поперечной устойчивости с прицепными и навесными сельскохозяйственными орудиями на перераспределение сцепного веса, тягово-сцепные качества и производительность МТА;
- провести сравнительные хозяйственные испытания МТА в условиях мелкоконтурного земледелия;
- определить влияние ходовой системы МЭС на физико-механические свойства почвы;
- выполнить экономическую и топливно-энергетическую оценку проведённых исследований.

Объект исследования - процесс выполнения сельскохозяйственных работ машинно-тракторными агрегатами на мелкоконтурных полях и земельных участках, имеющих значительный угол уклона.

Предмет исследования- изучение закономерностей, определяющих влияние процессов перераспределения сцепного веса на повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов при выполнении механизированных работ на мелкоконтурных полях и земельных участках, имеющих значительный угол уклона.

Научную новизну представляют:

- методологическое обоснование подбора и алгоритм формирования конструкции устройств для повышения продольно-поперечной устойчивости колёсного МЭС;

- аналитические зависимости по перераспределению сцепного веса между колесами трактора, находящимися на одной оси, формирующиеся при воздействии устройства для перераспределения сцепного веса;

- математические зависимости по повышению поперечной и продольной устойчивости МТА с прицепными и навесными сельскохозяйственными орудиями в условиях движения по склоновым поверхностям;

- зависимости улучшения технологических параметров от условий устойчивости машинно-тракторного агрегата.

Научная новизна, изобретательский уровень и промышленная применимость математических зависимостей и технических решений подтверждены 2 свидетельствами на программу для ЭВМ и 10 патентами Российской Федерации на интеллектуальную собственность.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработаны и проверены новые подходы к формированию методологического обоснования подбора и формирования устройств, позволяющих повышать продольно-поперечную устойчивость МТА с целью повышения эффективности их использования на почвах с низкой несущей способностью на мелкоконтурных полях и земельных участках, имеющих большой угол уклона.

Использование колесного МЭС с устройством для повышения продольно-поперечной устойчивости повышает величину производительности и снижает техногенное воздействие на почву при уменьшении величины буксования за счет рационального распределения веса.

Полученные экспериментальные зависимости позволяют сократить затраты времени и материальных средств при конструировании, совершенствовании, доработке и внедрении колесных МЭС с устройством для повышения продольно-поперечной устойчивости.

Материалы исследований используются в ОАО «Димское» Тамбовского района, ООО «СОЮЗ» Октябрьского района, КФХ «Жуковин С.А» Благовещенского района, КФХ «Заречное» Михайловского района Амурской области. Полученные результаты и уточнения теории использования колесного МЭС с устройством для повышения продольно-поперечной устойчивости в технологии возделывания сельскохозяйственных культур внедрены и используются в учебном процессе на кафедре «Транспортно-энергетических средств и механизации АПК» ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ.

Методология и методы исследований. Исследования по теме диссертации выполнены в Дальневосточном ГАУ в соответствии с научно-технической программой на 2011-2015, 2016-2020 г.г. тема 15-«Перспективная система технологий и машин для сельскохозяйственного производства Дальнего Востока» ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, номер государственной регистрации 01200503571. Общим методологическим подходом к проведению исследований является системный аналитико-математический метод с проведением комбинированного дисперсионно-аналитического анализа, позволяющий выявить и изучить связи в пределах раскрытия взаимодействующих величин и оптимумов между технологическими и конструктивно-режимными параметрами работы МТА, позволяющими повысить эффективность их использования.

В теоретических исследованиях по повышению продольно-поперечной устойчивости МЭС в технологии возделывания сельскохозяйственных культур использованы как известные, так и авторские математические и экспериментальные методики, а также положения теоретической и прикладной механики, деталей машин и механизмов. Экспериментальные исследования проведены в реальных производственных условиях эксплуатации МТА. Полученные экспериментальные данные обработаны с применением методов математической статистики, 3D- графического моделирования и использованием специализированных программ для ЭВМ Mathcad и SigmaPlot v.11.0.

Основные положения, выносимые на защиту:

- методологическое обоснование подбора и алгоритм формирования конструкции устройств для повышения продольно-поперечной устойчивости колёсного МЭС;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований по повышению продольно-поперечной устойчивости и эффективности использования МТА;

- технико-экономическая оценка работы МТА с устройством для повышения продольно-поперечной устойчивости в технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Степень достоверности и апробация результатов работы.

Достоверность полученных данных подтверждается сходимостью теоретических обоснований и экспериментальных показателей в рамках доверительных интервалов, результатами лабораторных и полевых испытаний, проведённых с достаточным количеством опытов и применением программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего требуемую точность измерений, обработкой опытных данных с использованием специализированных математических программ на персональных ЭВМ, высокими экономическими показателями внедрения предложенных методологических и технических решений, рекомендациями производственных коллективов, а также использованием результатов исследований конструкторскими и другими организациями.

Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научно-практических конференциях ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ (2015 - 2020 г.г.), национальных и международных научно-практических конференциях: «Новые тенденции развития сельскохозяйственных наук» (Ростов-на-Дону, 2015 г.), «Актуальные проблемы сельскохозяйственных наук в России и за рубежом» (Новосибирск, 2016 г.), «Проблемы и достижения в науке и технике» (Омск, 2016 г.), «Актуальные вопросы технических наук в современных условиях» (Санкт-Петербург, 2017 г.), «Актуальные вопросы науки и техники» (Самара, 2017 г.), «Актуальные направления фундаментальных и прикладных

исследований» (North Charleston, USA, 2017 г.), «Актуальные вопросы науки и техники» (Самара, 2019 г.), «Актуальные вопросы развития науки в мире» (Москва, 2019 г.), «Современные концепции научных исследований» (Москва, 2020 г.).

Результаты исследований используются в ОАО «Димское» Тамбовского района, ООО «СОЮЗ» Октябрьского района, КФХ «Жуковин С.А» Благовещенского района, КФХ «Заречное» Михайловского района Амурской области, а также используются в учебном процессе на кафедре «Транспортно-энергетические средства и механизация агропромышленного комплекса» (ТЭС и МАПК) ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ.

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в сборниках национальных и международных научно-практических конференций, научных трудов ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, в журналах: «Сельский механизатор»; «Дальневосточный аграрный вестник»; АгроЭкоИнфо: электронный научно-производственный журнал, «Международный научно-исследовательский журнал», Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems(JARDCS); International Journal of Applied Engineering Research (IJAER).

В список основных работ, опубликованных по теме диссертации включена 31 публикация, в том числе 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, 10 патентов на изобретения и полезную модель.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы, состоящего из 209 наименований, в том числе 25 на иностранном языке и приложений. Общий объём работы составляет 177 с., содержит 82 рисунка, 9 таблиц.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.2 Анализ земельного потенциала, природно-климатических особенностей и производственных мощностей региона

В современном сельскохозяйственном производстве совокупность природно-климатических, почвенных и производственных условий являются основными факторами, влияющими на эффективность функционирования агропромышленного комплекса.

В связи с принятием Правительством РФ новой доктрины продовольственной безопасности государства и Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года необходимость максимальной сельскохозяйственной эффективности приобретает значение национальной задачи, решение которой во многом зависит от продуктивной реализации регионального потенциала. Структура сельскохозяйственных угодий и распределения земель запаса Дальневосточного федерального округа на 2018 год представлена на рисунке 1.1 и рисунке 1.2[146].



Рисунок 1.1- Структура сельскохозяйственных угодий ДФО на 2019 год

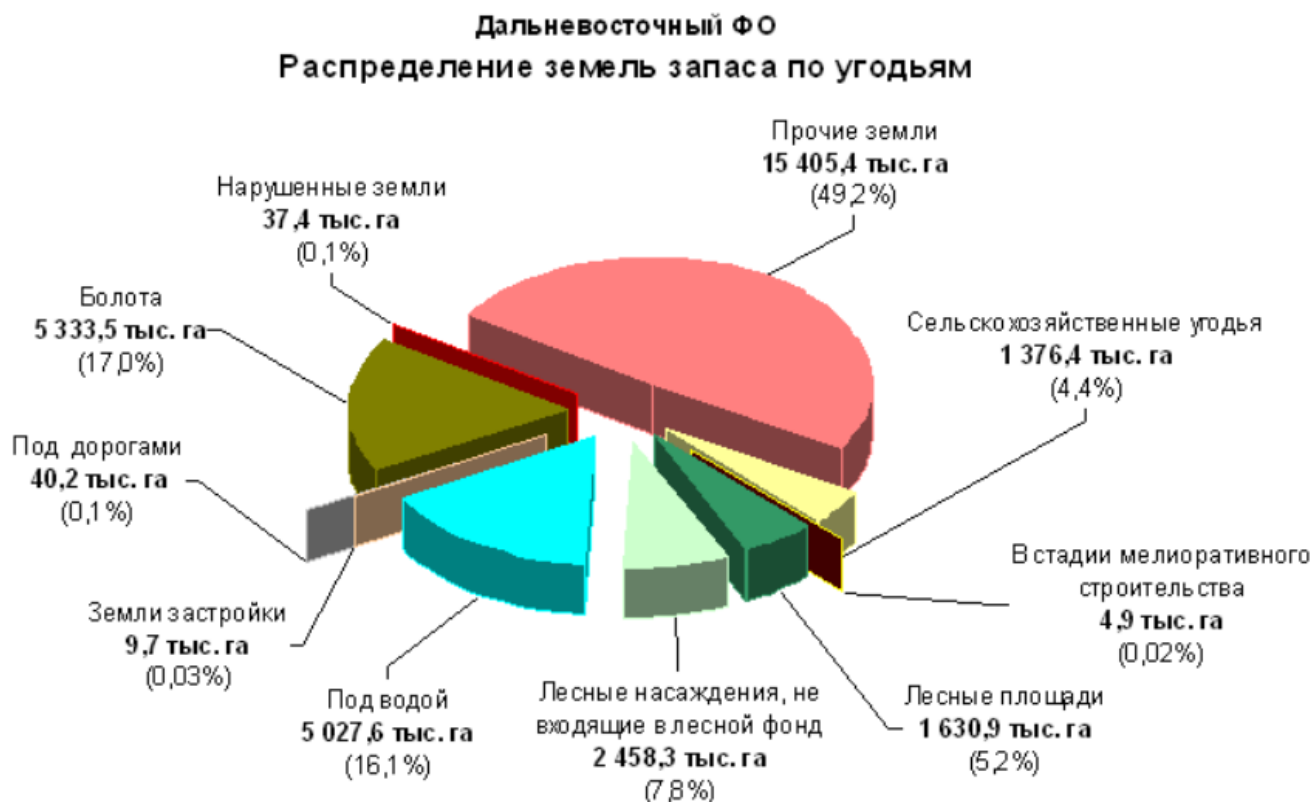


Рисунок 1.2- Структура распределения земель запаса ДФО на 2019 год

Приведённые данные (рисунок 1.1...1.2) позволяют обосновать необходимые направления расширения посевных площадей для нужд растениеводства в пределах округа при использовании комплексных методик и практик рассмотрения и всестороннего анализа взаимодействующих условий и факториальных зависимостей, влияющих на расширение посевных площадей и эффективность применяемых в агропромышленном комплексе Амурской области технологий сельскохозяйственного производства, что послужит основой для установления необходимых причинно-следственных связей, качественного поиска и формирования исполнительских функций, разработки эффективных долгосрочных программ и потенциальной реализации оптимальных решений регионального уровня.

1.1.1 Природно-климатические, ландшафтные и почвенные особенности Амурской области

Амурская область расположена на юго-востоке азиатской части Дальнего Востока Российской Федерации, занимая 11,7% его территории. Амурская область – самая континентальная из областей и краёв Дальнего Востока. Для области характерны климатические контрасты – очень холодная малоснежная зима и тёплое, а на юге жаркое лето.

Годовые амплитуды (разница средних многолетних температур самого теплого и самого холодного месяцев) достигают в области 46-51°. Так, на севере летом температура достигает 35-38°, а в южных районах 38-40°. Зимой температура снижается до - 55-60° на севере и - 45-50° – на юге. Практически приход особо холодного арктического воздуха отмечается уже в ноябре месяце усиливаясь в зимний период (рисунок 1.3) при этом почва промерзает до 2,5 м [113,146,149], также в зимнее время образуется устойчивый снежный покров высотой до 0,2м.

Наименьшая зафиксированная продолжительность тёплого периода 173 дня, продолжительность безморозного периода 120-145 дней, что позволяет благополучно произрастать видам растений с вегетационным периодом до 150 дней.

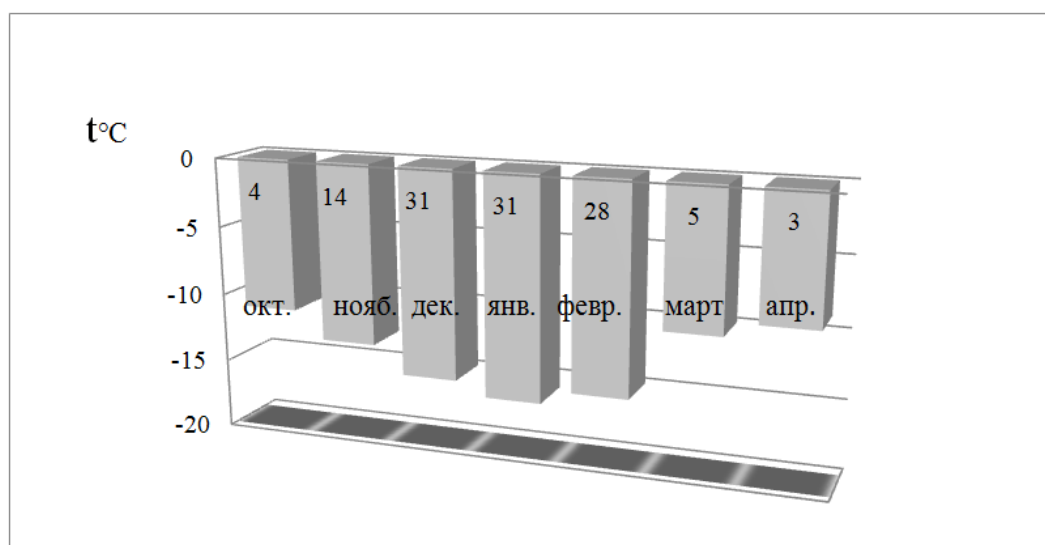


Рисунок 1.3- Среднее количество дней с отрицательными температурами

По характеру рельефа Амурская область делится на две части: равнинную и горную, геоморфологически разделенные на Амуро-Зейскую и Зейско-Буреинскую равнины. Горные и возвышенные участки занимают примерно 60%, равнины - 40% территории. Гипсометрическая карта Амурской области представлена на рисунке 1.4 [146].

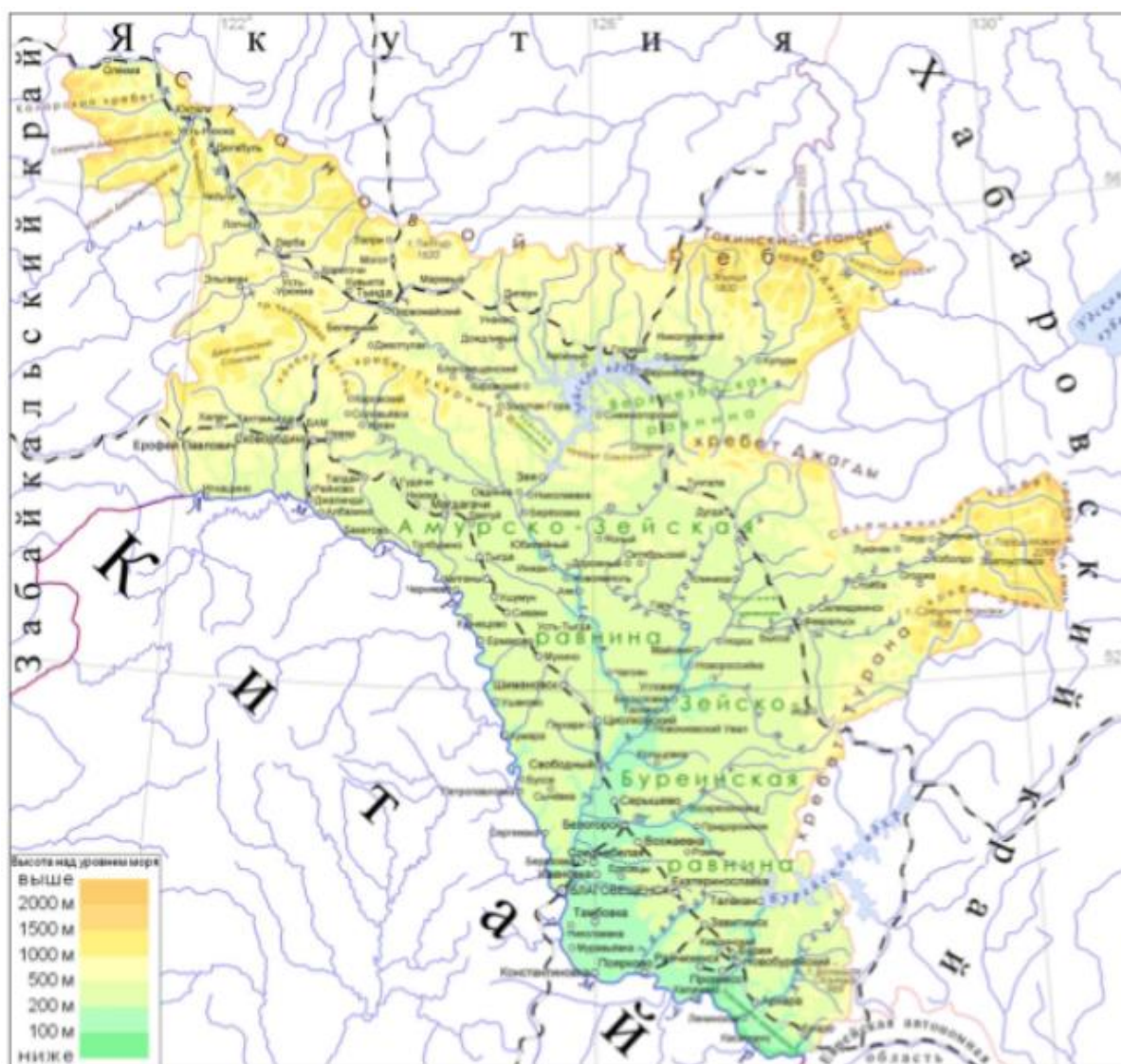


Рисунок 1.4- Гипсометрическая карта Амурской области

Амуро-Зейская равнина расположена между системой хребтов Янкан-Тукурингра-Соктахан-Джагды с севера и реками Зеей с востока и Амуром-с юга, включает в себя северно-таёжную, горно-таёжную, северную и центральную зоны земледелия. Это возвышенное, всхолмленное плоскогорье с ландшафтом в

виде холмисто-увалистой равнины и относительной высотой рельефа от 100 до 165 метров. При этом в рельефе господствуют склоновые поверхности от 10 до 35° и выше. Вершинные поверхности слабовыпуклы, долины представлены падами, балками и оврагами.

Зейско-Буреинская равнина расположена между реками Зеей, Амуром и Буреей, ограничена с севера и востока хребтом Джагды и Турана, включает в себя Архаринскую низменность, является южной зоной земледелия и представляет собой единую платформу с абсолютными отметками междуречий 80-100 метров над уровнем моря и массивами сопок до 120 метров[146].

При этом к северной зоне земледелия относят Тындинский, Зейский, Селемджинский, Сковородинский, Магдагачинский и Мазановский районы, к центральной относятся южные районы Магдагачинского и Мазановского районов, Шимановский, Свободненский и северная часть Благовещенского района, к южной зоне - Благовещенский район, Бурейский, Завитинский, Михайловский, Константиновский, Тамбовский, Ивановский, Октябрьский, Белогорский, Серышевский районы Амурской области (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5- Административно-территориальное разделение Амурской области

Амурская область, располагая огромными земельными ресурсами, по площади пахотных земель является крупнейшим регионом в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) Российской Федерации ДФО, при этом общая площадь земельных ресурсов составляет более 3599, 6 тыс. га, из них посевная площадь – 2332,0 тыс. га. Процентное распределение пахотных площадей по зонам земледелия представлено на рисунке 1.6.

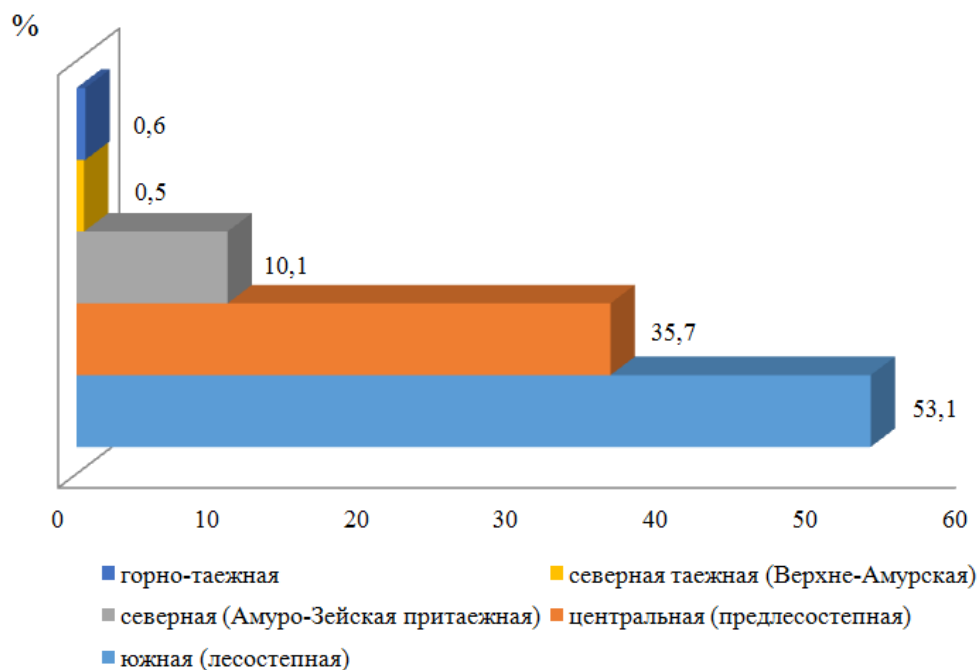


Рисунок 1.6– Распределение основных посевных площадей региона по зонам земледелия, %

На Амуро-Зейской равнине распространены бурые лесные, глеевато-средне-суглинистые, подзолисто-бурые лесные почвы, на Зейско-Буреинской равнине-лугово-черноземовидные почвы. При этом на Зейско-Буреинской равнине-лугово-черноземовидные почвы наиболее пригодными для земледелия являются лугово-черноземовидные почвы, которые занимают примерно 660 тыс. га. Рельеф пахотной площади - слегка волнистая равнина, имеющая угол склона в пределах 3 градусов.

Вместе с тем, присутствие неблагоприятных для развития растений факторов, а именно значительные низкие температуры зимой и в ранне-весенний период со значительной глубиной промерзания, вызывает формирование

верховодки при наличии подстилающего мерзлотного слоя в период проведения полевых работ. Наряду с этим относительно небольшая высота снежного покрова, недостаток влаги весной и в начале лета, переувлажнение в период основного созревания и сбора сельскохозяйственных культур (рисунок 1.7), ранние морозы с выпадением осадков в виде снега осенью, формируют как перечень возделываемых культур согласно зональной специализации, так и агротехнические сроки подготовки почв, посева и уборочных мероприятий.

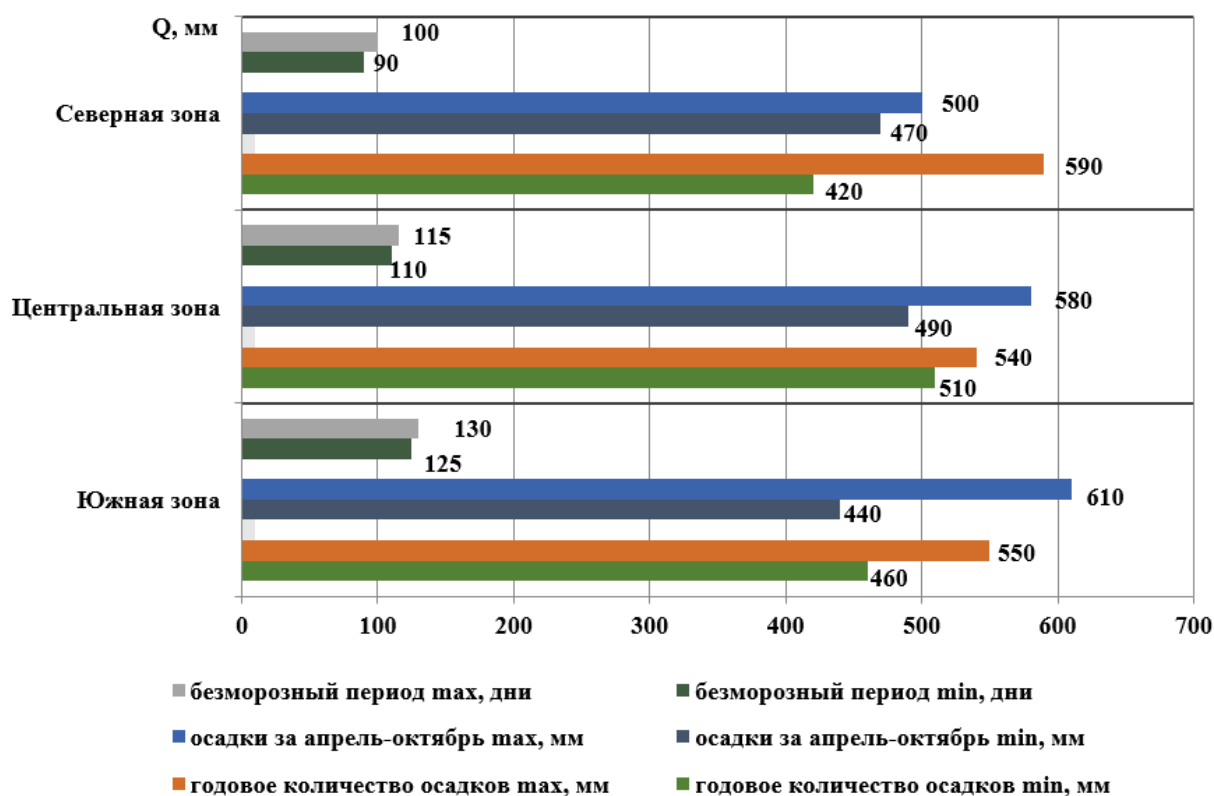


Рисунок 1.7- Распределение годового количества осадков по зонам земледелия Амурской области за период 2017-2019 г.г.

Зональная специализация для Амурской области выглядит следующим образом:

- В Южной зоне- преобладание соево-зернового производства и развитого животноводства;

- в Центральной зоне - мясомолочное скотоводство и свиноводство в сочетании с производством зерна и сои для откорма;

- в Северной зоне, северно-таёжной, горно-таёжной - мясомолочное

скотоводство и свиноводство, в крестьянско-фермерском секторе – картофелеовощное направление.

Для определения запасов земельных ресурсов региона рассмотрим их наличие, структуру и качественное состояние на примере распределения земель по категориям в процентном соотношении от общей площади земельного фонда на примере Благовещенского района Амурской области [113,114] (рисунок 1.8).

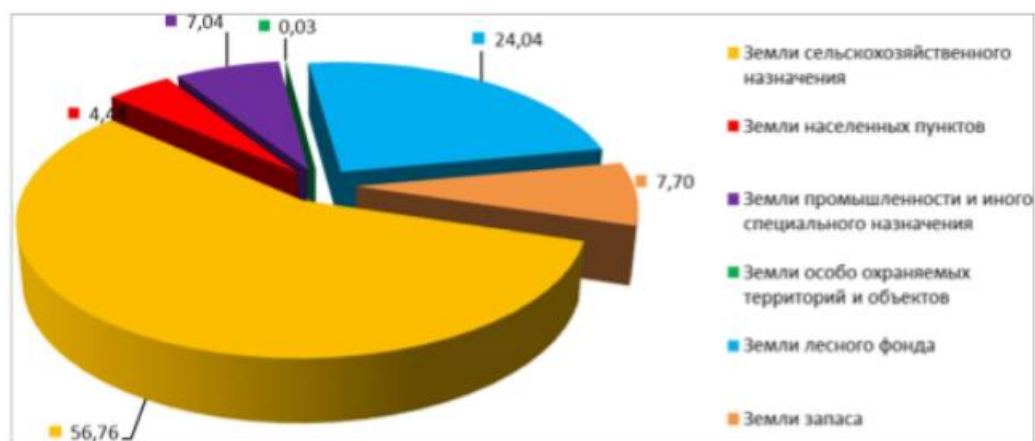


Рисунок 1.8- Распределение земель по категориям в процентном соотношении от общей площади земельного фонда в Благовещенском районе Амурской области

Анализ данных показывает, что большинство площади земельного фонда района занимают земли сельскохозяйственного назначения – 56,76% (173657 га). Существенная площадь также занята землями запаса – 7,70% (23545 га).

Благовещенский район занимает южный стык Амурско–Зейской и Зейско – Буреинской равнин. Территория района делится рекой Зеей на Юго-Восточную пониженную и Северо-Западную возвышенную равнины. Вдоль реки Зея тянется заболоченная пойменная терраса, пригодная в основном, для сенокосных угодий.

В восточной части территории местность равнинная, открытая, заболоченная, труднопроходимая вне дорог для всех видов транспорта. Поверхность равнины плоская или слабо волнистая, пересеченная многочисленными речными долинами с плоским заболоченным дном. Для равнины характерно наличие большого количества блюдцеобразных заболоченных впадин [117].

Западнее местность холмисто-грядовая, местами низкогорная, с абсолютной

высотой 200-400 метров (наивысшая отметка 498 метров). Гряды гор и холмов имеют плоские, реже округлые гребни, длиной до 600 метров, пригодные для земледелия, склоны их крутые (15-20 градусов, местами до 30 градусов),

Гряды разделены широкими (до 2 км) речными долинами, с плоским заболоченным дном. Склоны долин крутые (20-30°), местами обрывистые и скалистые [146].

Таким образом, растениеводство на землях Благовещенского района сопряжено с выполнением работ и движением энергетических средств в составе агрегатов в условиях наличия поверхностей с высокими поперечными и продольными углами.

1.1.2 Основные показатели отрасли растениеводства и перспективы развития АПК Амурской области

Амурская область в силу своего географического расположения, наличия относительно благоприятных почвенных и климатических особенностей является основным сельскохозяйственным регионом Дальневосточного федерального округа (ДФО) Российской Федерации (РФ) (таблица 1.1) [6,113,114].

Таблица 1.1- Стоимость продукции сельского хозяйства ДФО РФ

Обновлено 31.01.2019				
ПРОДУКЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА в 2018 году ¹⁾				
(в фактических ценах; млн. рублей)				
	Хозяйства всех категорий	в том числе:		
		сельско-хозяйственные организации	хозяйства населения	крестьянские (фермерские) хозяйства, индивидуальные предприниматели
Дальневосточный федеральный округ	194937,7	68825,8	96424,1	29687,9
Республика Бурятия	16538,1	4834,6	10539,7	1163,8
Республика Саха (Якутия)	26377,2	6170,1	13012,7	7194,4
Забайкальский край	22600,8	3249,3	16949,5	2402,0
Камчатский край	8275,1	3598,1	3605,9	1071,2
Приморский край	41181,4	16145,2	19649,5	5386,7
Хабаровский край	16446,0	3577,1	12041,6	827,2
Амурская область	44514,2	22883,3	14166,9	7464,1
Магаданская область	2531,1	364,9	955,9	1210,2
Сахалинская область	10605,0	5741,6	3344,2	1519,2
Еврейская автономная область	4529,9	1010,2	2080,6	1439,2
Чукотский автономный округ	1339,0	1251,4	77,6	10,0

Однако общая стоимость продукции сельского хозяйства Амурской области

в суммарной стоимостной структуре РФ достаточно незначительна и составляет 44514,2 млрд.рублей, что помещает область на 38 место из 86 регионов РФ.

Согласно принятой Правительством РФ доктрины продовольственной безопасности государства и Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока до 2025 года предусмотрена реализация ряда мероприятий, направленных на социально-экономическое развитие и поддержку агропромышленного комплекса. Правительством Амурской области также принимаются действенные шаги по повышению эффективности сельскохозяйственного производства в регионе, выражающиеся в принятии ряда программ стимулирующего характера.

Меры, принятые государством, уже позволяют провести расширение объёма посевных площадей за счёт обработки залежных или временно-неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения, в основном находящихся на территории Зейско-Буреинской равнины (рисунок 1.9).

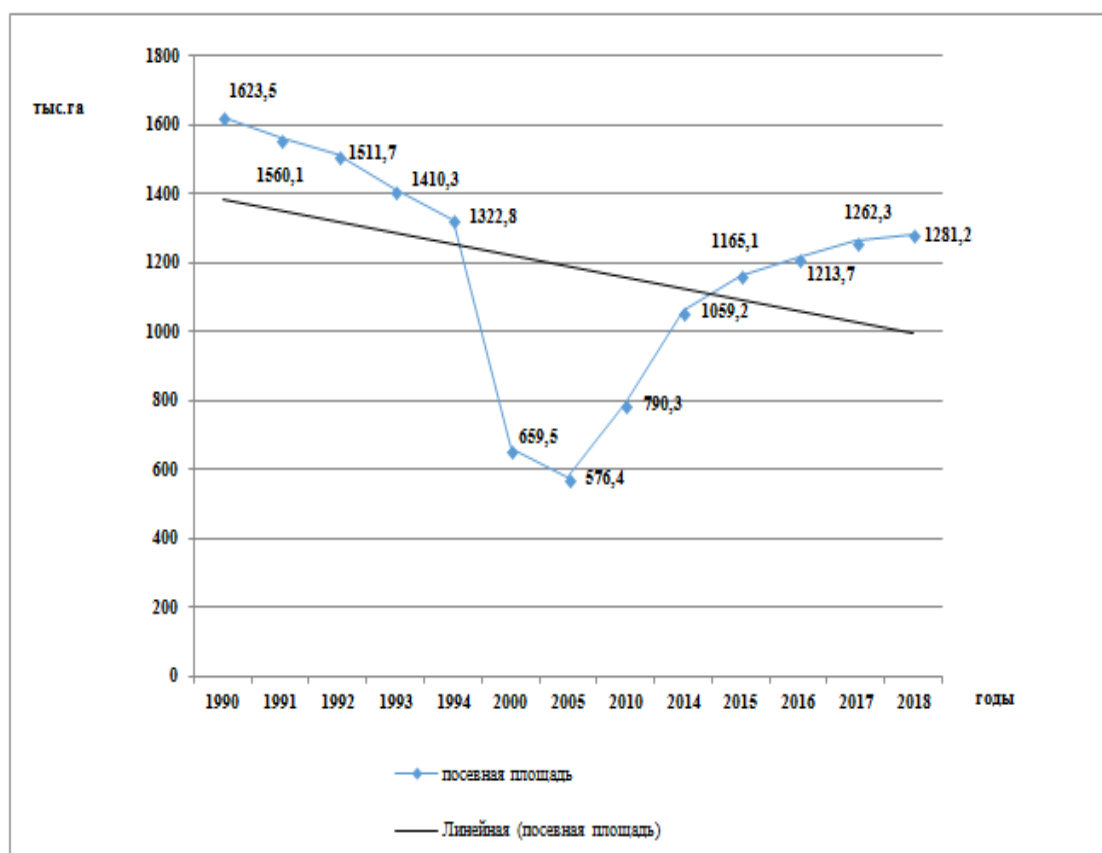


Рисунок 1.9- Анализ посевных площадей за период 1990-2018 г.г.

Сравнительный анализ данных (рисунок 1.9) показывает, что по отношению

к 1990 году (1623,5 тыс.га) показатель 1281,2 тыс.га в 2018 года является недостаточным, но при учёте разработки пахотных земель центральной и северной земледельческих зон пахотные мощности региона могут быть значительно увеличены.

Увеличение посевных площадей позволило повысить суммовой эквивалент стоимости валового продукта сельского хозяйства региона (рисунок 1.10). Несмотря на некоторый спад в 2016-2018 годах, что вызвано неблагоприятными природно-климатическими факторами, общий тренд показывает положительную тенденцию к увеличению валовых сборов продукции АПК области.

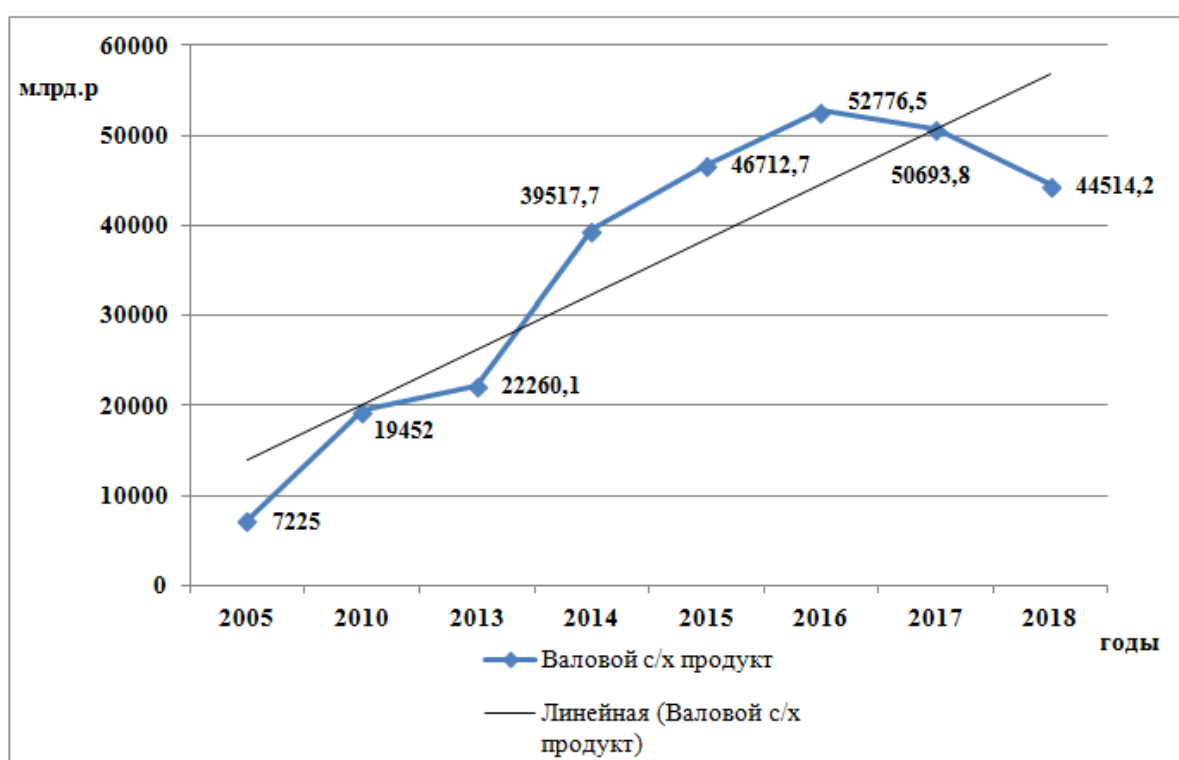


Рисунок 1.10- Анализ стоимости валового продукта сельского хозяйства региона за период 2005-2018 г.г.

Основные показатели и динамика развития отрасли растениеводства агропромышленного комплекса Амурской области за период 2007-2018 г.г. и в перспективе представлены в таблице 1.2 [6,113].

Таблица 1.2- Динамика развития отрасли растениеводства агропромышленного комплекса Амурской области за период 2007-2018 г.г.

Основные показатели развития растениеводства в Амурской области							
Показатели	2007	2008	2009	2012	2017	2018	2020 (проект)
Производство продукции в хозяйствах всех категорий, тыс. тонн							
Зерновые культуры	361,9	272,8	337,8	338,2	327,5	359,9	604,0
в т. ч. :кукуруза на зерно	1,0	4,5	2,7	26,7	15,6	26,7	150,0
гречиха	7,6	7,4	3,1	12,6	9,9	12,6	20,7
Соя	245,6	304,9	412,3	724	880,12	1055,3	994,0
Картофель	271,5	364,8	304,7	296,0	195,08	200,9	381,6
Овощи	56,6	67,3	59,2	69,3	46,78	49,5	78,0
Урожайность, ц /га убранной площади							
Зерновые культуры	15,8	10,8	14,0	9,0	17,9	18,7	18,4
в т. ч. :кукуруза на зерно	18,4	45,5	18,5	32,3	28,2	24,8	40,0
гречиха	4,4	6,0	3,1	5,1	7,1	7,7	8,8
Соя	7,9	8,6	10,5	12,6	13,8	12,6	13,1
Картофель	144	179	148	147,1	137,6	149,0	172,7
Овощи	125	157	130	135	138,4	166,0	156,0

Обзор данных позволяет сделать вывод об эффективности принимаемых государством мер по повышению валовой отдачи региона. Вместе с тем необходимо отметить, что дальнейшее повышение эффективности АПК Амурской области возможно за счёт повышения урожайности используемых или расширения посевных площадей, что осуществимо только за счёт обработки залежей, нуждающихся в мелиоративных, культивационных либо восстановительных мероприятиях временно-неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения либо включения в севооборот склоновых земель, находящихся в северной и центральной агроклиматической зоне земледелия региона.

1.1.3 Использование машинно-тракторного парка сельском хозяйстве региона

Современное сельское хозяйство, наряду с внедрением современных технологий почвенной обработки, посева и уборочных мероприятий, нуждается в соответствующем наличии и качественном состоянии как энергетических средств, так и средств механизации производства.

Производственный опыт показывает, что проведение в положенные агротехнические сроки почвенной обработки, внесение удобрений и необходимых для питания растений элементов, химических средств для уничтожений сорных растений, своевременный посев и сбор урожая, его транспортировка и доработка напрямую зависят от автономной ресурсообеспеченности сельскохозяйственных организаций или потенциальной и низкоч затратной возможности их привлечения.

Большая роль для достижения данных целей отводится МТП. Данные о наличии энергетических средств, основных средств механизации в хозяйствах региона и динамика приобретения-списания тракторов представлены на рисунках 1.11-1.13.

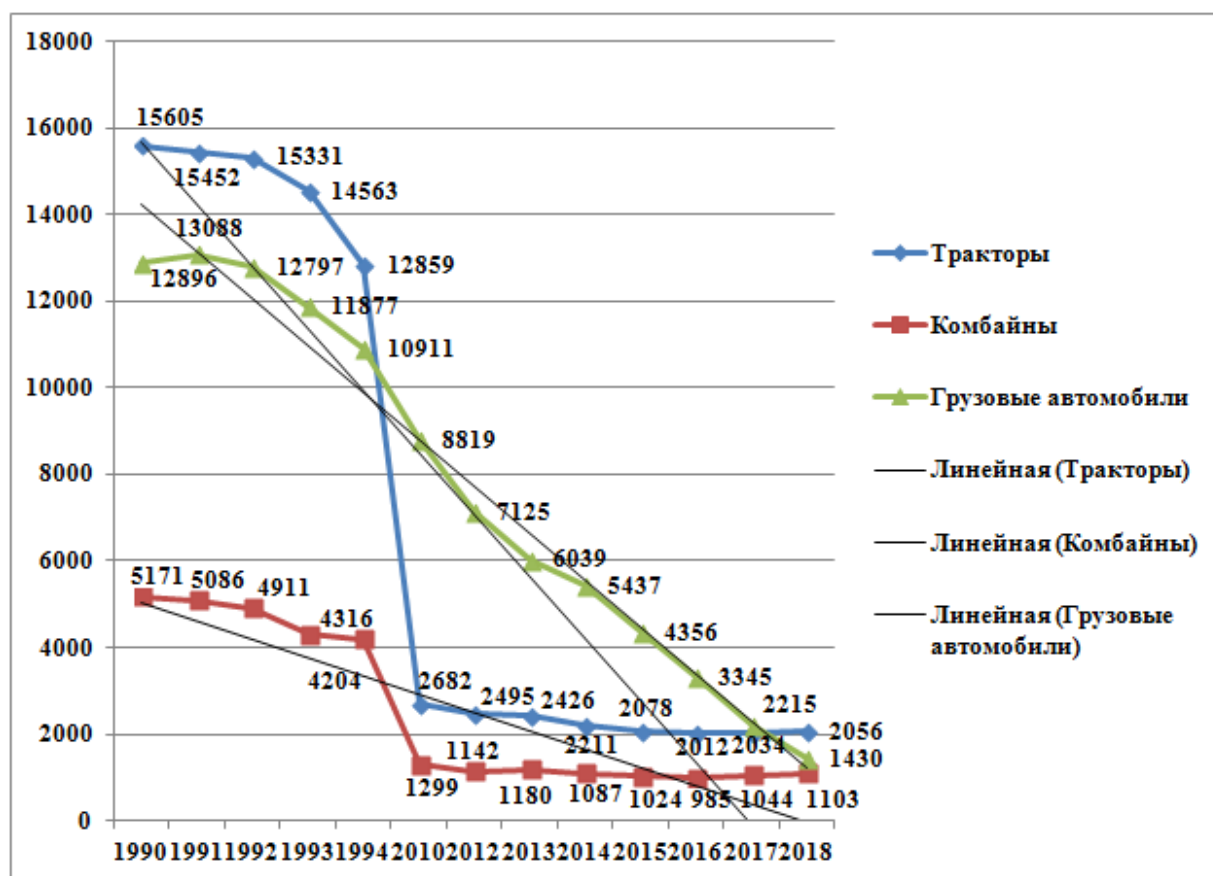


Рисунок 1.11- Количество тракторов, комбайнов и грузовых автомобилей в хозяйствах Амурской области в период 1990-2018 г.г.

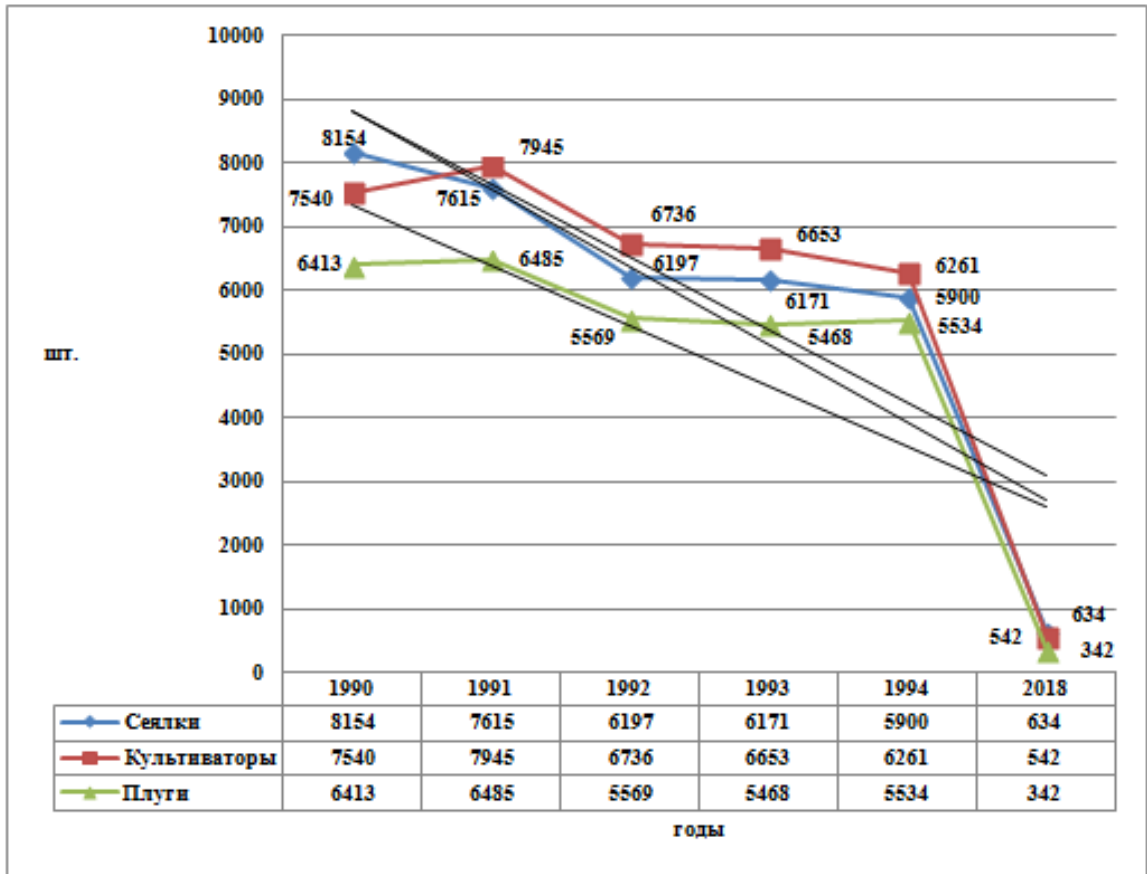


Рисунок 1.12- Количество основных средств механизации в хозяйствах Амурской области в период 1990-2018 г.г.

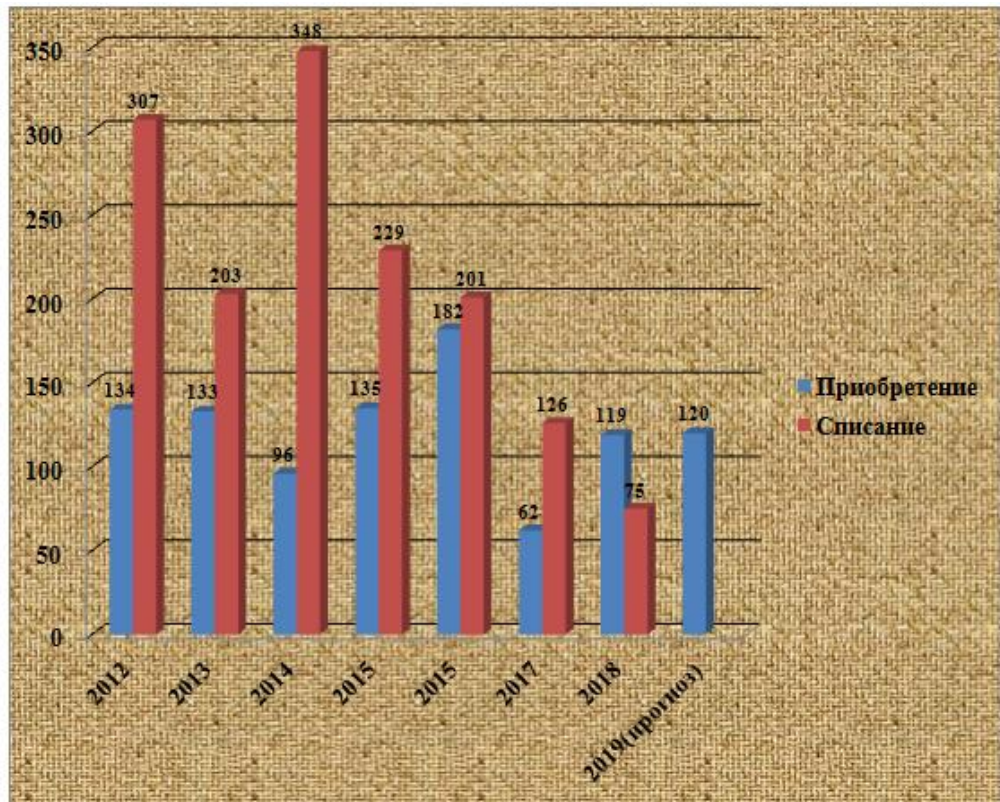


Рисунок 1.13-Динамика приобретения-списания тракторов

Таким образом постепенное снижение, вследствие износа и естественного старения, количества энергетических средств и средств механизации привело к увеличению нагрузки на имеющиеся в организациях производственные мощности. Обеспеченность тракторами в регионе и сравнительные данные обеспеченности в зарубежных странах представлены на рисунках 1.14 и 1.15.

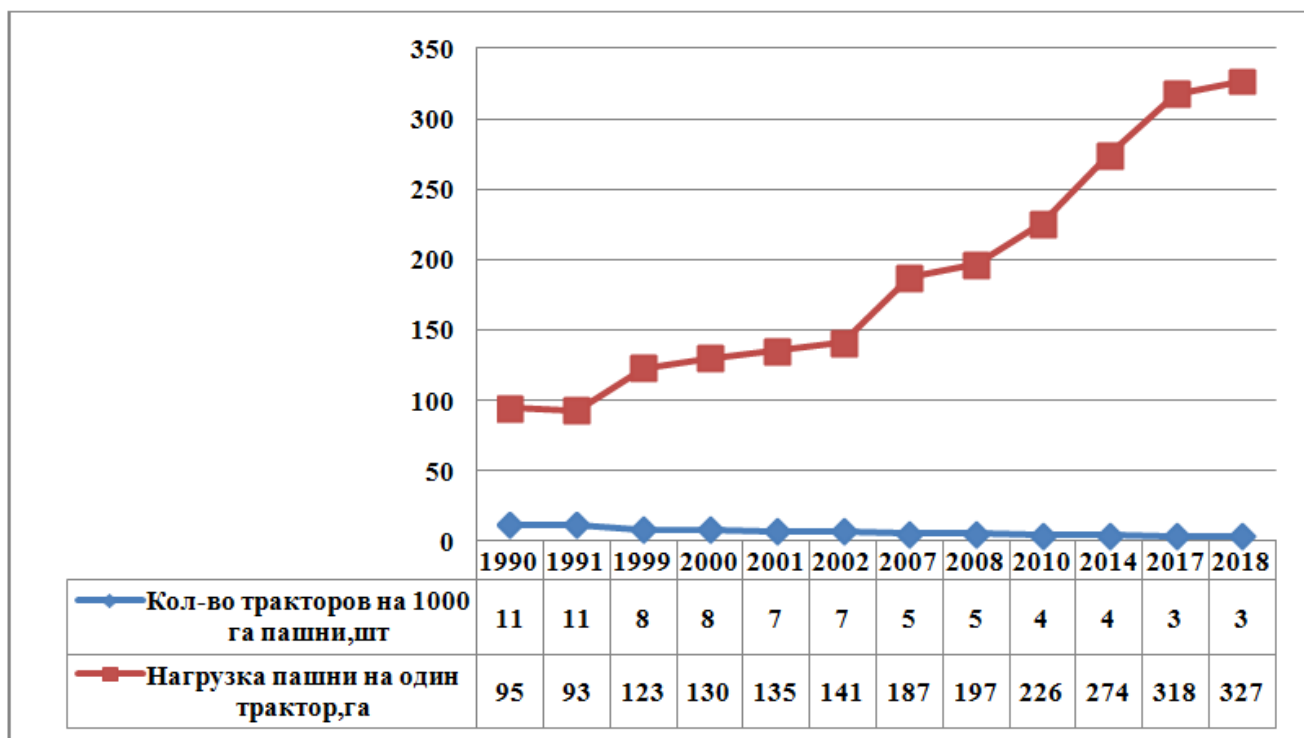


Рисунок 1.14-Обеспеченность тракторами в Амурской области

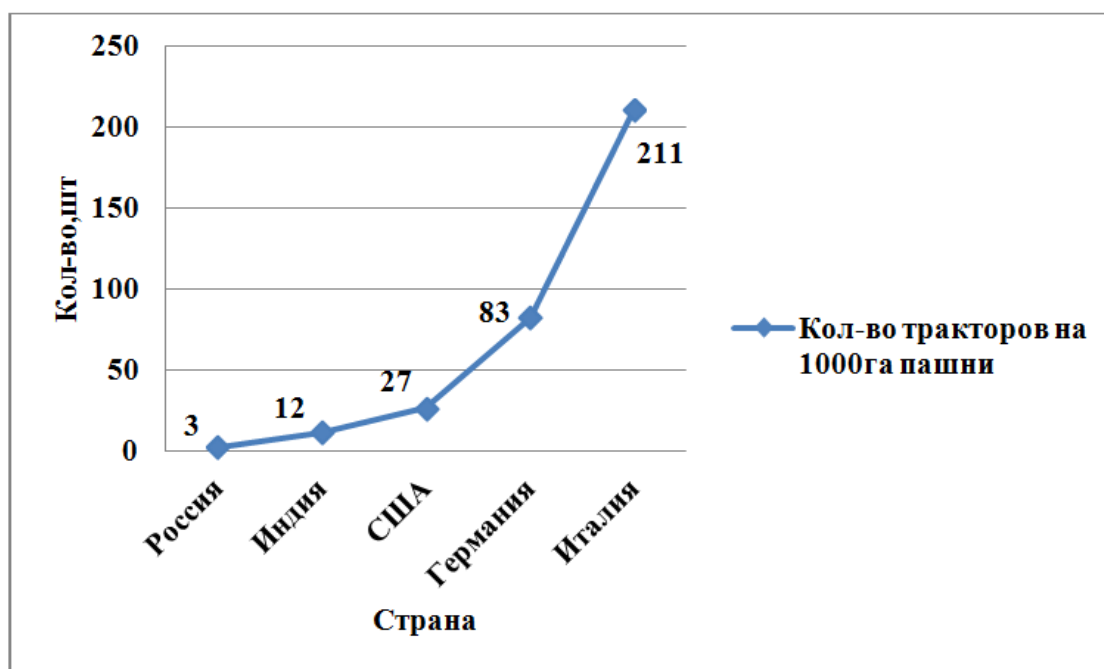


Рисунок 1.15-Обеспеченность тракторами в России и в зарубежных странах

Имеющиеся данные (списание энергетических средств выше количества покупаемых тракторов, снижение обеспеченности тракторами на единицу обрабатываемой площади,) позволяют предположить, что объёма принимаемых в данный период мер государственной поддержки недостаточно для полномасштабного оснащения хозяйств новой техникой в количестве, достаточном для увеличения продуктивности сельского хозяйства региона и выполнения распоряжений Правительства[136].

Анализ предложенных диаграмм показывает, что несмотря на обновление тракторного парка (более 1214 штук с 2000 года), из общего количества в 2056 единиц (на 1.01.2019 года), более 41% составляют тракторы с сроком использования более 10 лет, истекшими амортизационными и техническими ресурсами, требующими замены или капитально-восстановительного ремонта, а, следовательно, с высокими эксплуатационными издержками, дополнительно увеличивающими затратную часть при формировании себестоимости продукции.

Более подробно изменение марочного состава за последние пять лет приведено на рисунках 1.16 и 1.17.

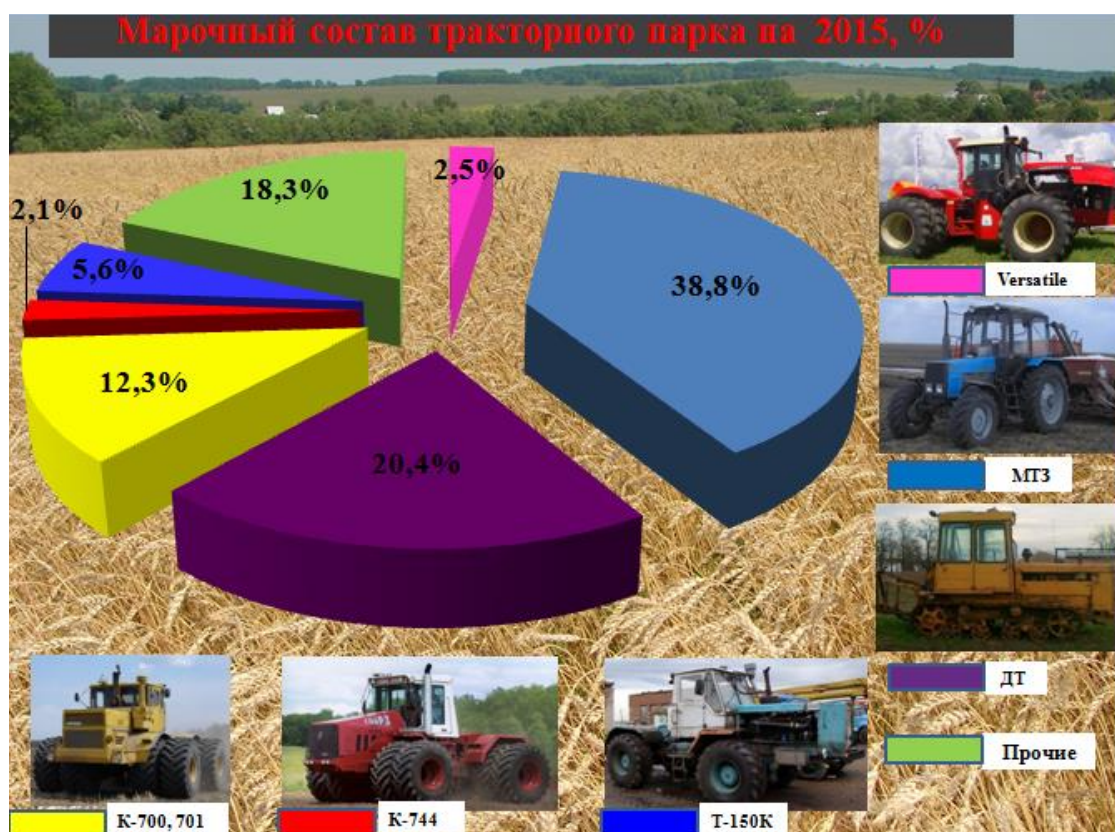


Рисунок 1.16 -Марочный состав тракторного парка на 2015 год, %



Рисунок 1.17-Марочный состав тракторного парка на 2019 год, %

Анализ представленных диаграмм (рисунок 1.16 и 1.17) показывает, что достаточно высокую долю составляют тракторы марок «МТЗ», «Кировец» и «Версатилл». Их сравнение показывает увеличение доли энергонасыщенных колёсных тракторов высокого тягового класса и мощностных характеристик новых марок и моделей, в основном отечественных производителей, при уменьшении присутствия в хозяйствах региона тракторов с гусеничной ходовой системой.

Так, при уменьшении количества тракторов марки К-700, К-701 с 12,3 % до 11% произошло увеличение доли К-744 с 2,1 до 10%, что говорит о стабильном положении в АПК региона, востребованности и качестве продукции ОАО «Кировский завод». Также в период с 2015 года прослеживается расширение присутствия в хозяйствах тракторов «Версатилл», с 2,5 до 8 %. Тракторы Минского тракторного завода, как и прежде, занимают лидирующую

позицию, несмотря на общее снижение их количества с 38.8 до 29 % от общего тракторного парка, так являются наиболее оптимальным энергетическим средством для использования в малых сельскохозяйственных организациях, крестьянско-фермерских и индивидуальных хозяйствах.

При этом, учитывая рекомендованные значения величины энергонасыщенности, которые должны находиться в следующем диапазоне: 13,7...16,7 кВт/т для колёсных и 11,8...15,7 кВт/т для гусеничных тракторов [149] , наиболее энергонасыщенными, как и прежде, являются тракторы марки МТЗ.

Зональная система машин и технологий для Амурской области предусматривает следующие показатели ресурсоёмкости по сельскохозяйственным зонам региона, таблица 1.3 [84,23,149] при соотношении тракторов с гусеничной и колёсной ходовой системой в пропорции 60:40.

Таблица 1.3-Показатели ресурсоёмкости для зон земледелия Амурской области

Показатели	Сельскохозяйственные зоны			В среднем по области
Потребность в тракторах на 100 га пашни, ед.	7,2	10,2	11,9	8,9
Потребность на выращивание 1 тонны сои:				
Основного топлива, кг	44,5	10,2	82,4	50,3
Затрат труда, чел/час	9,5	14,9	16,0	10,5
Рентабельность производства,%	57,9	21,4	2,0	27,1

Вместе с тем, данные Минсельхоза Амурской области показывают снижение количества гусеничных тракторов, отсутствие специализированных и низкоклиренсных колёсных, а также предназначенных для обработки земель с углами склона до 20°, в связи с чем ресурсный потенциал Центральной и Северной зон земледелия может быть обработан только на участках с углами склона не более 8-12%, что регулируется правилами безопасности при использовании универсально-пропашных тракторов.

Данные предложенного анализа и результаты ранее проведённых исследований [93-100,160] подтверждают необходимость комплексного

использования находящихся в регионе земельных ресурсов и машинно-тракторного парка для повышения сельскохозяйственной продуктивности региона. При этом важными факторами являются как оптимизация состава и структуры землепользования с внедрением и применением новых технологий растениеводства, так и адаптация машинно-тракторного парка, в частности универсально-пропашных тракторов, к условиям использования в условиях склонового земледелия за счет повышения продольно-поперечной устойчивости.

1.2 Оценка способов повышения эффективности использования энергетических средств в сельском хозяйстве на полевых и транспортных работах при движении по наклонным опорным поверхностям

Современная региональная система земледелия должна базироваться на глубоком анализе и комплексном учёте всех взаимодействующих факторов, влияющих на сельскохозяйственное производство. При чём её основой служит как техническая обеспеченность предприятий и экономическая целесообразность сельскохозяйственного производства, так и влияние природно-климатических, ландшафтных условий, обеспечение процесса квалифицированными трудовыми ресурсами[78].

Техническая обеспеченность предприятий, даже при её высокой степени насыщенности и обновления, не сможет полностью раскрыть свой потенциал без грамотных и эффективных логистических и оптимизационных решений в материально-техническом снабжении, при осуществлении почвообрабатывающих, уборочных и транспортных работ, а также проведения научного анализа применяемых технологий на региональном и государственном уровнях.

Проблеме повышения эффективности использования энергетических средств, как важной составляющей агротехнологических процессов, на полевых и транспортных работах в сельском хозяйстве при различных природно-

климатических, ландшафтных условиях и состоянии опорной поверхности посвящены исследования многих авторов.

Так повышению эффективности использования МЭС на транспортных работах посвящены исследования Н.В.Алдошина[3,4], А.Н. Баранского[15], Ю.А. Гуськова[62,63], Ф.С.Завалишина[74], С.А. Иофинова[82], А.Ю.Измайлова[81], З.Ф. Кривуцы[88], А.И.Новожилова[118], В.А.Петрушова [131], Н.Ф.Скuryтина[151], С.Д. Сметнева [152], И.И. Тrepененкова[165], В.С. Филонова[169] , других учёных [10,12,20,33,115,157]

Авторы многочисленных исследований [21,34,67,71,]пришли к выводу, что повысить эффективность функционирования транспортно-технологического и энергетического обеспечения агропромышленного комплекса возможно за счет сокращения номенклатурных видов грузов, объединения транспортных операций, что позволит снизить транспортные затраты и уменьшить потребность в подвижном составе[92,156].

При этом внедрение в агропромышленное производство новых современных систем машин [153,155,166], формирование высокоэффективных транспортных комплексов[75,76,157,172], наряду с совершенствованием технологий почвообработки [17,25,83,209], ухода за посевами[1,65,186,190], уборочных мероприятий [80,87] и транспортировки сельскохозяйственных культур [191,207], предопределяется применением результативных логистических методов [57,186] при обеспечении оптимального согласования смежных транспортных и технологических операций [24,77, 85,164, 182,197].

Вопросы повышения эффективности за счёт улучшения тягово-сцепных свойств тракторов сельскохозяйственного назначения нашли отражение в трудах Д.С. Гапича[34], А.Н. Панасюка[129], Н.И.Селиванова[148], В.А. Скотникова[150], А.М. Емельянова[69], С.А.Шишлова[180], С.В. Щитова[81,82], и многих других авторов[2,19, 60,72,161].

Стабилизации движения сельскохозяйственных комплексов и формирования агрегатов на основе результатов опытных исследований, посвящены работы П.А. Амельченко[5], Е.М. Асманкина[11-14],

А.В.Богданова[18], А.В. Войтикова[29], В.В. Гуськова[59-61], И.С.Житенко[72], Г.К. Каптюшина[83], В.М Кильдюшкина[85], Г.М.Кутькова[101], И.П. Ксенович[89-91], Я.М.Певзнера[130], Е.С.Поликутиной[134-135], В.И.Поддубного[133], Н.И Селиванова[148], В.С. Стеновского[158,159], А.В.Сюмака[160], С.В.Тарасовой[162,163], Т.В. Хухуни[174] и других исследователей[28,31,70,147,185,194,202,206].

Исследованию факторов «устойчивости» ходовой системы автомобилей и тракторов посвятили свои работы такие ученые, как Д.А.Антонов[7], И.П. Здоровцов [79], Б.П. Демидович[66], С.А. Иофинов[82], [85], И.Н.Листопадов [103], Г.И.Мамити [106], Я.М. Певзнер [130],О.И.Поливаев [139], В.А. Скотников [150], Я.Е.Фаробин [167], Е.А.Чудаков[175], и прочих авторов [132,154]. Общим выводом авторов является необходимость учёта показателей устойчивости агрегата и сопутствующих факторов, влияющих на тяговые и тормозные характеристики, управляемость, способность сопротивляться боковому скольжению при планировании и выполнении как транспортных, так и сельскохозяйственных операций[22,176,177, 178,200, 209].

Устойчивость при движении как колёсных, так и гусеничных ходовых систем неразрывно связана с понятием опрокидывания. Вопросами устойчивости против опрокидывания занимались как зарубежные [189,192,196,198,199,201], так отечественные исследователи: Ю.Г.Горшков[36],С.В.Бахмутов[16], А.К.Болотов[20], В.А. Петрушова [131], другие авторы [145,188,193,195, 208]. Их работы позволяют обосновать технологические параметры движения и выполнения работ как колёсными тракторами, так и специальными транспортными средствами применением приёмов регулирования давления в шинах и способами стабилизации направления движения.

Основы движения МТА в условиях склоновых земель заложены и исследованы Е.А. Чудаковым [175], которым было предложено обоснование теории качения эластичного колеса и определены факторы, влияющие на устойчивость движения МТА, такие как боковая составляющая веса агрегата, которая вызывает поперечные сдвиги почвы в пятне контакта и деформацию

колёсного движителя. Дальнейшего развитие предложенного обоснования нашло в трудах Д.А. Антонова, В.В. Гуськова, Я.М. Певзнера, Я.Е. Форобина, изучавшими явления бокового увода эластичного колеса в совокупности его конструкции и технологических параметров.

Сельскохозяйственное производство и соблюдение зональной технологии в зонах рискованного земледелия, к которым относится и Амурская область, требует тщательного подбора комплекса достаточно затратных как агротехнических, так и экономических мероприятий, при этом целесообразно оптимальное применение соответствующей современной агротехники с внедрением новых технологий, связанных как с совершенствованием энергетических средств, так и сельскохозяйственных машин [64, 79, 116, 137, 171].

Учитывая, что современной тенденцией агропромышленного комплекса России является переход на энергетические средства с колёсной ходовой системой, производители уделяют особое внимание МЭС с расширенным тяговым диапазоном, целесообразность использования которых подтверждает технико-экономический анализ, показывающий, что использование существующих средств механизации с заменой гусеничных тракторов (ДТ-75, ТТ-4) на колесные (МТЗ-80/82, 1221) с расширенным тяговым диапазоном дает значительный экономический эффект [132].

Как показывает экспериментальная практика, прибыль от использования тракторов тягового класса 14 кН, с расширенными тяговыми характеристиками, в более высоком классе 30 кН, с учетом значительной загрузки в течение года, а также более низкой балансовой стоимости, непосредственно связана с меньшими отчислениями на дополнительные расходы, реновацию и ремонтный фонд [133].

Необходимость обеспечения устойчивого стабильного движения агрегатов еще более важна при применении технологий точного земледелия, что ужесточает требования адаптивности техники к агроландшафтам и природно-климатическим условиям использования. При этом проблему стабилизации траектории движения предлагается решать как за счет внедрения

подруливающих устройств и автопилотов[145], разработки и внедрения автоматических бесступенчатых трансмиссий, что наблюдается на примере продукции ведущих зарубежных фирм-производителей NEW HOLLAND, John Deere, Fendt.

В работах [5, 59, 90] авторами достоверно установлено, что начиная с уклона местности в $6-7^{\circ}$ происходит значительное снижение поступательной скорости МТА. При этом при работе на склонах в $10^{\circ}-11^{\circ}$ полезная тяговая мощность трактора снижается на 25–27% [2;43,60].

Кроме того, боковое смещение МТА от траектории движения приводит к увеличению маршрута, уменьшению урожайности, ухудшению условий труда механизатора и нарушению эргономических требований к технике при проведении работ [140,170].

1.3 Обзор методики и технических решений повышения устойчивости при движении колёсных энергетических средств

Анализ способов и технических решений улучшения курсовой и поперечной устойчивости, проведённых в современном уровне техники показывает, что известно достаточное количество приёмов и методов, обладающих научной новизной[53,92,167,173,182,205]. Так проблему устойчивости движения по наклонной поверхности предлагается решить посредством кратного принудительного отклонения вектора направления движения ведущего колеса от заданного направления движения. Однако увеличивающийся износ, сползание и рыскание агрегата с отклонением от технологического коридора также приводят к повышенному удельному эффективному расходу топлива, снижению производительности агрегата и уменьшению урожайности возделываемых культур [97,102, 140].

Использование балластировки колес [148], сдваивания движителей [170] и переоборудование универсального трактора в низкоклинренсный вариант посредством установки колёс уменьшенного диаметра с одновременным

уширением колеи [89], с помощью чего достигается снижение центра тяжести и, следовательно, повышение устойчивости движения МЭС также не является основным способом улучшения технологических характеристик, так как их применение увеличивает массу МЭС и удельный расход топлива.

Зарубежными производителями разработаны и предлагаются на рынке модификации тракторов с автоматическим смещением балласта, как в поперечной, так и по продольной базе в зависимости от режима работы трактора [198,202,205]. Однако эта конструкция обладает высокой стоимостью и не может быть приобретена сельскохозяйственными организациями с невысокой доходностью и небольшими посевными площадями.

Известны также конструкции, на которые получены патенты на интеллектуальную собственность, и предлагающие улучшить курсовую и поперечную устойчивость за счёт применения в конструкции трактора шнековых движителей [163], стабилизации движения трактора посредством воздушной силы тяги [163] и регулирования положения центра масс посредством применения устройств, манипулирующих координатами её размещения[162].

Вместе с предложением инновационных конструкций, предназначенных для решения задач стабилизации курсовой устойчивости, авторами рассматривались и вопросы оценки устойчивости МЭС и их теоретического обоснования в изменяющихся условиях эксплуатации.

Так в работе [133] исследовался процесс отклонения от траектории движения трактора в междурядьях, предложено математическое обоснование криволинейности его движения, близкой по виду к синусоиде, был установлен коэффициент устойчивости движения K'_{YD} , который равен:

$$K'_{YD} = 1 - \sqrt{\frac{B_{CB} - v_T t_B \sin \frac{v_T t_B}{R_{ПОВ}}}{v(t_0 + t_B \sin \frac{v_T t_B}{R_{ПОВ}}) - B_{CB}}}. \quad (1.1)$$

Предложенный коэффициент учитывает как конструкционные характеристики трактора, его технологические параметры, так и условия

движения МТА, что позволило определить критические значения отклонений на установленном участке пути при любых ландшафтных характеристиках

Жилейкин М.М. в работе [70], посвященной повышению курсовой и траекторной устойчивости колесного трактора 4×4 за счет перераспределения крутящих моментов по ведущим колесам, а также за счет подруливания управляемыми колесами предложил ввести понятие показателя относительной эффективности $O_{эф}$, работы комплексной системы стабилизации, показывающий, на сколько процентов снижается среднеквадратическое отклонение координаты y_2 от нуля при движении когда работает система, повышающая устойчивость движения МТА по сравнению со случаем движения при отсутствии стабилизирующего управления и формулу для его вычисления:

$$O_{эф} = \left(1 - \frac{CKO_{y_{contr}}}{CKO_{y_0}}\right) \times 100\%. \quad (1.2)$$

Где $CKO_{y_{contr}}$ – среднеквадратическое отклонение координаты y_2 от нуля при движении, когда работает система, создающая стабилизирующее воздействие на трактор, CKO_{y_0} – среднеквадратическое отклонение координаты y_2 от нуля для случая движения при отсутствии стабилизирующего управления.

Разработки математических моделей механизмов и машин, предназначенных для модернизации серийных агрегатов представлены в трудах и работах Я.М. Певзнера [130], И.К.Пчелинина[143].Предложенные ими результаты позволили расширить объём теоретических знаний об устойчивости движения колесных машин.

Вопросы поперечной устойчивости тракторов с разной величиной колеи передних и задних колес рассмотрены в работах [8] и [175], где авторы предлагают угол поперечной устойчивости α определять из выражения, учитывающего расположение координаты центра масс трактора:

$$\alpha = \arctg \frac{d}{h_{ц}} = \arctg \frac{(0,5 b - c \cdot \operatorname{tg} \beta) \cdot \cos \beta}{h_{ц}}. \quad (1.3)$$

где d – плечо оси опрокидывания относительно центра тяжести трактора, м, $h_{ц}$ – высота расположения центра масс трактора, м, β – угол наклона оси

опрокидывания к продольной оси трактора, град, b – величина колеи, м, c – расстояние от задней ведущей оси трактора до вертикальной проекции центра масс трактора, м. При этом координаты расположения центра тяжести трактора предполагается определять опытным путем, учитывая изменение веса, действующего на движители при разных углах наклона машины в продольной плоскости.

Расположение центра тяжести (ЦТ) является одним из наиболее значимых факторов достижения стабилизации движения МТА, что подтверждается в работах [8,144], где авторы предлагают производить расчёт расположения ЦТ в зависимости от массы и взаимного расположения отдельных узлов машины, предлагаю следующие зависимости положения ЦТ:

- для вертикальной координаты $h_{ц}$:

$$h_{ц} = \frac{\sum_i(h_{цi} \cdot G_i)}{G_{\Sigma}}. \quad (1.4)$$

где $h_{ц}$ –вертикальная координата ЦТ i -го узла относительно опорной поверхности.

– для горизонтальной координаты c :

$$c = \frac{\sum_i(c_i \cdot G_i)}{G_{\Sigma}}. \quad (1.5)$$

где c_i –горизонтальная координата ЦТ i -го узла относительно оси моста ведущих колес; G_i, G_{Σ} – вес i -го узла и суммарный вес машины соответственно, Н.

-для поперечной координаты y :

$$y = \frac{\sum_i(y_i \cdot G_i)}{G_{\Sigma}}. \quad (1.6)$$

где y_i – поперечная координата ЦТ i -го узла относительно продольной геометрической оси машины.

Вместе с тем предлагаемый математический аппарат является достаточно неудобным в применении, так при его использовании необходимо знание как весовых характеристик основных агрегатов машины, так и координат их центров тяжести.

В монографии [173] указывается, что установка в ходовую систему трактора

дополнительного моста и применение устройства для изменения режимов вертикальной нагрузки между мостами способствует повышению тягового усилия МЭС при снижении величины буксования и улучшения агротехнологических показателей. Автором предложена формула, обосновывающая полученные результаты:

$$P_{кр} = P_k - P \cdot f = P_{ка} = Y_{ктр} \cdot \varphi_{тр} + (Y_{кд} + P \cdot F + G_d) \cdot \varphi_d - P_f, \quad (1.7)$$

где $Y_{кд}$ – вес, приходящийся на дополнительный ведущий мост, Н; P_k – касательная сила тяги, развиваемая МЭС, кН; $Y_{ктр}$ – вес, приходящийся на ведущие колёса трактора, кН; F – площадь поршня силового гидравлического цилиндра устройства, кН; P – давление гидравлической жидкости в силовом цилиндре, Мпа; $\varphi_{тр}$ – коэффициент использования сцепного веса трактора; φ_d – коэффициент использования сцепного веса дополнительного ведущего моста трактора; P_f – сила сопротивления движению трактора, кН. Анализ полученной формулы подтверждает увеличение касательной силы тяги на крюке, а, соответственно, и стабилизацию курсовой устойчивости агрегата.

В работе [86] автором предложен количественный критерий оценки устойчивости движения в виде величины запаса устойчивости ρ . Для МТА с навесным сельскохозяйственным орудием, при угловом отклонении от прямолинейного движения под действием возникающих моментов величина запаса устойчивости будет определяться по выражению:

$$\rho = 1 - \frac{M_{воз} - M_{сопр}}{M_{стаб}}. \quad (1.8)$$

где $M_{воз}$, $M_{сопр}$, $M_{стаб}$ – суммарные моменты возмущающих сил, сил сопротивления и стабилизирующих сил, действующих на агрегат в движении. Устойчивость агрегата может быть реализована, если величина запаса устойчивости находится в пределах $0 < \rho < 1$.

Для схемы МТА [147]с прицепным сельскохозяйственным агрегатом величину устойчивости рекомендуется оценивать по величине отклонения прицепной машины от прямолинейной траектории движения в зависимости от длины гона:

$$k_y = 1 - \frac{b}{l}, k_b = \frac{b_i}{s_i}. \quad (1.9)$$

где b – величина отклонения прицепного сельскохозяйственного орудия от прямолинейного движения, м; b_i – величина абсолютного бокового отклонения центра тяжести трактора от заданного прямолинейного движения, м; l – длина гона, на котором замерялось отклонение, м; s_i – величина пройденного агрегатом пути, на котором определено значение b_i , м. Показателем устойчивости в этом случае является значение коэффициента устойчивости. При $k_y \rightarrow 1$ в первой формуле или $k_b \rightarrow 0$ во второй формуле движение прицепного МТА будет стабильнее.

Физико-структурные свойства почвы также оказывают непосредственное влияние на величины увода МТА при движении по наклонной поверхности, вызывая скольжение в сторону ската, что объясняется воздействием силы тяжести и деформацией эластичного колеса в поперечном направлении. Обоснование этого процесса нашло отражение в работе [14], в котором полное поперечное смещение определяется по формуле:

$$l_{\text{полн}} = l_{\text{ск}} + l_{\text{ув}}^{\text{нед.п.}}. \quad (1.10)$$

где $l_{\text{полн}}$ – полное поперечное смещение трактора от заданной траектории, м; $l_{\text{ск}}$ – смещение, вызванное поперечным скольжением трактора по опорной поверхности, м; $l_{\text{ув}}^{\text{нед.п.}}$ – смещение, вызванное углами увода трактора при его недостаточной поворачиваемости, м. При этом поперечное смещение агрегата не должно превышать допустимую ширину защитной зоны при перемещении.

Наиболее приемлемым для расчёта координаты положения центра тяжести является действующий ГОСТ 30570-2001 «Определение положения центра тяжести», сочетающий в себе оптимальную методику измерения реакции опор при установке ее в горизонтальное; - наклонное, при поднятой передней части; - наклонное, при поднятой кормовой (задней) части положения.

При расчёте параметров устойчивости машин работы учёных [8,102,144] предлагают принимать параметры деформации шин, нагрузку на шину, давление воздуха в шине и её геометрические параметры. Предлагаемый методы и

математический аппарат позволяют с высокой точностью дать оценку влияния деформации шин на величину угла поперечной статической устойчивости.

Проведенный обзор показывает, что все рассмотренные способы обладают достаточной технической сложностью при реализации заложенных в них принципов и малосовместимы с эффективным применением в условиях ресурсосберегающих технологий. Анализ известных методов улучшения стабилизации агрегатов в условиях склоновых поверхностей (рисунок 1.18)



Рисунок 1.18-Направления стабилизации положения МЭС

позволил предложить схему укрупнённых направлений стабилизации МЭС и обосновать перспективу для проведения дальнейших исследований.

Как отмечалось ранее, использование серийных средств механизации в северной и центральной сельскохозяйственных зонах Амурской области ограничено условиями обеспечения устойчивости движения как энергетических средств, так и агрегатов, сформированных на их базе, следовательно в данный период развития АПК Дальневосточного региона требуется проведения необходимых научных исследований, концентрированных на поиск и применение конструкторских решений повышения поперечной и продольной устойчивости серийных колёсных тракторов.

Также выбранное направление развития эффективности стабилизации машинно-тракторного парка в условиях склоновых земель и мелкоконтурных полей за счёт применения устройств перераспределения сцепного веса МЭС предопределяет необходимость оптимизации функциональных характеристик и режимных параметров эксплуатируемой на склонах техники.

1.4 Выводы

Проведенный обзор выполненных ранее теоретических и экспериментальных исследований по рассматриваемому вопросу, позволяет сделать следующие выводы:

1. Перспективы расширения валового продукта растениеводства региона связаны с повышением урожайности используемых или увеличением посевных площадей, что осуществимо на землях центральной и северной земледельческой зоны за счёт обработки залежей, находящихся в основном в ведении КФХ или категории земель запаса, нуждающихся в мелиоративных, культивационных либо восстановительных мероприятиях, а также включения в севооборот склоновых земель, находящихся в северной и центральной агроклиматической зоне земледелия, что сопряжено с выполнением работ и движением энергетических средств в составе агрегатов в условиях наличия поверхностей с высокими

поперечными и продольными углами.

2. Обзор и анализ научных работ, проведённый в области обоснования закономерностей функционирования и повышения эффективности использования парка колёсных мобильных энергетических средств в условиях стабилизации их курсовой и поперечной устойчивости, позволил предложить перспективную схему для серийного колёсного МЭС, способную выполнить условия его эффективного использования в условиях склонного земледелия, для внедрения в конструкции МЭС на территории региона.

3. Для обоснования технологических параметров при использовании МЭС с устройством для перераспределения сцепного веса в составе МТА и ТТА, подтверждения выдвинутой научной гипотезы и получения результатов натуральных экспериментов необходимо проведение дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ

2.1 Методологическое обоснование подбора конструкции устройств, повышающих продольно-поперечную устойчивость МЭС

Большинство производственных процессов в современном сельском хозяйстве связаны с необходимостью перевозки значительного объема материалов и проведения почвообработки при помощи энергетических средств и сельскохозяйственных машин [1-4]. Возможности использования трактора как для транспортировки грузов, так и сельскохозяйственного агрегатирования, ограничиваются его мощностью, проходимостью и условиями переворачивания, которые являются основными эксплуатационно-техническими качествами, определяющими способность его эффективного использования на склонах рельефа местности, в тяжелых дорожных условиях и наличия бездорожья, а также по дорогам, имеющим значительный поперечный уклон.

Практическое применение тракторно-транспортных (ТТА) и машинно-тракторных агрегатов (МТА) показывает, что энергетическое средство нередко теряет проходимость по причине слабой несущей способности дорожной поверхности, опасности опрокидывания или невозможности преодоления уклона дороги из-за недостаточной окружной силы на ведущих колесах.

Для увеличения устойчивости, управляемости и маневренности, а также повышения надежности транспортного средства при его использовании предлагается использовать специальные устройства и дополнительное оборудование, позволяющие повысить его эксплуатационные свойства в сложных дорожных условиях [119-128].

Теоретические исследования и натурные эксперименты позволили предложить перспективное решение задачи за счёт применения устройств, способных перераспределять сцепной вес, как энергетического средства, так и сельскохозяйственной машины в движении, предоставив методологическое обоснование происходящих процессов.

Вместе с тем существенным остаётся вопрос соответствия перераспределяющих устройств некоторым критериям, совокупность которых должна учитываться при их конструировании и применении.

Так опытная эксплуатация устройств перераспределения веса позволила предложить основные требования к конструкции перераспределяющего устройства (рисунок 2.1), соблюдение которых позволит не только добиться большей эффективности, но и снизить материалоемкость, энергоёмкость и стоимость устройства при соблюдении основных агротехнических требований.

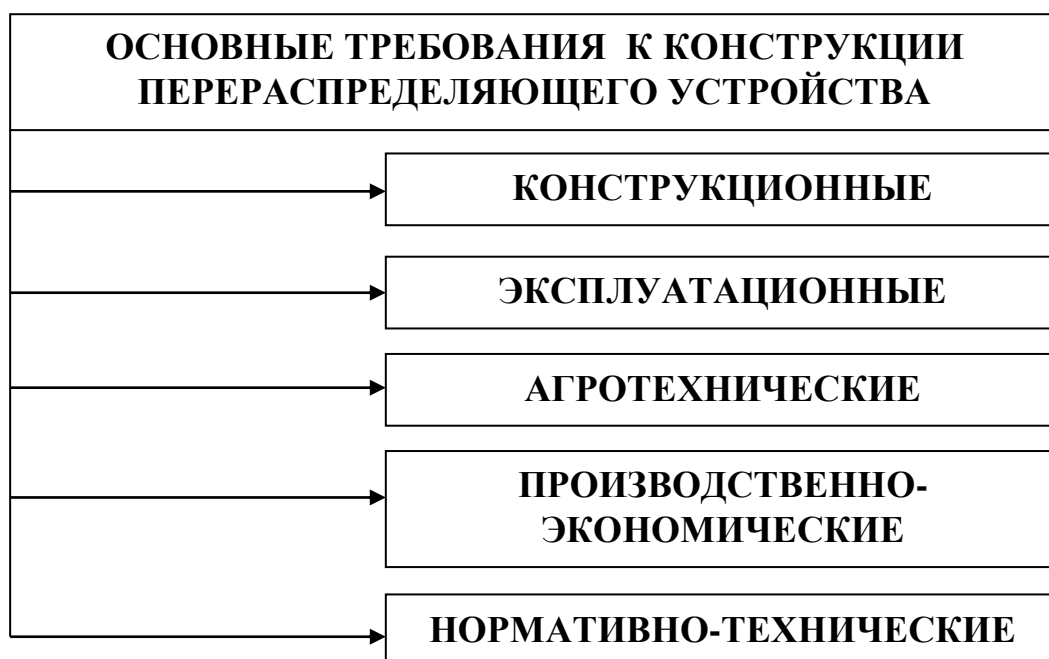


Рисунок 2.1- Основные требования к конструкции перераспределяющего устройства

К основным требованиям можно отнести следующие группы признаков, квалифицирующих устройство для перераспределения сцепного веса: конструкционные, эксплуатационные, агротехнические, производственно-экономические, нормативно-технические. Сводная характеристика основных требований предложена на рисунке 2.2.

Данная система требований позволит, в зависимости от предназначения перераспределяющих устройств, в процессе проектирования конструкции предусмотреть их оптимальные параметры. Также её можно представить в виде нечёткого алгоритма (рисунок 2.3).

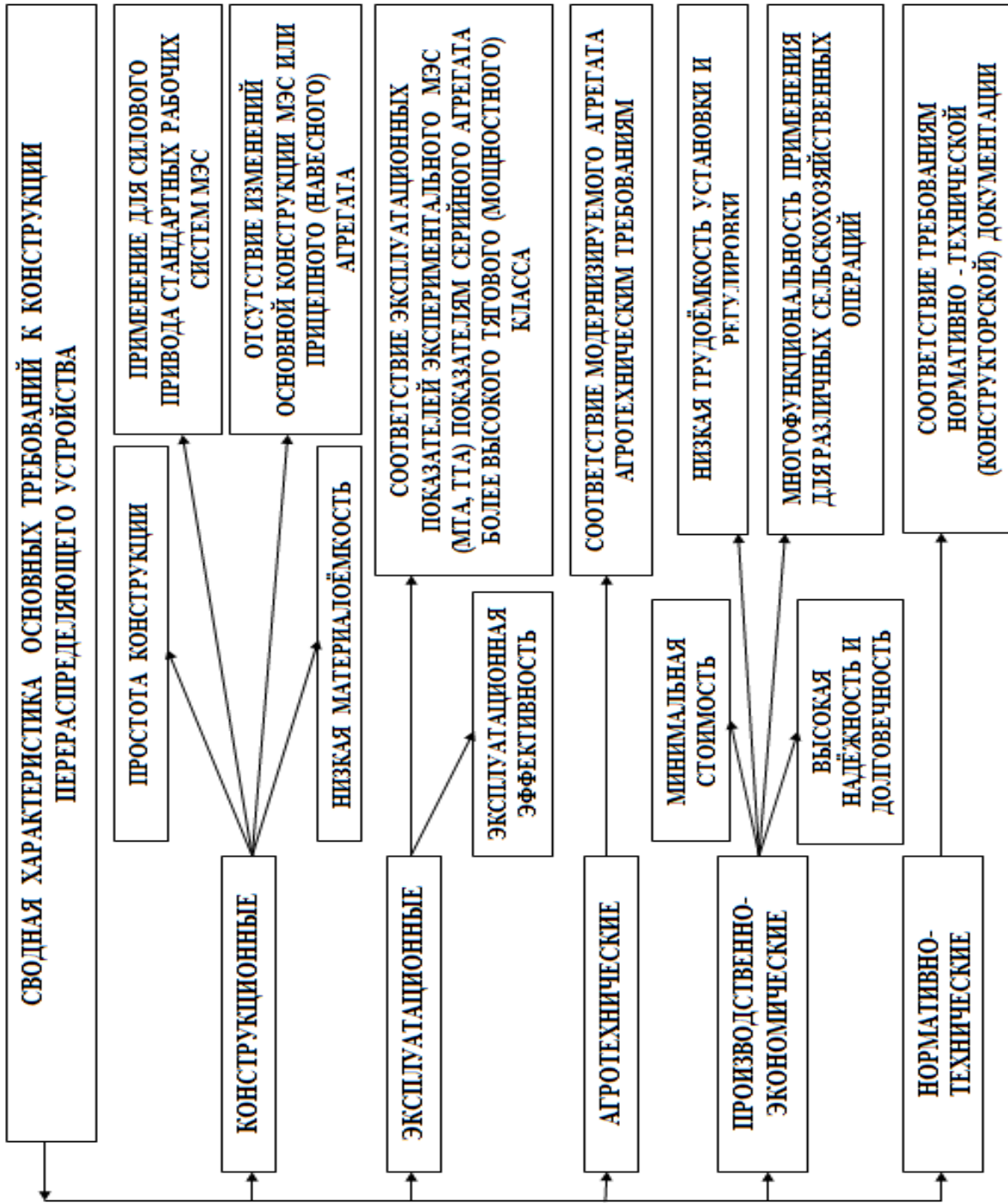


Рисунок 2.2- Сводная характеристика основных требований к конструкции перераспределяющего устройства

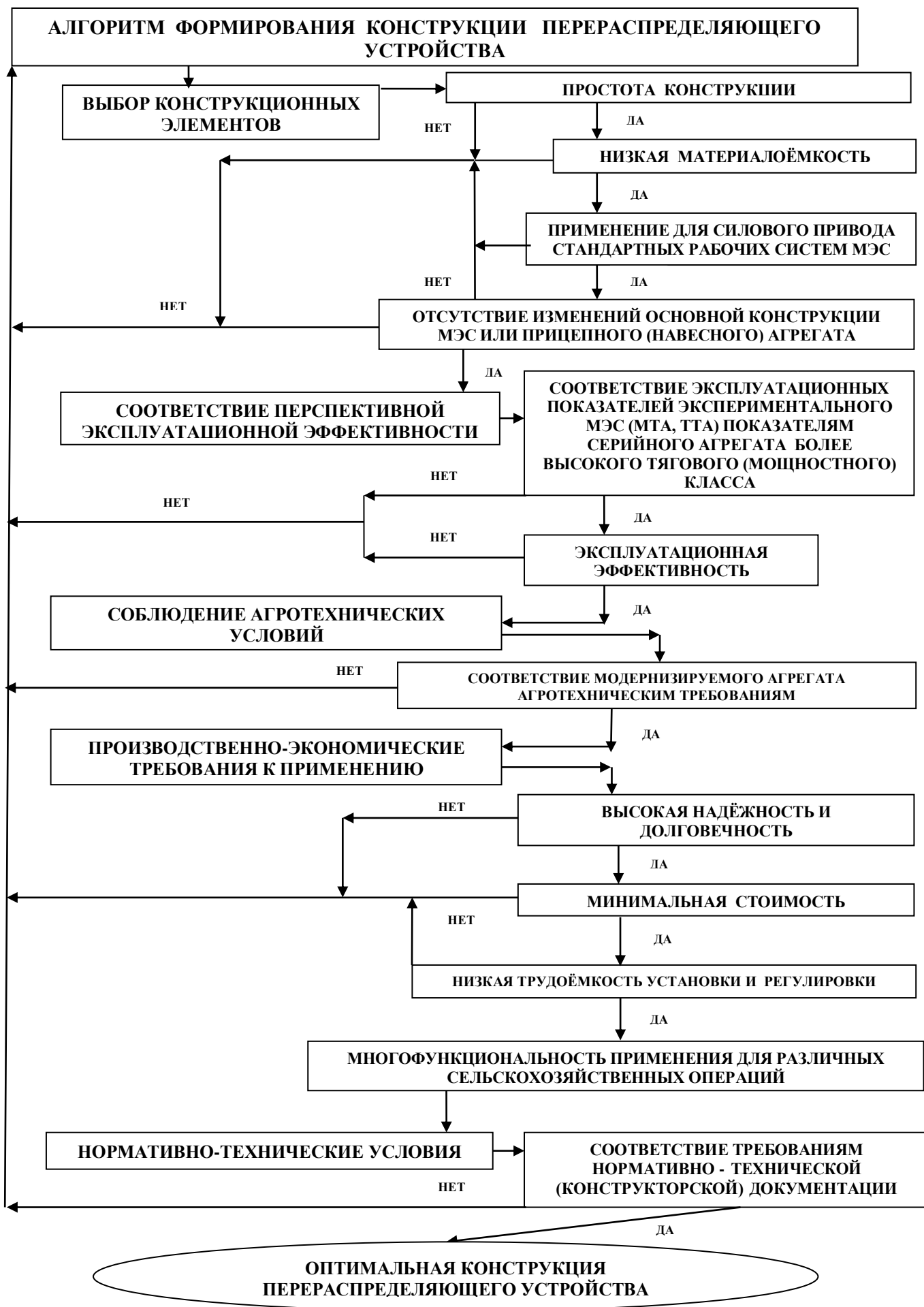


Рисунок 2.3- Алгоритм формирования конструкции устройства

2.2 Теоретические исследования по определению влияния перераспределяющего устройства на поперечную устойчивость машинно-тракторного агрегата

2.2.1 Теоретические исследования по перераспределению сцепного веса между движителями ведущего моста трактора

Применение широкозахватных высокопроизводительных орудий обусловлено не только современными тенденциями почвообработки, но и их эффективностью, а также необходимостью максимального сохранения почвенного плодородия при снижении количества проходов техники по агрофону.

Как известно, в производстве существует два основных режима обработки склоновых земель: поперёк склона и вдоль склона, но ГОСТ 17.5.3.05-84 предусматривает проведение основных операций по обработке почвы, посеву и ухода культурами на негоризонтальных землях только в поперечном направлении.

При ведении обработки поперёк склона наибольшее значение имеет поперечная устойчивость трактора, при обработке вдоль склона - продольная устойчивость МТА. При чём обработка поперёк склона имеет более преобладающее значение, так как при этом режиме достигается комплексный эффект в виде лучшей сопротивляемости почвенного слоя проявлениям водной или ветровой эрозии почвы.

Учитывая отсутствие в конструкции машинно-тракторного агрегата устройств, способных провести стабилизацию ходовой системы и остова трактора при работе в режиме почвообработки поперёк склона с прицепным орудием, в соответствии с требованиями, указанными на рисунке 2.2, предложена устройство межколёсного стабилизатора ходовой системы колёсного трактора [119-128], способного перераспределять часть весовой нагрузки между опорными движителями в целях равновесной стабилизации ходовой системы

трактора и достижения более безопасных параметров поперечной устойчивости МТА в работе.

Для определения величин перераспределения вертикальной нагрузки при работе предлагаемого устройства составим схемы величин, действующих на движители ведущего моста трактора (рисунок 2.4) и составим уравнения равновесия при отключенном устройстве (рисунок 2.4) и при его работе (рисунок 2.6) используя схему усилий в тросовой связи, приведённую на рисунке 2.5.

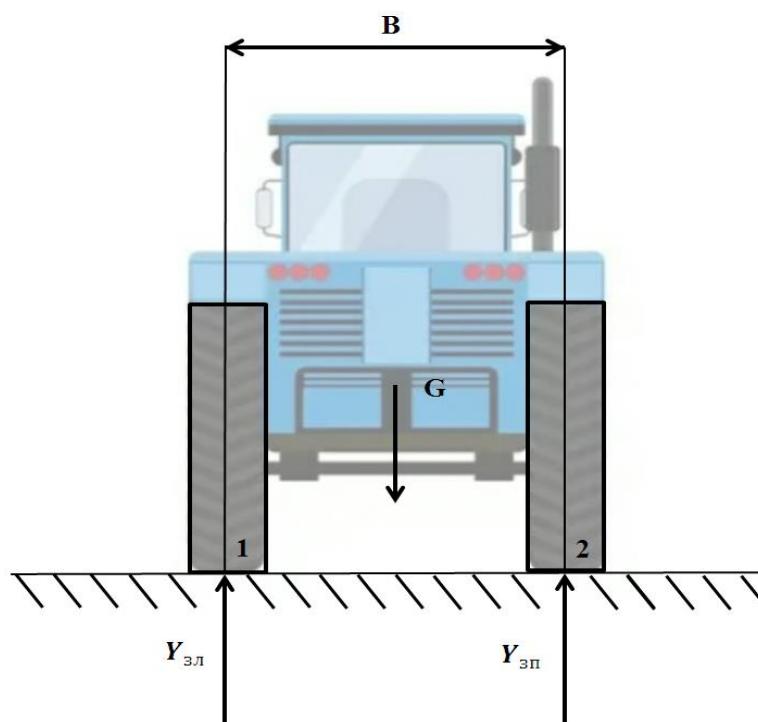


Рисунок 2.4 – Схема к определению вертикальных реакций поверхности при неподключенном устройстве

При рассмотрении схемы энергетического средства (трактора) на рисунке 1 определим воздействующие на его конструкцию величины: сила тяжести трактора $G_T, Н$, распределяемая в соответствии с конструкционными характеристиками в пропорции $\frac{1}{3} G_T$ на переднюю ось трактора и $\frac{2}{3} G_T$ на заднюю ось трактора, при этом в расчёте $\frac{2}{3} G_T$ принимаем как величину G , вертикальные реакции поверхности под правым и левым задними движителями $Y_{эп}, Н$ и $Y_{эл}, Н$, при

расчёте принимается и поперечная база трактора B , м, угол α – угол наклона поверхности движения, град.

Составим уравнения равновесия при неработающем устройстве:

$$\begin{aligned} \text{При } \Sigma M_1 = 0 \quad & Y_{3п} \cdot B - G \frac{B}{2} = 0, \\ \text{или} \quad & Y_{3п} = 0,5G. \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} \text{При } \Sigma M_2 = 0 \quad & -Y_{3л} \cdot B + G \frac{B}{2} = 0, \\ \text{или} \quad & Y_{3л} = 0,5G \end{aligned} \quad (2.2)$$

В общем случае статическую поперечную устойчивость трактора оценивают по предельному углу наклона α поверхности движения и без работающего устройства она определится по выражению [60].

$$\operatorname{tg} \alpha = B/2h \quad (2.3)$$

Рассмотрим усилия, возникающее в гибкой тросовой силовой связи в месте крепления к мосту трактора на основании схемы, предложенной на рисунке 2.5.

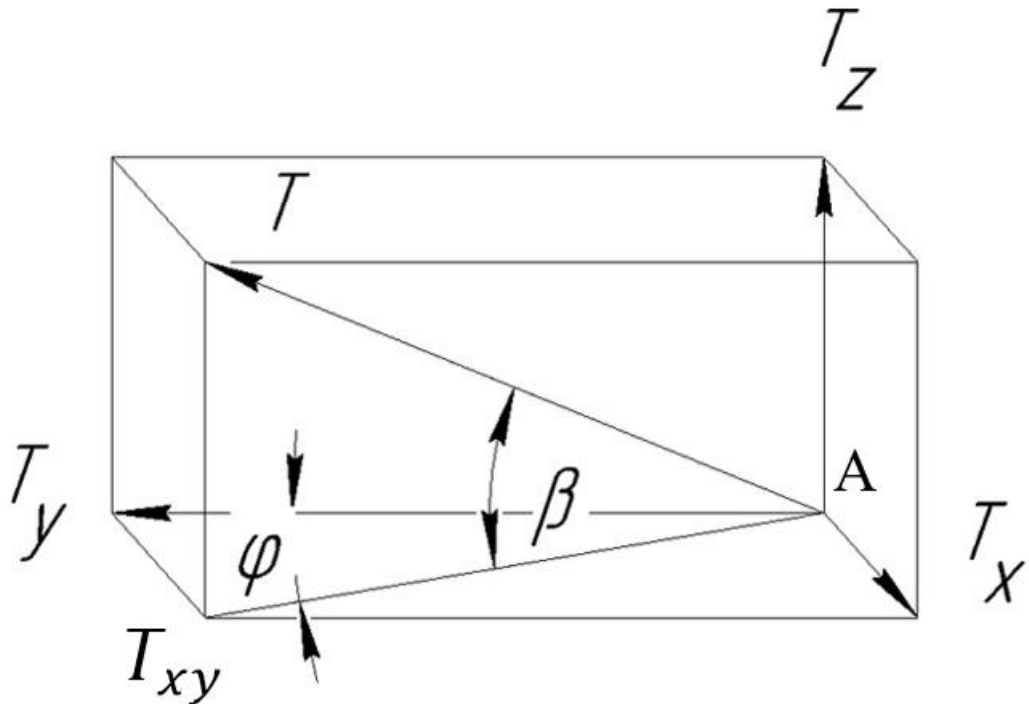


Рисунок 2.5- Схема к определению усилия в тросовой силовой связи

Где T - параметры изменения силовой нагрузки, возникающей в тросовой связи, м, точка А-точка крепления троса на оси колесного движителя, T_x, T_y, T_z – пространственные составляющие силовой реакции при изменении длины тросовой связи T в точке крепления тросовой связи, Н; угол β , угол φ – углы натяжения тросовой связи, град.

В пространственной системе координат тросовое усилие разложится на три составляющие T_x, T_y, T_z :

$$T_x = T \cos \beta \sin \varphi. \quad (2.4)$$

$$T_y = T \cos \beta \cos \varphi. \quad (2.5)$$

$$T_z = T \sin \beta. \quad (2.6)$$

Из них на поперечную устойчивость будут оказывать влияние составляющие, находящиеся в плоскости координат yAz , т.е T_y и T_z – проекции на оси Y и Z соответственно.

Используя схему, предложенную на рисунке 2.6,

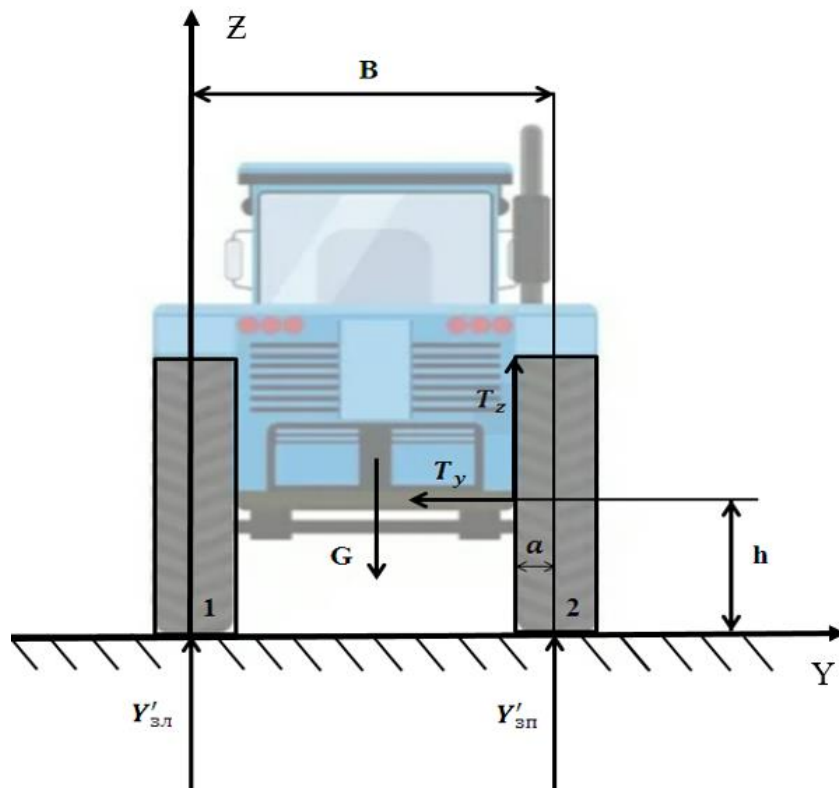


Рисунок 2.6-Схема к расчёту силовых величин при работе перераспределяющего устройства

где $Y'_{зл}$ - вертикальная реакция поверхности под задним левым движителем 1,Н,
 Где $Y'_{зп}$ - вертикальная реакция поверхности под задним правым движителем 2,Н,
 h - расстояние от оси крепления колеса до центра пятна контакта заднего движителя, м, a - расстояние от центральной оси колеса до точки А крепления силовой связи, м, составим уравнения равновесия для полученной схемы сил при работе устройства для перераспределения:

$$\text{При } \Sigma M_1 = 0 \quad Y'_{зп} \cdot B - G \frac{B}{2} + T_y \cdot h + T_z(B - a) = 0,$$

$$\text{или} \quad Y'_{зп} = 0,5 \cdot G - T_y \frac{h}{B} - T_z \frac{(B-a)}{B}. \quad (2.7)$$

$$\text{При } \Sigma M_2 = 0 \quad -Y'_{зл}B + G \frac{B}{2} + T_y \cdot h - T_z \cdot a = 0,$$

$$\text{или} \quad Y'_{зл} = 0,5 \cdot G + T_y \frac{h}{B} - T_z \frac{a}{B}. \quad (2.8)$$

С учетом выражений (2.4,2.5,2.6) получаем выражения реакций для $Y'_{зл}$ и $Y'_{зп}$:

$$Y'_{зп} = 0,5 \cdot G - T \cos \beta \cos \varphi \cdot \frac{h}{B} - T \sin \beta \frac{(B-a)}{B}. \quad (2.9)$$

$$Y'_{зл} = 0,5 \cdot G + T \cos \beta \cos \varphi \cdot \frac{h}{B} - T \sin \beta \frac{a}{B}. \quad (2.10)$$

Полученные уравнения позволяют обосновать процесс перераспределения веса в ходовой системе трактора и теоретически получить величины догрузки (разгрузки) движителей при работе предлагаемого устройства, характеризующие поперечную устойчивость трактора. Анализ выражений показывает, что при работе устройства происходит перераспределение вертикальной нагрузки с правого заднего движителя на задний левый движитель на величину $T \cos \beta \cos \varphi \cdot \frac{h}{B} - T \sin \beta \frac{a}{B}$.

Таким образом с учётом перераспределения нагрузки при работе устройства поперечная устойчивость трактора определится по формуле:

$$\text{tg}\alpha = \frac{B}{2h} + \frac{T}{2G} \left(\cos \beta \cos \varphi \cdot \frac{h}{B} - \sin \beta \frac{a}{B} \right) / \cos \alpha \quad (2.11)$$

Сравнивая между собой формулы 2.3 и 2.11 необходимо отметить, что поперечная устойчивость трактора при работающем устройстве будет выше, чем у серийной сравниваемой модели. Более наглядно влияние предложенного устройства на поперечную устойчивость трактора представлено на рисунке 2.7.

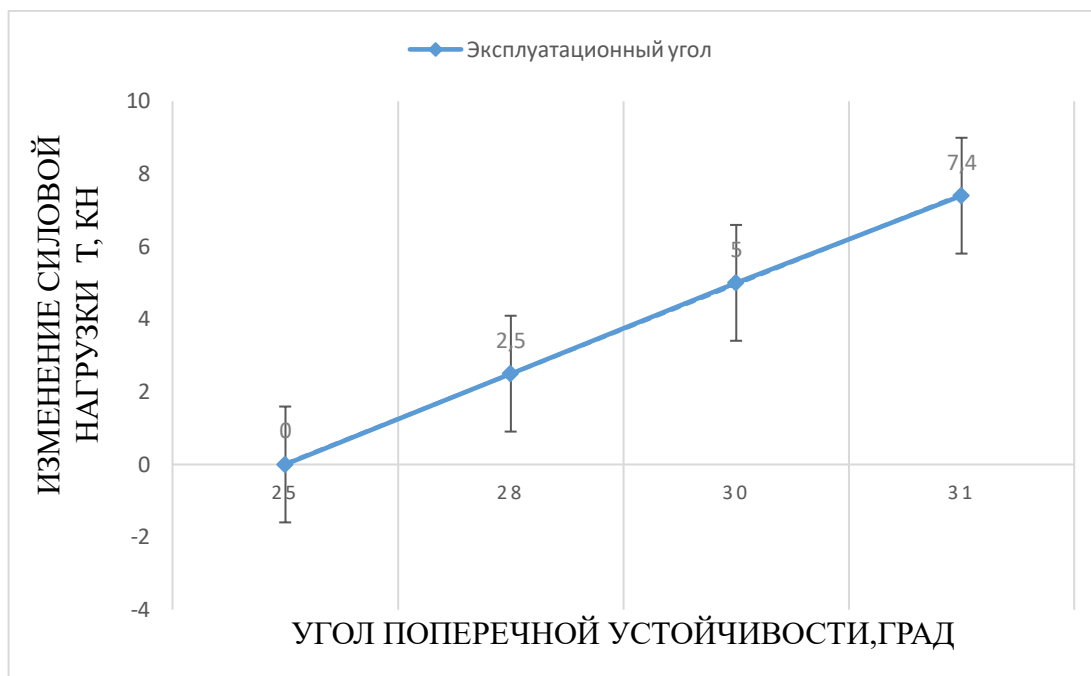


Рисунок 2.7- Зависимости угла поперечной устойчивости от изменения силовой Нагрузки при работе устройства

Анализируя полученные данные (рисунок 2.7), необходимо отметить, что использование предлагаемого устройства дает возможность использования трактора на полях с углом предельного склона до 31 градуса, что на 20% выше в сравнении с серийным трактором.

Также следует отметить, что использование тракторов на почвенных склонах, имеющих твердый подстилающий слой в виде мерзлоты, имеет свои специфические особенности. При работе, кроме угла поперечной устойчивости, необходимо учитывать и критический угол по сползанию, так как он во многом определяется величиной коэффициента сцепления колёс с почвой в поперечном направлении по формуле $\text{tg}\alpha = \varphi$, где φ - коэффициент сцепления колёс с почвой в поперечном направлении.

Как известно данный коэффициент во многом зависит от нагрузки, приходящейся на опорную поверхность и при ее увеличении за счёт перераспределения нагрузки данный коэффициент также увеличится.

2.2.2 Влияние перераспределяющего устройства на поперечную устойчивость МТА с прицепным сельскохозяйственным орудием

Пневматические шины, применяемые на современных колёсных энергетических средствах, используемых в сельском хозяйстве, обладают хорошей эластичностью, значительной долговечностью, но относительно невысокой прочностью к внешнему воздействию инородными прочными предметами. Вследствие этого, во время выполнения транспортных или сельскохозяйственных операций, нередки случаи проколов, разрывов и прочих повреждений колёс в движении, влекущих продолжительную остановку агрегата для проведения ремонта, которые увеличивают сроки проведения работ, снижая эффективность и производительность.

Известно, что замена вышедшей из строя камеры в камерных шинах представляет большие трудности, особенно в тяжёлых дорожных или холодных климатических условиях. Также снятие шины с обода требует больших физических усилий оператора по причине прикипания бортов шины к ободу колеса вследствие нагрева при эксплуатации, при этом применяются различные монтажные приспособления, предохраняющие боковины шины от срыва резинкордного материала и нарушения целостности бортовых колец.

Выполнение данных работ на склоновой поверхности накладывает определенные технические трудности, а также увеличивает техногенное воздействие на поверхность поля, что в конечном итоге влечёт за собой снижение урожайности на данном участке. Для устранения этого фактора необходимо все работы проводить на краю поля, а для этого необходимо, чтобы МТА самостоятельно смог продолжить движение по выезду с поля. Для выполнения

поставленной задачи необходимо, чтобы нагрузка на вышедшей из строя движитель была минимальной, что позволит обеспечить сохранность шины движителя.

Проанализируем работу предлагаемого устройства при взаимодействии конструктивных и силовых параметров в статическом (рисунок 2.10), и динамическом режимах (рисунок 2.11), используя известные положения теории равновесия механизмов и машин [9,184].

При работе устройства происходит вертикальное смещение оси крепления колеса согласно схеме, представленной на рисунке 2.8. В качестве примера рассмотрим работу колеса при разгрузке переднего и заднего правого колеса.

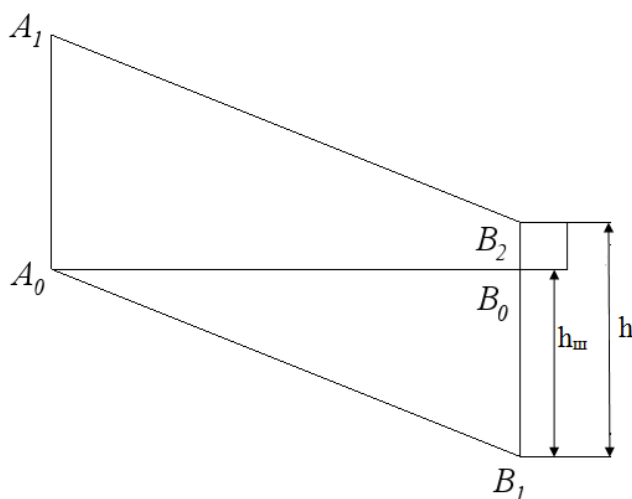


Рисунок 2.8- Схема к определению положения вертикального смещения оси крепления колеса

При этом тросовая силовая связь устройства из нейтрального положения A_0B_0 переходит в положение A_0B_1 , при этом происходит её натяжение и вертикальное перемещение оси крепления колеса, находящегося ниже по склону, на высоту шины $h_{ш}$, м. Длина троса остаётся величиной неизменной, растяжением троса в связи с малозначительностью пренебрегаем.

После вертикальной регулировки задней навески силовым гидроцилиндром происходит перемещение вертикальной тяги навески трактора из положения A_0

в положение A_1 , оси крепления колеса из точки B_1 в точку B_2 на величину $h = h_{ш} + c$, где c – высота поднятия оси крепления колеса, находящегося ниже по склону m .

Для определения параметров движения оси крепления колеса, находящегося ниже по склону, рассмотрим перемещение точки B_1 , произвольно расположенной на оси крепления колеса, находящегося ниже по склону. Для этого используем второй закон Ньютона

$$ma = \sum F_k . \quad (2.12)$$

Покажем все силы, действующие на точку B_1 и схематически приведённые на рисунке 2.9.

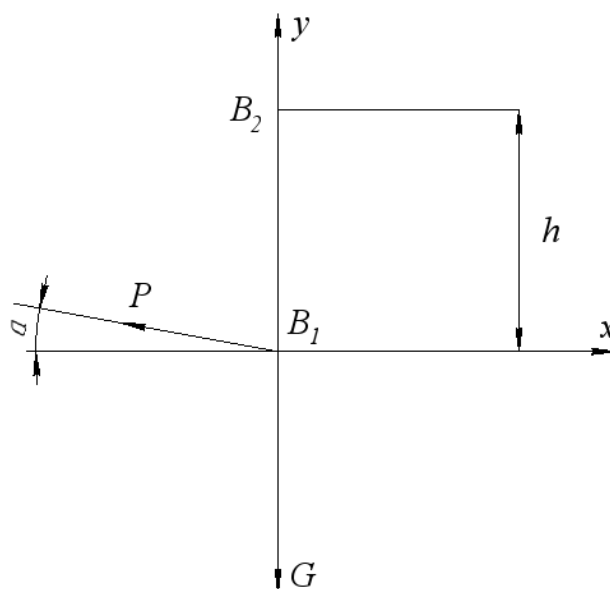


Рисунок 2.9- Схема к определению перемещения оси крепления колеса

Введём обозначения: $G=mg$ – сила тяжести, которая равна половине веса, приходящегося на заднюю часть трактора, Н, m - масса трактора, приходящаяся на движитель, находящийся ниже по склону, кг, g - ускорение свободного падения, m/c^2 , P - усилие, создаваемое гидроцилиндром навески трактора при натяжении тросовой силовой связи, Н, α – угол натяжения тросовой силовой связи, град.

Проецируем обе части выражения (2.12) на ось y и получаем равенство

$$ma_y = \sum F_{ky} = P \sin \alpha - G,$$

$$\text{или} \quad \frac{dv_y}{dt} = \frac{p}{m} \sin \alpha - g, \quad (2.13)$$

Вводим дополнительные обозначения $a_y = \frac{dv_y}{dt}$ и $v_y = \frac{dy}{dt}$.

интегрируя дважды выражение (2.13), получаем уравнения:

$$V_y = \left(\frac{p}{m} \sin \alpha - g \right) t + c_1. \quad (2.14)$$

$$y = \left(\frac{p}{m} \sin \alpha - g \right) \frac{t^2}{2} + c_2. \quad (2.15)$$

При начальных условиях, равных $V_0 = 0$ $t_0 = 0$ $y_0 = 0$

Получим постоянные интегрирования $c_1 = 0$ $c_2 = 0$,

Подставляя значения полученных постоянных в выражения 2.14 и 2.15 получаем формулу изменения скорости точки B_1 оси крепления колеса, находящегося ниже по склону:

$$V_y = \frac{dy}{dt} = \left(\frac{p}{m} \sin \alpha - g \right) t. \quad (2.16)$$

И уравнение движения точки B_1 оси крепления колеса, примет вид:

$$y = \left(\frac{p}{m} \sin \alpha - g \right) \frac{t^2}{2}. \quad (2.17)$$

Для определения вертикальных реакций трактора на поверхность при стабилизации ходовой системы и остова трактора составим уравнение равновесия, используя схему на рисунке 2.10.

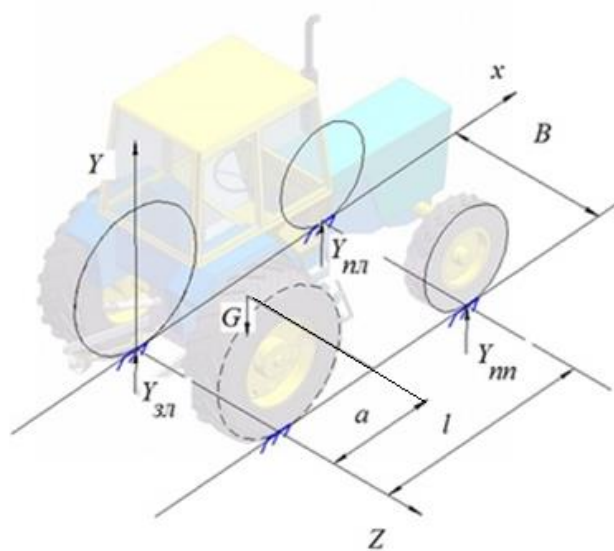


Рисунок 2.10- Схема к определению вертикальных реакций трактора на поверхность при перераспределении вертикальных нагрузок

где a -расстояние от центра тяжести трактора до центра пятна контакта задних колёс, м, l -расстояние от центра пятна контакта задних колёс до центра пятна контакта передних колёс, м, B - колёсная база трактора, м; $Y_{\text{пл}}$ -вертикальная силовая опорная реакция переднего правого колеса, Н, $Y_{\text{пл}}$ -вертикальная силовая опорная реакция переднего левого колеса,Н, $Y_{\text{зл}}$ -вертикальная силовая опорная реакция заднего левого колеса, Н.

Составляем уравнения равновесия:

$$\text{При } \sum F_{ky} = 0 \quad Y_{\text{зл}} + Y_{\text{пл}} + Y_{\text{пл}} - G = 0, \quad (2.18)$$

$$\text{При } \sum M_x(F_k) = 0 \quad -Y_{\text{пл}} \cdot B + G \cdot \frac{B}{2} = 0, \quad (2.19)$$

$$\text{При } \sum M_z(F_k) = 0 \quad Y_{\text{пл}} \cdot l + Y_{\text{пл}} \cdot l - Ga = 0, \quad (2.20)$$

И получаем уравнения реакции опор трактора на поверхность:

$$Y_{\text{пл}} = 0,5G. \quad (2.21)$$

$$Y_{\text{пл}} = \frac{Ga - Y_{\text{пл}} \cdot l}{l} = G \frac{a}{l} - 0,5G = G \left(\frac{a}{l} - 0,5 \right). \quad (2.22)$$

$$Y_{\text{зл}} = G - Y_{\text{пл}} - Y_{\text{пл}} = G - 0,5G - G \frac{a}{l} + 0,5G = G - G \frac{a}{l} = G \left(1 - \frac{a}{l} \right). \quad (2.23)$$

Аналогично составляем уравнения равновесия при действии межколесного стабилизатора ходовой системы используя схему на рисунке 2.11.

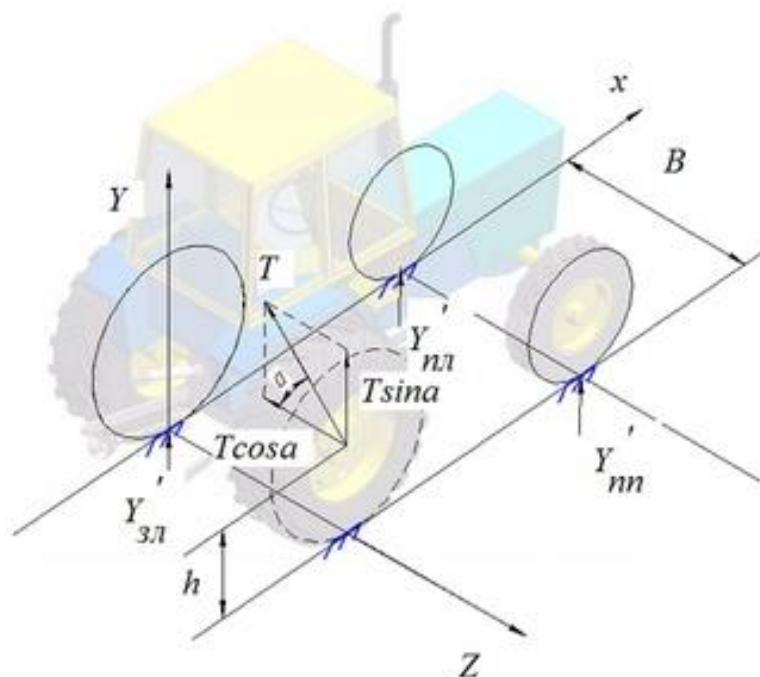


Рисунок 2.11 - Схема к определению вертикальных реакций опор трактора на поверхность при работе межколёсного стабилизатора ходовой системы

Где $Y'_{\text{пл}}$ - вертикальная силовая опорная реакция переднего правого колеса, $Y'_{\text{пл}}$ - вертикальная силовая опорная реакция переднего левого колеса, $Y'_{\text{зл}}$ - вертикальная силовая опорная реакция заднего левого колеса, T - натяжение троса, h - расстояние от оси крепления колеса, находящегося ниже по склону, до центра пятна контакта заднего колёса, м.

Составляем уравнения равновесия:

$$\text{При } F_{ky} = 0 \quad Y'_{\text{зл}} + T \sin \alpha + Y'_{\text{пл}} + Y'_{\text{пл}} - G = 0, \quad (2.24)$$

$$\text{При } M_x(F_k) = 0 \quad -Y'_{\text{пл}} \cdot B + G \cdot \frac{B}{2} - T \sin \alpha \cdot B - T \cos \alpha \cdot h = 0, \quad (2.25)$$

$$\text{При } \sum M_z(F_k) = 0 \quad Y'_{\text{пл}} \cdot l + Y'_{\text{пл}} \cdot l - Ga = 0, \quad (2.26)$$

И получаем уравнения вертикальных силовых опорных реакций движителей трактора на поверхность

$$Y'_{\text{пл}} = 0,5G - T \sin \alpha - T \cos \alpha \frac{h}{B}. \quad (2.27)$$

$$Y'_{пл} = \frac{Ga - Y'_{пп} \cdot l}{l} = G \frac{a}{l} - 0,5G + T \sin \alpha + T \cos \alpha \frac{h}{B}. \quad (2.28)$$

$$Y'_{зл} = G - Y'_{пп} - Y'_{пл} - T \sin \alpha = G - G \frac{a}{l} - T \sin \alpha = G \left(1 - \frac{a}{l}\right) - T \sin \alpha. \quad (2.29)$$

Полученные уравнения показывают, что при действии устройства происходит перераспределение вертикальной силовой нагрузки с движителя, изменившего геометрические параметры, на ходовую систему трактора. При этом наблюдается нагружение заднего левого колеса, переднего левого колеса по ходу движения, разгрузка переднего правого колеса и общая стабилизация ходовой системы, что повышает поперечную устойчивость МТА и позволяет закончить движение до конца поля или совершить выезд за его пределы.

2.2.3 Влияние устройства на повышение поперечной устойчивости МТА с навесным сельскохозяйственным орудием

Как известно, чем выше центр тяжести МЭС и короче их колёсная база, тем меньшими углами поперечной и продольной устойчивости, а также большей вероятностью опрокидывания они обладают.

Статистические данные показывают, что наиболее часто используемыми в хозяйствах области энергетическими средствами являются колёсные тракторы Минского тракторного завода, относящиеся к категории короткобазных тракторов с жёсткой рамой, шарнирно-установленным передним мостом и узкой шириной колеи. В связи с чем возникает необходимость поиска технических решений, повышающих безопасные углы при работе трактора на наклонных опорных поверхностях.

В ходе проведённого ранее анализа применяемых устройств, алгоритмов подбора и системных предложений была рекомендована конструкция стабилизатора поперечной устойчивости МЭС с навесным сельскохозяйственным орудием (патент РФ № 192386)

Проанализируем работу предлагаемого устройства при взаимодействии конструкционных и силовых параметров в статическом (рисунок 2.12), и

динамическом режимах (рисунок 2.13) по условиям переворачивания и догрузки осей при работе на наклонной опорной поверхности, используя известные положения теории равновесия механизмов и машин [9].

Для этого рассмотрим силы, действующие на колёсное МЭС, стоящее на уклоне (рисунок 2.12).

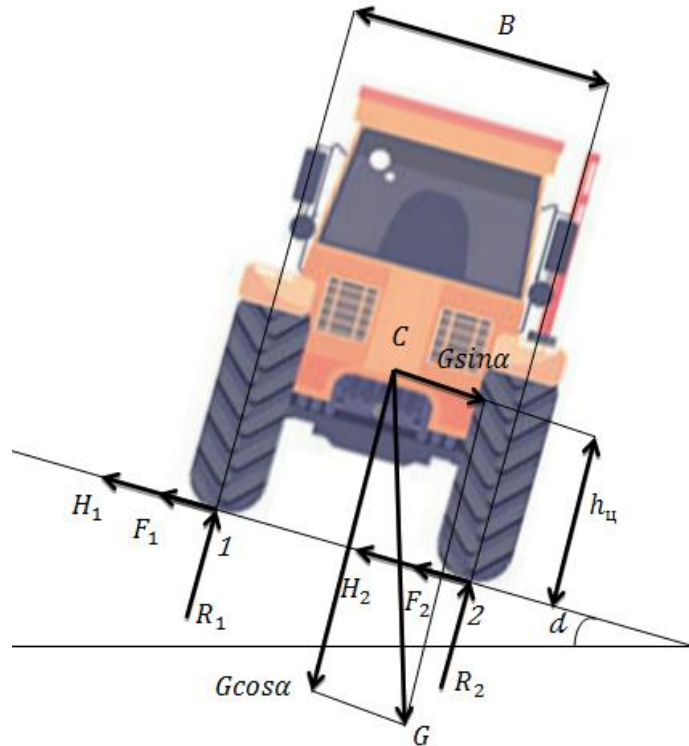


Рисунок 2.12- Схема к определению статического предельного угла поперечного уклона

Где R_1 и R_2 - вертикальные реакции поверхности под опорами трактора, Н; F_1 и F_2 - действующие силы трения под опорами, Н; H_1 и H_2 – горизонтальные реакции поверхности, Н; G - сила тяжести трактора, Н; точка C - точка расположения центра тяжести трактора, угол α - угол уклона опорной поверхности, град; B -ширина колеи, м, точка 1 и точка 2 - центр пятна контакта движителей задней оси трактора, h_c – высота центра масс трактора, м .

Составим уравнение равновесия относительно точки 2 для предлагаемой системы сил:

$$\sum M_2(F_k) = 0 \quad - R_1 \cdot B + G \cos \alpha \cdot \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_c = 0. \quad (2.30)$$

По условиям безопасности при отрыве точки 1 от опорной поверхности, при $R=0$, может произойти опрокидывание трактора.

$$\text{тогда} \quad R_1 = 0,5 \cdot G \cos \alpha - G \sin \alpha \cdot \frac{h_{\text{ц}}}{B} = 0 \quad (2.31)$$

$$\Sigma M_1 = 0 \quad -G \cos \alpha \cdot \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{\text{ц}} + R_2 \cdot B = 0. \quad (2.32)$$

$$\text{тогда} \quad R_2 = 0,5 \cdot G \cos \alpha + G \sin \alpha \cdot \frac{h_{\text{ц}}}{B} \quad (2.33)$$

В ходе преобразования уравнения 2.33 получаем:

$$G \sin \alpha \cdot h_{\text{ц}} = G \cos \alpha \frac{B}{2}, \quad (2.34)$$

$$\text{тогда} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{B}{2h_{\text{ц}}}. \quad (2.35)$$

Составим уравнения равновесия при неработающем устройстве

Рассмотрим усилие, возникающее в гибкой тросовой силовой связи в месте крепления к мосту трактора на основании схемы, предложенной на рисунке 2.5.

где T - параметры изменения силовой нагрузки, возникающей в тросовой связи, H , точка A -точка крепления троса на оси колесного движителя; T_x, T_y, T_z – пространственные составляющие силовой реакции при изменении силовой нагрузки, возникающей в тросовой связи T в точке крепления тросовой связи, H ; β, φ – угол натяжения тросовой связи, град.

В пространственной системе координат тросовое усилие разложится на три составляющие T_x, T_y, T_z :

$$T_x = T \cos \beta \sin \varphi. \quad (2.36)$$

$$T_y = T \cos \beta \sin \varphi. \quad (2.37)$$

$$T_z = T \sin \beta. \quad (2.38)$$

Из них на поперечную устойчивость будут оказывать влияние составляющие, находящиеся в плоскости координат yAz , т.е T_y и T_z .

Рассмотрим силы, действующие на трактор с подключенным стабилизатором (рисунок 2.13).

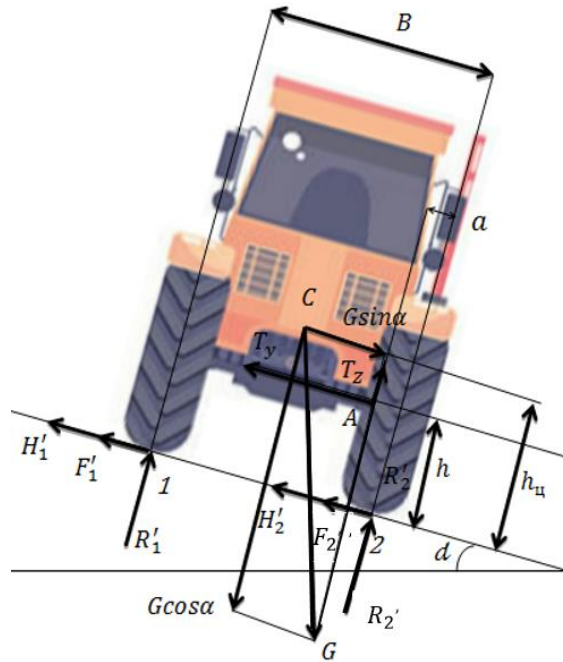


Рисунок 2.13- Схема к определению статического предельного угла поперечного уклона МТА с подключенным стабилизатором

Где h -расстояние от т. А до опорной поверхности, м; $h_{ц}$ - расстояние от горизонтальной проекции точки С до опорной поверхности, R_1' и R_2' - вертикальные реакции поверхности под опорами трактора, Н; F_1' и F_2' - действующие силы трения под опорами, Н; H_1' и H_2' – горизонтальные реакции поверхности, Н; a - расстояние от точки крепления тросовой силовой связи до вертикальной проекции центра пятна контакта движителей задней оси трактора в точке 2.

Составим уравнение равновесия относительно точки 2 для полученной системы сил:

$$\sum M_2(F_k) = 0 \quad - R_1' \cdot B + G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{ц} + T_y \cdot h + T_z \alpha. \quad (2.39)$$

Предполагаем опрокидывание трактора при условии $R_1' = 0$ и при преобразовании получаем:

$$G \sin \alpha \cdot h_{ц} = G \cos \alpha \frac{B}{2} + T_y \cdot h + T_z \alpha, \quad (2.40)$$

тогда
$$\frac{G \cos \alpha \frac{B}{2} + T_y \cdot h + T_z \alpha}{G \cdot h_{ц} \cdot \cos \alpha}, \quad (2.41)$$

при
$$t_g \alpha = \frac{B}{2h_{ц}} + \frac{T_y \cdot h + T_z \alpha}{G \cdot h_{ц} \cdot \cos \alpha}. \quad (2.42)$$

С учётом формул 2.34 и 2.35 получаем:

$$t_g \alpha = \frac{B}{2h_{ц}} + \frac{T \cos \beta \sin \varphi \cdot h + T \sin \beta \cdot \alpha}{G \cdot h_{ц} \cdot \cos \alpha}$$

или
$$t_g \alpha = \frac{B}{2h_{ц}} + \frac{T(\cos \beta \sin \varphi \cdot h + \sin \beta \cdot \alpha)}{G \cdot h_{ц} \cdot \cos \alpha} \quad (2.43)$$

При сравнении выражений 2.35 и 2.43 можно сделать вывод о том, что при подключенном стабилизаторе поперечной устойчивости колёсного МЭС происходит увеличение предельного статического угла поперечного уклона α на величину, равную $\frac{T(\cos \beta \sin \varphi \cdot h + \sin \beta \cdot \alpha)}{G \cdot h_{ц} \cdot \cos \alpha}$, что позволит увеличить безопасные режимы работы трактора при эксплуатации на наклонных опорных поверхностях.

Для рассмотрения параметров динамического нагружения ходовой системы и движителей трактора, определения оптимальных режимов работы предлагаемого стабилизатора поперечной устойчивости колесного трактора определим условия перераспределения сцепного веса трактора. При этом рассмотрим полученные ранее выражения 2.39 и 2.41 и схемы, указанные на рисунках 2.12 и 2.13, при условии, что $R_1 > 0$ и $R'_1 > 0$.

Из выражения 2.30 (без подключенного стабилизатора):

$$R_1 = \frac{G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{ц}}{B}. \quad (2.44)$$

Из выражения 2.39 (с подключенным стабилизатором)

$$R'_1 = \frac{G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{ц} + T_y \cdot h + T_z \alpha}{B}. \quad (2.45)$$

или
$$R'_1 = 0,5 \cdot G \cos \alpha - G \sin \alpha \frac{h_y}{B} + T_y \cdot \frac{h}{B} + T_z \frac{a}{B}.$$

При $\Sigma M_1 = 0$
$$- G \cos \alpha \cdot \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_y + R'_2 \cdot B + T_y \cdot h + T_z (B - a) = 0. \quad (2.46)$$

тогда
$$R'_2 = 0,5 \cdot G \cos \alpha + G \sin \alpha \cdot \frac{h_y}{B} - T_y \frac{h}{B} - T_z \frac{(B-a)}{B} \quad (2.47)$$

С учётом 2.39 и 2.40 выражения

$$\text{Для } R'_1 = \frac{G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{ц}}{B} + \frac{T(\cos \beta \sin \varphi \cdot h + T \sin \beta \cdot a)}{B}.$$

$$\text{Или } R'_1 = 0,5 \cdot G \cos \alpha - G \sin \alpha \frac{h_y}{B} + T \cos \beta \cos \varphi \cdot \frac{h}{B} + T \sin \beta \frac{a}{B} \quad (2.48)$$

$$\text{Для } R'_2 = 0,5 \cdot G \cos \alpha + G \sin \alpha \frac{h}{B} - T \cos \beta \cos \varphi \cdot \frac{h}{B} - T \sin \beta \frac{(B-a)}{B} \quad (2.49)$$

С целью оценки влияния предложенного стабилизатора на устойчивость агрегата определим коэффициент догружения K колеса, находящегося выше по склону, используя выражения (2.44) и (2.45)

$$K = \frac{R'_1}{R_1} = 1 + \frac{T(\cos \beta \sin \varphi \cdot h + \sin \beta \cdot a)}{G \cos \alpha \frac{B}{2} - G \sin \alpha \cdot h_{ц}} = 1 + \frac{T(\cos \beta \sin \varphi \cdot h + \sin \beta \cdot a)}{G \left(\cos \alpha \frac{B}{2} - \sin \alpha \cdot h_{ц} \right)}. \quad (2.54)$$

Графическая интерпретация коэффициента догружения K колеса, находящегося выше по склону при подключенном стабилизаторе поперечной устойчивости колёсного МЭС от совместного влияния двух факторов изменения угла уклона α и рекомендуемого усилия, возникающего в тросовой связи T представлена на рисунке 2.14.

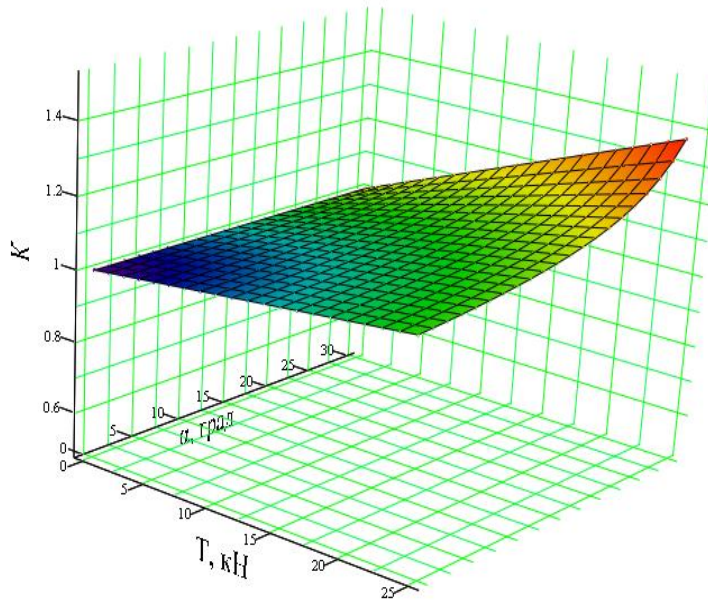


Рисунок 2.14 – Зависимость коэффициента догружения K колеса от изменения угла уклона α и усилия, возникающего в тросовой связи T

Таким образом, анализ выражений 2.44, 2.48 и 2.54 позволяет предположить, что при подключении предлагаемого стабилизатора поперечной устойчивости происходит загрузка колеса (двигателя, находящегося выше по склону) МЭС, что увеличивает поперечную устойчивость машинно-тракторного агрегата (рисунок 2.13).

С целью повышения продольно-поперечной устойчивости, стабилизации движения трактора в условиях склоновых поверхностей необходимо провести анализ взаимодействия двигателя с почвой.

Учитывая, что сила сцепления колес с почвой зависит от коэффициента сцепления φ_y в поперечном направлении и вертикальной силовой реакции поверхности на колесо, ее значение определяется зависимостью [Скотников]

$$G \sin \alpha = \varphi_y (R_1 + R_2). \quad (2.55)$$

Коэффициента сцепления φ_y в поперечном направлении зависит от типа и состояния почвы, конструктивных особенностей и материала шин. Величину коэффициента сцепления φ_y в поперечном направлении принято определять через коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью в продольном направлении φ_x по соотношению $\varphi_y = \varphi_x \cdot (0,7 \dots 0,8)$ [150].

Установим зависимости вертикальных силовых реакции поверхностей R_1 и R_2 на колесо от коэффициента сцепления φ_y в поперечном направлении. Используя формулы (2.31), (2.33) и (2.55) реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся выше по склону определяется выражением

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{G \sin \alpha - \varphi_y \left(0,5 \cdot G \cos \alpha + G \sin \alpha \cdot \frac{h_{\text{ц}}}{B} \right)}{\varphi_y} = G \left(\frac{\sin \alpha}{\varphi_y} - 0,5 \cdot \cos \alpha - \sin \alpha \cdot \frac{h_{\text{ц}}}{B} \right) \\ &= G \left(\left(\frac{1}{\varphi_y} - \frac{h_{\text{ц}}}{B} \right) \sin \alpha - 0,5 \cdot \cos \alpha \right). \end{aligned} \quad (2.56)$$

Реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся ниже по склону определяется выражением

$$R_2 = \frac{G \sin \alpha - \varphi_y \left(0,5 \cdot G \cos \alpha - G \sin \alpha \cdot \frac{h_{\text{ц}}}{B} \right)}{\varphi_y} = G \left(\frac{\sin \alpha}{\varphi_y} - 0,5 \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \frac{h_{\text{ц}}}{B} \right)$$

$$= G \left(\left(\frac{1}{\varphi_y} + \frac{h_{\text{ц}}}{B} \right) \sin \alpha - 0,5 \cdot \cos \alpha \right). \quad (2.57)$$

Из выражений (2.56) и (2.57) следует, при увеличении коэффициента сцепления φ_y в поперечном направлении происходит снижение реакции поверхности, приходящейся на движитель.

Для дальнейшей реализации поставленной цели исследования определим влияние коэффициента сцепления φ_y в поперечном направлении на величины вертикальных силовых реакции поверхностей, приходящихся на колёса при использовании устройства МСХС. Используя формулы (2.48), (2.49) и (2.55), получает следующие выражения для определения величин силовых реакции поверхностей, приходящихся на колёса при включенном устройстве:

находящиеся выше по склону

$$R'_1 = \frac{G \sin \alpha - \varphi_y \left(0,5 \cdot G \cos \alpha + G \sin \alpha \frac{h}{B} - T \cos \beta \cos \varphi \cdot \frac{h}{B} - T \sin \beta \frac{(B-a)}{B} \right)}{\varphi_y}. \quad (2.58)$$

находящиеся ниже по склону

$$R'_2 = \frac{G \sin \alpha - \varphi_y \left(0,5 \cdot G \cos \alpha - G \sin \alpha \frac{h}{B} + T \cos \beta \cos \varphi \cdot \frac{h}{B} + T \sin \beta \frac{(B-a)}{B} \right)}{\varphi_y}. \quad (2.59)$$

Учитывая формулы (2.48), (2.49) и (2.58), (2.59) коэффициент догрузки (разгрузки) К колеса учитывающий свойства опорной поверхности, находящегося выше по склону, определяется выражением

$$K = \frac{R'_1}{R_1} = 1 + \frac{T \left(\frac{h}{B} \cos \beta \cos \varphi + \frac{(B-a)}{B} \sin \beta \right)}{G \sin \alpha - \varphi_y \left(0,5 \cdot G \cos \alpha + G \sin \alpha \cdot \frac{h_{\text{ц}}}{B} \right)}, \quad (2.60)$$

для колеса, находящегося ниже по склону

$$K = \frac{R'_2}{R_1} = 1 - \frac{T\left(\frac{h}{B} \cos\beta \cos\varphi + \frac{(B-a)}{B} \sin\beta\right)}{G \sin\alpha - \varphi_y \left(0,5 \cdot G \cos\alpha - G \sin\alpha \cdot \frac{h_{ц}}{B}\right)}. \quad (2.61)$$

Таким образом, условия эксплуатации колёсного МЭС оказывают значительное влияние на эффективность, существенно изменяя производительность, расход топлива, надежность и другие показатели. Рассматриваемая проблема становится тем актуальнее, чем больше отклонения условий эксплуатации от стандартных и чем хуже приспособленность трактора к этим отклонениям, что особенно характерно для МЭС, используемого в Амурской области.

2.2.4 Теоретические исследования по влиянию перераспределяющего устройства на продольную устойчивость машинно-тракторного агрегата

В целях определения величин влияния предлагаемого устройства на продольную устойчивость трактора составим рабочие схемы и рассмотрим вертикальные составляющие, действующие на трактор в статическом (рисунок 2.15) и в рабочем режиме (рисунок 2.16).

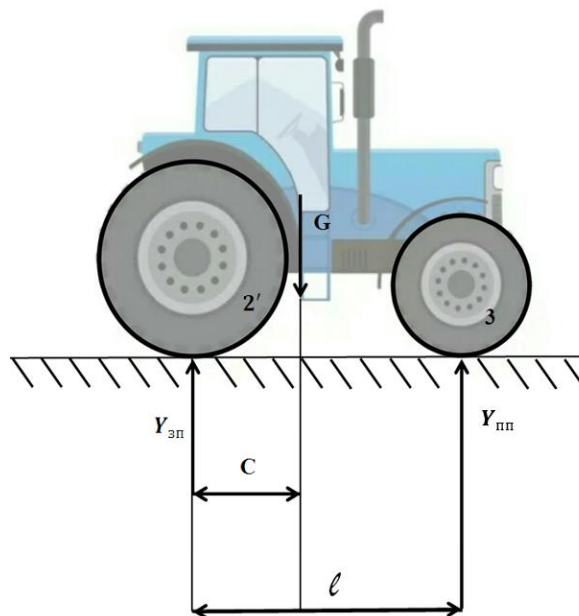


Рисунок 2.15-Схема к определению вертикальных реакций поверхности при неподключенном устройстве

где G - сила тяжести трактора, H , C - расстояние от центра тяжести трактора до центра пятна контакта заднего движителя, м, ℓ - продольная колёсная база трактора, м, $2'$ - задний правый движитель, 3 -передний правый движитель трактора, $Y_{зп}$ - вертикальная силовая реакция поверхности под задним правым движителем, Н, $Y_{пп}$ - вертикальная силовая реакция поверхности под передним правым движителем, Н, и составим уравнения равновесия:

При $\Sigma M_{2'} = 0$

$$-G \cdot C + Y_{пп} \cdot \ell = 0,$$

тогда

$$Y_{пп} = G \frac{C}{\ell}. \quad (2.63)$$

При $\Sigma M_3 = 0$

$$-Y_{зп} \cdot \ell + G(\ell - C) = 0$$

тогда

$$Y_{зп} = G \frac{(\ell - C)}{\ell}. \quad (2.64)$$

Рассмотрим формирование силовых реакций при работе устройства, используя схему на рисунке 2.16.

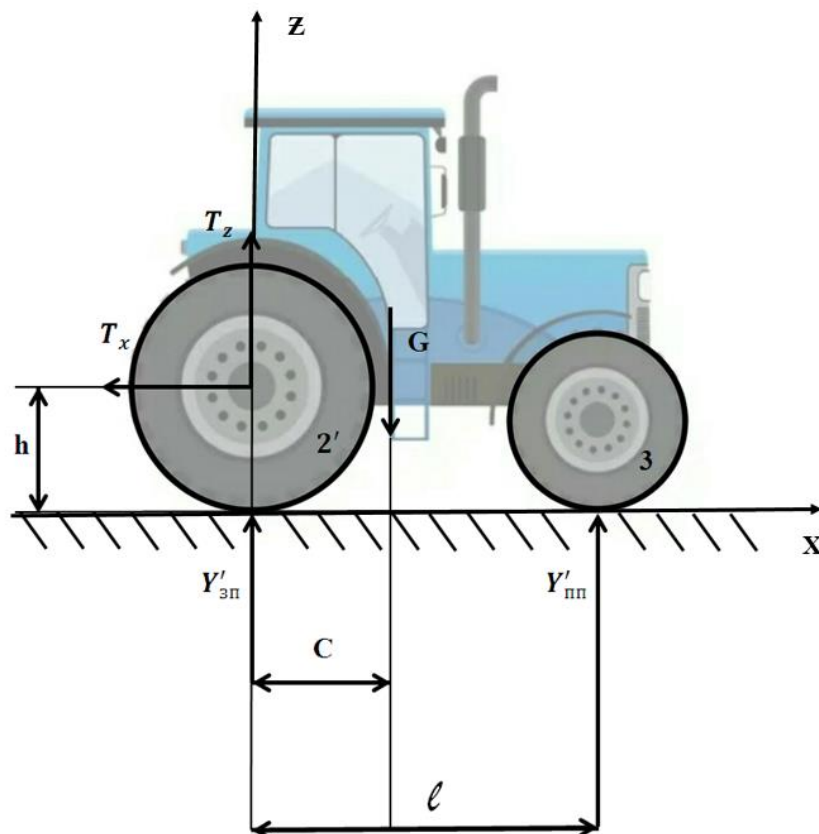


Рисунок 2.16-Схема к определению вертикальных реакций поверхности при включенном устройстве

Где $Y'_{зп}$ - вертикальная силовая реакция поверхности под задним правым движителем при работе устройства, Н, $Y'_{пп}$ - вертикальная силовая реакция поверхности под передним правым движителем при работе устройства, Н.

Для этого составим уравнения равновесия для опор трактора:

При $\Sigma M_{2'} = 0$
$$T_x \cdot h + Y'_{пп} \cdot \ell - G \cdot C = 0$$

тогда
$$Y'_{пп} = G \frac{C}{\ell} - T_x \frac{h}{\ell}, \quad (2.65)$$

При $\Sigma M_3 = 0$
$$-Y'_{зп} \cdot \ell - T_z \cdot \ell + T_x \cdot h + G(\ell - C) = 0$$

тогда
$$Y'_{зп} = G \frac{(\ell - C)}{\ell} + T_x \cdot \frac{h}{\ell} - T_z, \quad (2.66)$$

С учетом выражений (2.63, 2.64, 2.65, 2.66) получаем:

$$Y'_{пп} = G \frac{C}{\ell} - T \cos \beta \sin \varphi \frac{h}{\ell}. \quad (2.67)$$

$$Y'_{зп} = G \frac{(\ell - C)}{\ell} + T \cos \beta \sin \varphi \frac{h}{\ell} - T \sin \beta. \quad (2.68)$$

Таким образом, проведенные расчеты позволяют спрогнозировать вертикальную силовую реакцию поверхности под передним правым движителем $Y'_{пп}$ и вертикальную силовую реакцию поверхности под задним правым движителем $Y'_{зп}$ при работе устройства.

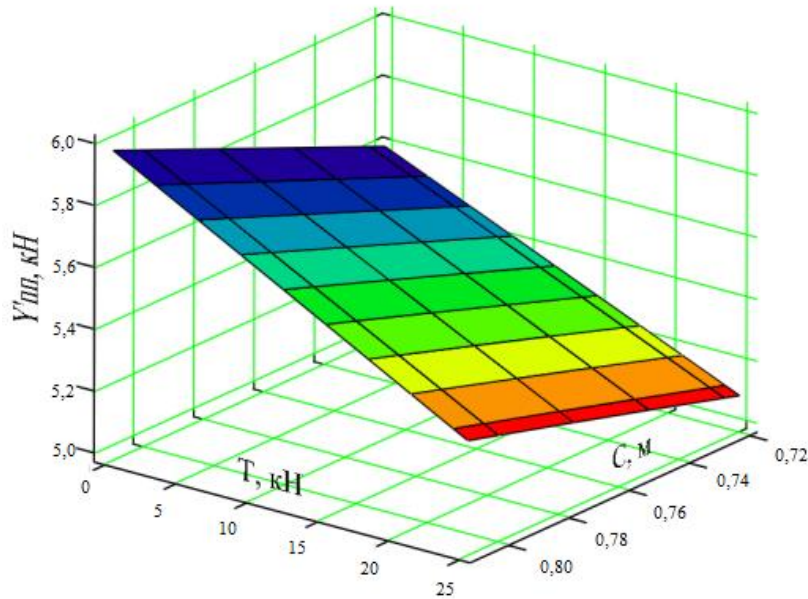


Рисунок 2.17 - Влияние усилия, возникающего в тросовой связи T и расстояния от центра тяжести трактора до центра пятна контакта C на вертикальную силовую реакцию поверхности под передним правым движителем при работе устройства

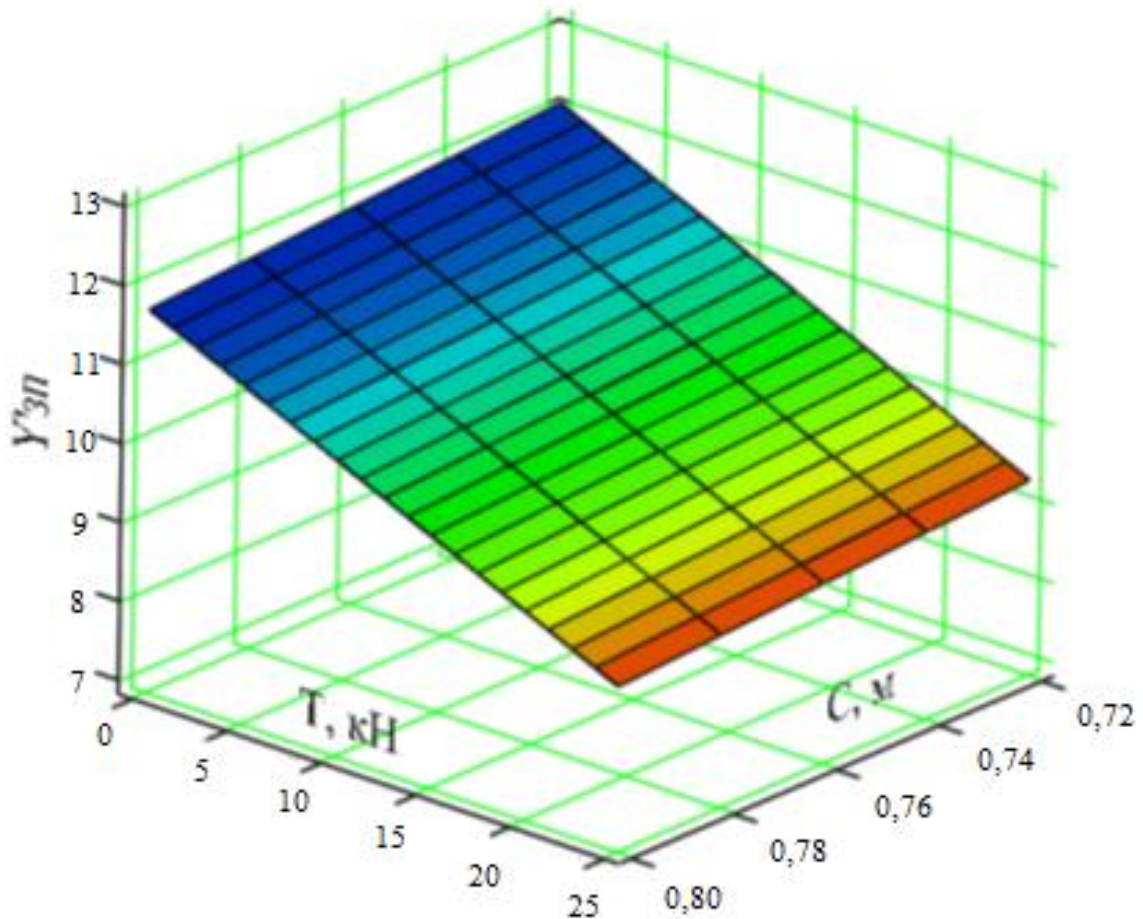


Рисунок 2.18 - Влияние усилия, возникающего в тросовой связи T и расстояния от центра тяжести трактора до центра пятна контакта C на вертикальную силовую реакцию поверхности под задним правым движителем при работе устройства

Анализ графиков 2.17-2.18 позволяет предположить, что значительное увеличение вертикальных силовых реакций поверхностей под правыми колесами трактора при включенном устройстве происходит за счет смещение центра тяжести трактора возникающее при повышении усилия тросовой связи предлагаемого устройства.

С учётом полученных уравнений проведём дальнейшие исследования и выразим реакции: $Y'_{зл}$ - вертикальная силовая реакция поверхности под задним левым двигателем при работе устройства, Н, и $Y'_{пл}$ - вертикальная силовая реакция поверхности под передним левым двигателем при работе устройства, Н через уравнения равновесия, используя схему на рисунке 2.19:

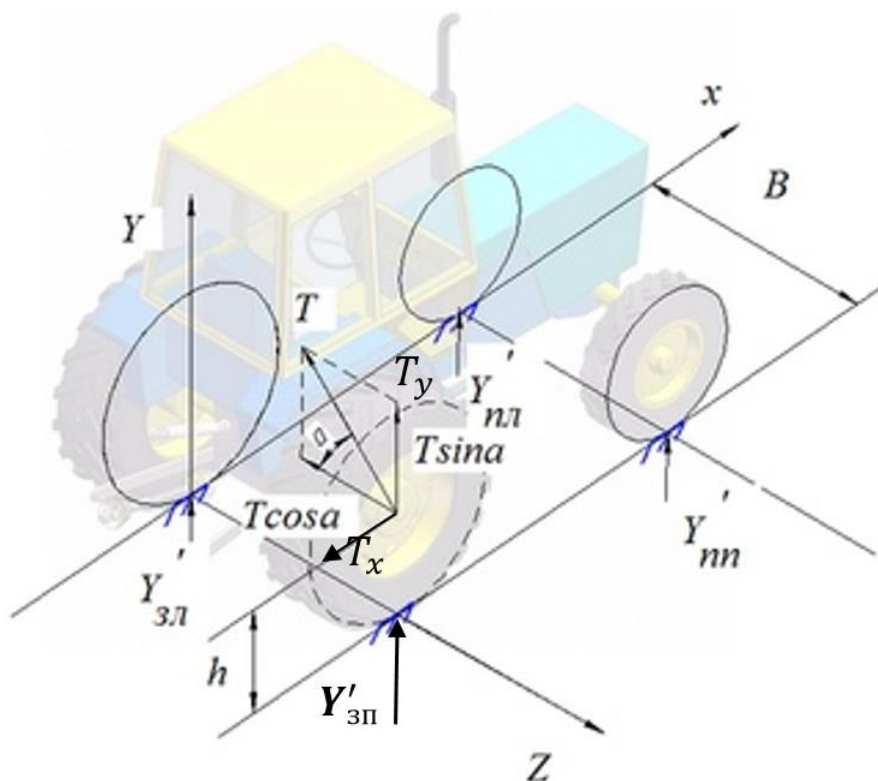


Рисунок 2.19-Схема к определению вертикальных реакций опор при работе устройства перераспределения веса

$$\text{При } \Sigma F_{ky} = 0 \quad Y'_{зл} + Y'_{пл} + Y'_{пн} + T_y - G = 0.$$

$$\text{При } \Sigma M_x = 0 \quad -Y'_{пн} \cdot B - T_y \cdot B - T_z \cdot h + G \cdot 0,5B = 0.$$

$$\text{При } \Sigma M_z = 0 \quad Y'_{пл} \cdot \ell + Y'_{пн} \cdot \ell + T_x \cdot h - G \cdot a = 0.$$

получаем:

$$Y'_{пн} = \frac{G \cdot 0,5B - T_y \cdot B - T_z \cdot h}{B} = G \cdot 0,5 - T_y - T_z \frac{h}{B}. \quad (2.69)$$

$$Y'_{пл} = \frac{Ga - T_x \cdot h - Y'_{пн} \cdot \ell}{\ell} = G \frac{a}{\ell} - T_x \frac{h}{\ell} - G \cdot 0,5 + T_y + T_z \frac{h}{B}. \quad (2.70)$$

$$Y'_{зл} = G - T_y - Y'_{пл} - Y'_{пн} = G - T_y - G \frac{a}{\ell} + T_x \frac{a}{\ell} = G(1,0 - \frac{a}{\ell}) - T_y + T_x \frac{h}{\ell}. \quad (2.71)$$

Тогда, с учётом выражений (2.69, 2.70, 2.71) при математическом упрощении получаем уравнения вертикальных реакций для опор трактора при работе устройства:

$$Y'_{\text{пп}} = G \cdot 0,5 - T \cos \beta \cos \varphi - T \sin \beta \frac{h}{B} = G \cdot 0,5 - T (\cos \beta \cos \varphi + \sin \beta \frac{h}{B}). \quad (2.72)$$

$$Y'_{\text{пл}} = G \left(\frac{a}{\ell} - 0,5 \right) - T \cos \beta \sin \varphi \frac{h}{\ell} + T \cos \beta \cos \varphi + T \sin \beta \frac{h}{B}. \quad (2.73)$$

$$Y'_{\text{зп}} = G \left(1 - \frac{a}{\ell} \right) - T \cos \beta \cos \varphi + T \cos \beta \sin \varphi \frac{h}{\ell}.$$

или
$$Y'_{\text{зп}} = G \left(1 - \frac{a}{\ell} \right) - T \cos \beta \left(\sin \varphi \frac{h}{\ell} - \cos \varphi \right). \quad (2.74)$$

тогда
$$Y'_{\text{зл}} = G \left(\frac{a}{\ell} - 0,5 \right) + T \left(\cos \beta \cos \varphi + \sin \varphi \frac{h}{B} - \cos \beta \sin \varphi \frac{h}{\ell} \right). \quad (2.75)$$

На основании полученных данных в программе SigmaPlot v.11.0 была составлена 3D- графическая модель (поверхности отклика) взаимодействия рассматриваемых параметров: изменения вертикальной нагрузки $Y'_{\text{зл}}$ от усилия, возникающего в тросовой связи T и высоты поднятия навески h , при работе перераспределяющего устройства, представленная на рисунке 2.20.

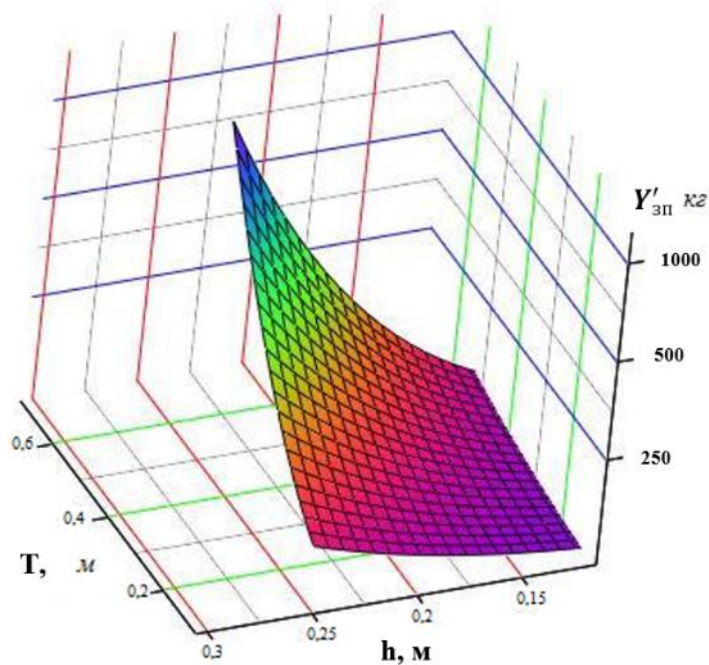


Рисунок 2.20- 3D- графическая модель (поверхность отклика) взаимодействия параметров изменения вертикальной нагрузки $Y'_{\text{зл}}$ от изменения параметров длины тросовой связи T и высоты поднятия навески h при работе перераспределяющего устройства

Анализ графика показывает, что при увеличении высоты поднятия навески h от 0,1 до 0,25 м. происходит изменение параметров T от 0,2 до 0,45 м., при этом увеличение вертикальной нагрузки на ведущие колёса трактора изменяется от 0 до 800 кг.

2.3 Теоретические исследования по влиянию предлагаемого устройства на величину производительности МТА

Производительность серийного машинно-тракторного агрегата определяется по общеизвестной формуле [37,38]

$$W = 0.36B_p V_p \tau, \quad (2.76)$$

где B_p - ширина захвата агрегата, м, V_p - рабочая скорость движения, м/с, τ - коэффициент использования времени смены.

Анализируя формулу (2.76) необходимо отметить, что на величину производительности влияют следующие параметры: конструктивно - технологические (ширина захвата и рабочая скорость движения агрегата) и организационно –технологические, в частности коэффициент использования времени смены. При рассмотрении продольной устойчивости МТА на основании проведенных теоретических исследований было установлено, что предлагаемое устройство дает возможность повысить сцепной вес, приходящейся на движитель, который в свою очередь оказывает влияние на касательную силу тяги, которая определяется по выражению:

- для серийного трактора

$$P_{кc} = \varphi G_{сцск}, \quad (2.77)$$

где φ - коэффициент использования сцепного веса; $G_{сцск}$ - сцепной вес трактора,Н.

Тогда для экспериментального агрегата касательная сила тяги будет найдена по формуле:

$$P_{кэ} = \varphi(G_{сцск} + G_d). \quad (2.78)$$

где G_d – добавленный сцепной вес, приходящий на движители за счёт перераспределения веса между колёсами трактора, Н.

Использование предлагаемого приспособления для перераспределения позволяет догружать задние ведущие колёса трактора за счёт разгрузки передних управляемых колёс. С учётом ранее полученных формул (2.74 и 2.75) сцепной вес, дополнительно приходящий на задние колёса при работе устройства G_d будет равен:

$$G_d = T \left(\cos\beta \cos\varphi + \sin\varphi \frac{h}{B} - \cos\beta \sin\varphi \frac{h}{\ell} \right). \quad (2.79)$$

Введём обозначение изменения сцепного веса в зависимости от дополнительно переданной нагрузки как ΔG , где $\Delta G = T \left(\cos\beta \cos\varphi + \sin\varphi \frac{h}{B} - \cos\beta \sin\varphi \frac{h}{\ell} \right)$

Таким образом, уравнение касательной силы тяги для экспериментального агрегата принимает вид:

$$P_{кэ} = \varphi(G_{сцск} + \Delta G). \quad (2.80)$$

Касательная сила тяги трактора серийного трактора складывается из двух составляющих:

$$P_k = P_{кр} + P_f, \quad (2.81)$$

где $P_{кр}$ – тяговое усилие трактора, Н; P_f – сила сопротивления движению, Н.

Исходя из формулы (2.81) тяговое усилие, развиваемое трактором будет равно:

$$P_{кр} = P_k - P_f. \quad (2.82)$$

Выразим тяговое усилие $P_{крэ}$ экспериментального агрегата, развиваемое трактором с учетом формул (2.80 и 2.82):

$$P_{крэ} = \varphi(G_{сцск} + \Delta G) - P_f. \quad (2.83)$$

Используя зависимость между тяговым усилием и шириной захвата с учётом формул (2.82 и 2.83) получим рабочую ширину захвата МТА:

$$B_p = \frac{\beta \cdot K_{кр} \cdot P_{кр}}{K} = \frac{\beta \cdot K_{кр} \cdot (\varphi(G_{сцск} + \Delta G) - P_f)}{K}. \quad (2.84)$$

На основании полученных выражений производительность экспериментального МТА с предлагаемым устройством в зависимости от величины догружения и тягового усилия будет равна:

$$W_э = 0,36V_p \cdot \tau \cdot \frac{\beta \cdot K_{кр} \cdot \varphi (G_{сцск} + \Delta G) - P_f}{K}. \quad (2.85)$$

Анализ формул (2.83 и 2.85) показывает, что использование предлагаемого устройства позволяет повысить производительность МТА за счёт увеличения тягового усилия.

Используя формулу (2.76) выразим коэффициент использования сцепного веса:

$$\varphi = \frac{P_k}{G_{сц}}. \quad (2.86)$$

Решая совместно уравнения (2.77, 2.78, 2.86) выразим коэффициент сцепного веса:

$$\varphi_э = \frac{(G_{сцск} + \Delta G) + P_f}{G_{сцск} + \Delta G}. \quad (2.87)$$

Анализ формул (2.86 и 2.87) показывает, что коэффициент использования сцепного веса у экспериментального трактора с установленным устройством меньше по сравнению с серийным вариантом.

Величина производительности в большой степени зависит от буксования МТА. Буксование энергетического средства связано с коэффициентом использования сцепного веса зависимостью, предложенной И.И.Трепененковым [165]:

$$\delta = \frac{0,248\varphi_k}{1 - 3,077\varphi_k^3}, \quad (2.88)$$

где φ_k – коэффициент использования сцепного веса.

Для экспериментального агрегата формула 2.88 принимает вид:

$$\delta_э = \frac{0,248\varphi_э}{1 - 3,077\varphi_э^3}. \quad (2.89)$$

С учетом ранее полученных формул (2.87) выражение (2.89) можно представить следующим образом:

$$\delta_3 = \frac{0,248 \frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G}}{1 - 3,077 \left(\frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G} \right)^3}. \quad (2.90)$$

Рассмотрим формирование рабочей скорости МТА в зависимости от полученных величин.

В общем случае рабочая скорость движения для серийного агрегата равна:

$$V_p = V_T(1 - \delta). \quad (2.91)$$

Выразим величину производительности для экспериментального агрегата с учетом формул 2.76, 2.85, 2.87, 2.90, 2.91.

$$W_3 = 0,36 \left(\frac{\beta \cdot K_{\text{кр}} \cdot \left(\frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G} \right) (G_{\text{сцск}} + \Delta G) - P_f}{K} \right) \cdot V_T \cdot \left(1 - \delta \frac{0,248 \frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G}}{1 - 3,077 \left(\frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G} \right)^3} \right) \tau. \quad (2.92)$$

Анализируя полученные зависимости, необходимо отметить, что установка предлагаемого устройства позволяет повысить производительность МТА по сравнению с серийным, за счёт снижения величины буксования, коэффициента использования сцепного веса и увеличения рабочей скорости движения.

2.4 Теоретические исследования по распределению эффективной мощности МТА

Распределение эффективной мощности двигателя по составляющим и отдельным видам сопротивлений называется балансом мощности серийного трактора N_T , при прямолинейном движении МТА без подключенного привода ВОМ в условиях горизонтальной обработки может быть выражен уравнением [38]:

$$N_{\text{тс}} = N_{\text{трс}} + N_{\delta \text{с}} + N_{\text{крс}} + N_{f\text{с}}. \quad (2.93)$$

Где $N_{\text{трс}}$ – потери мощности в трансмиссии трактора, кВт, $N_{\delta \text{с}}$ – потери мощности на буксование трактора, кВт, $N_{\text{крс}}$ – крюковая мощность трактора, кВт, $N_{f\text{с}}$ – потери мощности трактора на перекачивание, кВт. Используя известные формулы найдём составляющие мощностного баланса.

Используя ранее полученные зависимости проведем анализ составляющих мощностного баланса трактора серийного и экспериментального, с установленным устройством перераспределения.

При этом $N_{\text{трс}}$ возможно определить по формуле[38]:

$$N_{\text{трс}} = N_{\text{тс}} - (1 - \eta_{\text{тр}}), \quad (2.94)$$

где $\eta_{\text{тр}}$ – коэффициент полезного действия трансмиссии.

Тогда величина потерь мощности в трансмиссии экспериментального трактора равна [38]:

$$N_{\text{трэ}} = N_{\text{тэ}} - (1 - \eta_{\text{тр}}). \quad (2.95)$$

Потери мощности на перекачивание определяются по формуле[38]:

$$N_{fс} = \frac{G_{\text{трс}} f V_p}{3,6}, \quad (2.96)$$

где $G_{\text{трс}}$ – сцепной вес серийного трактора, Н, V_p – рабочая скорость движения трактора, км/ч, f – коэффициент сопротивления перекачиванию.

Для экспериментального трактора этот показатель будет равен:

$$N_{fэ} = \frac{G_{\text{трэ}} f \cdot V_{\text{т}} \cdot \left(1 - \frac{0,248 \frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G}}{1 - 3,077 \left(\frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G} \right)^3} \right)}{3,6}, \quad (2.97)$$

где $G_{\text{трэ}}$ – вес экспериментального трактора, Н.

Тяговая мощность трактора $N_{\text{кр}}$, определяется по уравнению :

$$N_{\text{крс}} = \frac{P_{\text{кр}} V_p}{3,6}, \quad (2.98)$$

где $P_{\text{кр}}$ – тяговое усилие трактора, Н

Для экспериментального трактора этот показатель будет равен:

$$N_{\text{крэ}} = \frac{\varphi(G_{\text{сцск}} + \Delta G) - P_f \cdot V_{\text{т}} \cdot \left(1 - \frac{0,248 \frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G}}{1 - 3,077 \left(\frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G} \right)^3} \right)}{3,6}. \quad (2.99)$$

Величину мощности, затрачиваемой серийным трактором на буксование, предлагается определить по формуле:

$$N_{\delta c} = N_{Tc} \cdot \delta, \quad (2.100)$$

где δ – величина буксования трактора.

Тогда для экспериментального трактора получаем $N_{\delta \text{э}}$:

$$N_{\delta \text{э}} = N_{T \text{э}} \cdot \frac{0,248 \frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G}}{1 - 3,077 \left(\frac{(G_{\text{сцск}} + \Delta G) + P_f}{G_{\text{сцск}} + \Delta G} \right)^3}. \quad (2.101)$$

Полученные уравнения показывают, что происходит перераспределение эффективной мощности двигателя за счёт снижения мощности, затрачиваемой на буксование. В то же время мощность, затрачиваемая на крюковое усилие увеличивается, что говорит о повышении крюкового усилия экспериментального трактора.

2.5 Выводы по главе

1. На основании выявленных в результате проведённого анализа первичных данных и выделенных критериев предложена гибкая аналитическая схема в виде рекомендованных требований и алгоритма формирования конструкции перераспределяющего устройства, содержащего последовательность операций формирования, анализа и выбора, позволяющая методологически обосновать оптимальное сочетание предложенных основных требований с группами признаков, квалифицирующих устройство для перераспределения сцепного веса и его свойства.

2. Проведённый математический анализ позволяет сделать вывод о том, что предлагаемое устройство повышает поперечную и продольную устойчивость машинно-тракторного агрегата, что позволяет расширить параметры использования МТА, как с прицепным, так и с навесным агрегатом, в условиях склоновых земель при применении в технологии мелконтурного земледелия.

3. Изменение сцепного веса трактора при работе предлагаемого устройства для перераспределения сцепного веса теоретически повышает тягово-сцепные свойства, а именно касательную силу тяги и крюковое усилие трактора за счёт перераспределения сцепного веса и корректирования вертикальной нагрузки на движители, одновременно снижая буксование агрегата и увеличивая его рабочую скорость.

4. Полученные зависимости показывают, что эксплуатационно-технологические показатели МТА формируются под влиянием конструкционных и энергетических параметров трактора и агрегируемого орудия, при этом распределение сцепного веса в составе МТА позволяет произвести корректирование показателей в зависимости от условий и требований эксплуатации.

5. Полученные эмпирические и теоретические данные позволяют сформировать технологическую детализацию и сборку конструкции устройства, аргументировать планирование и проведение эксперимента, а также осуществить выбор методологического и категориального аппарата для проведения производственной проверки полученных результатов.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Задачи экспериментальных исследований

Для подтверждения полученных во второй главе теоретических и аналитических зависимостей необходимо провести проверку в реальных условиях эксплуатации. Кроме того ряд необходимых параметров, влияющих на продольно-поперечную устойчивость, можно определить только экспериментально. В связи с чем были сформулированы задачи экспериментальных исследований:

1. Экспериментально проверить влияние устройства для перераспределения сцепного веса на продольно-поперечную устойчивость трактора;
2. Исследовать тягово-сцепные свойства МЭС (трактора) с устройством для перераспределения сцепного веса в составе МТА;
3. Определить влияние ходовой системы МЭС на физико-механические свойства почвы;
4. Провести сравнительные хозяйственные испытания экспериментального МТА;
5. Провести топливно-энергетическую оценку использования МЭС с устройством для перераспределения сцепного веса

3.2 Общая методика проведения экспериментальных исследований

Основная цель проводимых исследований является нахождение путей повышения эффективности использования имеющихся мобильных энергетических средств за счёт расширения сферы их использования. Данный вопрос особенно актуален для небольших КФХ, где количество МЭС ограничено небольшим количеством и где зачастую (и чаще всего в качестве) основным энергетическим средством являются колёсные тракторы класса 1,4...2 с высоким сроком эксплуатации.

3.3 Объекты экспериментальных исследований:

Объектами исследования были выбраны следующие тракторы:

1. МТЗ-80 серийный (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1-Серийный трактор МТЗ-80

2. МТЗ-80 с дополнительно установленным устройством для перераспределения сцепного веса(рисунок 3.2).



Рисунок 3.2-Экспериментальный трактор МТЗ-80

3.3 Сравнительные характеристики объектов исследований и условия проведения экспериментальных исследований.

В качестве объекта исследования выбран процесс использования колёсных мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Амурской области. Исследования проводились на мелкоконтурных участках, имеющих угол склона более 10 градусов. В качестве объектов исследований взяты колёсные МЭС (тракторы класса 1,4 с колесной формулой 4К2), используемые на возделывании зерновых культур и сои в естественно-производственных условиях Амурской области на почвах с низкой несущей способностью при наличии твёрдого подстилающего слоя в виде мерзлоты. При выполнении различных технологических операций МТА комплектовался сельскохозяйственными машинами, обычно используемыми в Амурской области.

Для сравнения использовался трактор с установленным устройством (межколёсным стабилизатором ходовой системы колёсного трактора) по патенту № 167460, предназначенным для повышения продольно-поперечной устойчивости колёсного трактора который представлен на рисунках 3.3, 3.4 и 3.5.

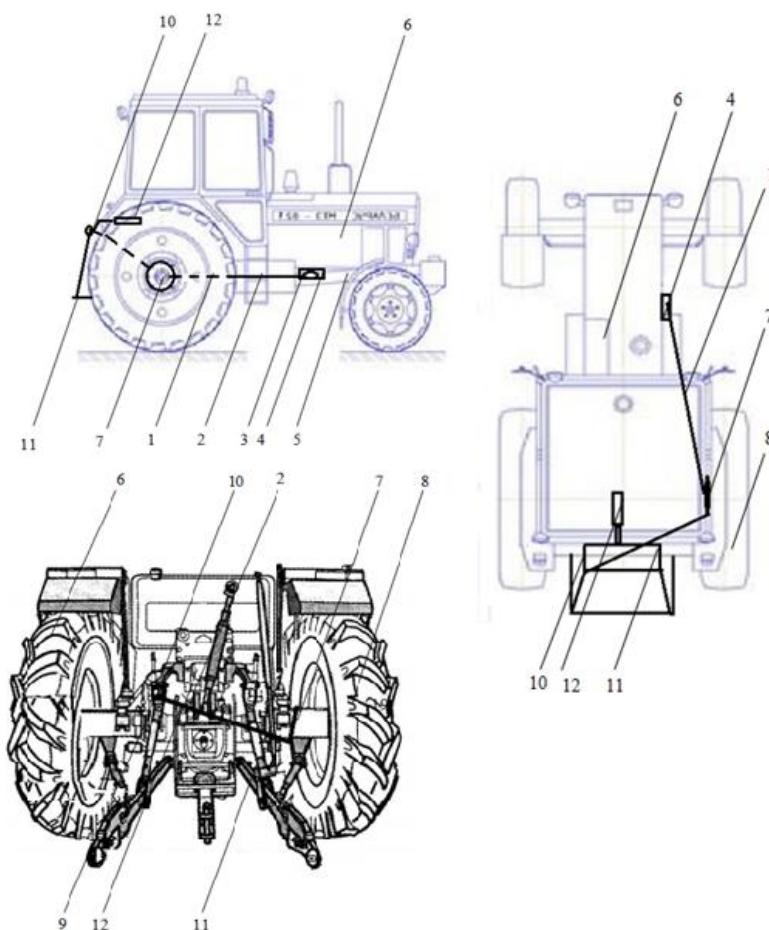


Рисунок 3.3 - Принципиальная схема колёсного трактора с установленным межколёсным стабилизатором ходовой системы (МСХС)

Межколёсный стабилизатор ходовой системы (МСХС) колёсного трактора содержит тягово-догружающее устройство 1, состоящее из гибкой тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями), закрепленной окончанием 3 в кронштейне с крюком 4, смонтированном в технологических отверстиях рамы 5 трактора 6, обвитой вокруг оси крепления 7 двигателя 8 и установленной последующим окончанием 9 в продольной верхней тяге 10 противоположного борта задней навески 11 трактора 6, регулируемой силовым гидроцилиндром 12.

Устройство работает следующим образом:

Перед проведением работ оператор трактора производит монтаж тягово-догружающего устройства 1 установкой окончания 3 гибкой тросовой силовой

связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями), в кронштейне с крюком 4, смонтированном в технологических отверстиях рамы 5 трактора 6, обвивает ось крепления 7 двигателя 8, находящегося ниже по склону, и устанавливает последующее окончание 9 в продольной верхней тяге 10 противоположного борта задней навески 11 трактора 6, регулируемой силовым гидроцилиндром 12. Впоследствии методом вертикальной регулировки задней навески 11 гидроцилиндром 12 производит натяжение гибкой тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями), что перераспределяет часть весовой нагрузки с двигателя 8, находящегося ниже по склону, между другими двигателями и осями в целях стабилизации ходовой системы трактора и повышения поперечной устойчивости.



Рисунок 3.4– Трактор класса 1,4 с МСХС (вид фронтальный)

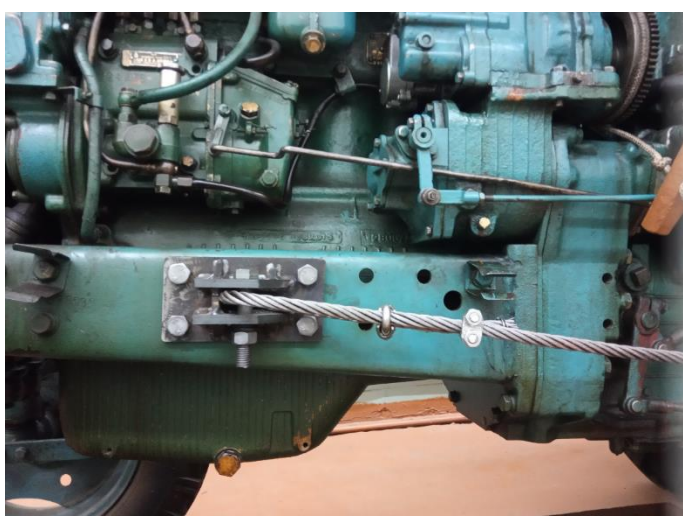


Рисунок 3.5– Трактор класса 1,4 с установленным МСХС (вид профильный)

В экспериментах также использовалась рекомендованная конструкция стабилизатора поперечной устойчивости МЭС с навесным сельскохозяйственным орудием (патент РФ № 192386), по основным взаимодействующим элементам конструктивно совмещённая с устройством по патенту 167460, отличающаяся способом крепления тросовой связи, дополнительными деталями и функциональным применением. Схема устройства представлена на рисунке 3.6.

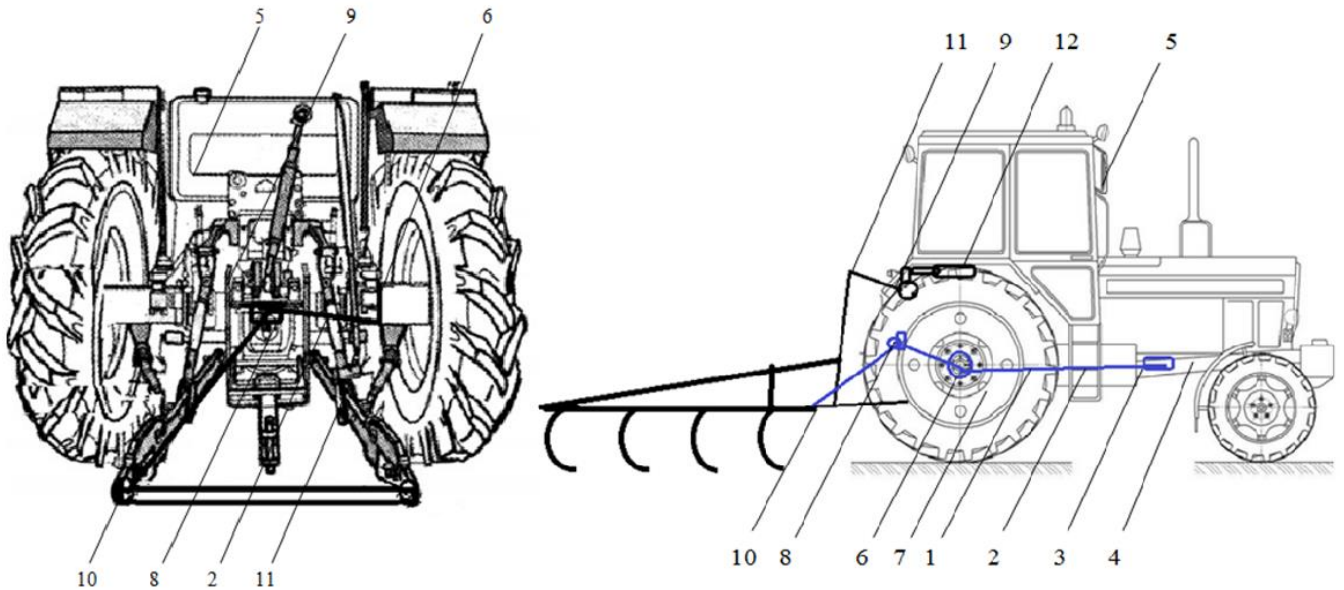


Рисунок 3.6-Стабилизатор поперечной устойчивости колесного трактора

Стабилизатор поперечной устойчивости колёсного трактора содержит тягово-догружающее устройство 1, состоящее из гибкой тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями), закрепленной окончанием в кронштейне 3, смонтированном в технологических отверстиях рамы 4 трактора 5, обвитой вокруг оси крепления 6 колёсного движителя 7, проходящей через кронштейн 8 с кольцевым ограничителем, смонтированном на тыльной части 9 трактора 5, и установленной последующим окончанием в продольной нижней тяге 10 противоположного борта задней навески 11 трактора 5, регулируемой силовым гидроцилиндром 12.

Устройство работает следующим образом:

При ведении полевых работ с навесными сельскохозяйственными орудиями на полях с высоким уклоном местности оператор трактора 5 производит сборку стабилизатора поперечной устойчивости колёсного трактора методом монтажа

тягово-догружающего устройства 1 установкой окончания тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями) в кронштейне 3, смонтированном в технологических отверстиях рамы 4 трактора 5, далее обвивает тросовую силовую связь 2 вокруг оси крепления 6 колёсного движителя 7, проводит её через кольцевой ограничитель кронштейна 8, смонтированного на тыльной части 9 трактора 5, и устанавливает последующим окончанием в продольной нижней тяге 10 противоположного борта задней навески 11 трактора 5, регулируемой силовым гидроцилиндром 12.

Впоследствии методом вертикальной регулировки задней навески 11 гидроцилиндром 12 производит опускание навесного сельскохозяйственного орудия, при этом производится натяжение гибкой тросовой силовой связи 2 (стандартного буксировочного троса с петлями), что перераспределяет часть весовой нагрузки с движителя 7 между другими движителями и осями в целях стабилизации поперечной устойчивости трактора 5, что повышает безопасность эксплуатации и защиту от переворачивания при проведении полевых работ с навесными сельскохозяйственными орудиями на полях с высоким уклоном местности, при чём дальнейшее заглубление навесного сельскохозяйственного орудия при помощи навески 11 трактора 5 увеличивает эффект перераспределения веса.

Экспериментальные исследования проведены в ООО «Союз», КФХ «Жуковин С.А.», Ивановского района Амурской области. При проведении испытаний выбирались участки как с ровным микрорельефом и углом наклона не более двух градусов, так и участки имеющие угол наклона до 18 градусов.

3.4 Средства измерений при проведении полевых испытаний

Для определения влияния межколёсного стабилизатора ходовой системы трактора на его тягово-сцепные свойства в реальных условиях эксплуатации, были проведены тяговые испытания в качестве сравнения брался серийный трактор. При проведении тяговых испытаний замерялись следующие параметры:

- частота вращения ведущих колес трактора (рисунок 3.7);
- тяговое усилие (рисунок 3.8);
- время опыта, пройденный путь (рисунок 3.9);
- вес, приходящейся на колеса трактора (рисунок 3.10);
- угол наклона МЭС (рисунок 3.11, 3.12)

Измерение вышеназванных параметров проводилось с использованием тензометрической аппаратуры.



Рисунок 3.7– Измерение частоты вращения ведущих колес трактора



Рисунок 3.8– Измерение тягового усилия



Рисунок 3.9– Измерение пройденного пути



Рисунок 3.10–Измерения веса, приходящегося на ведущие колеса трактора

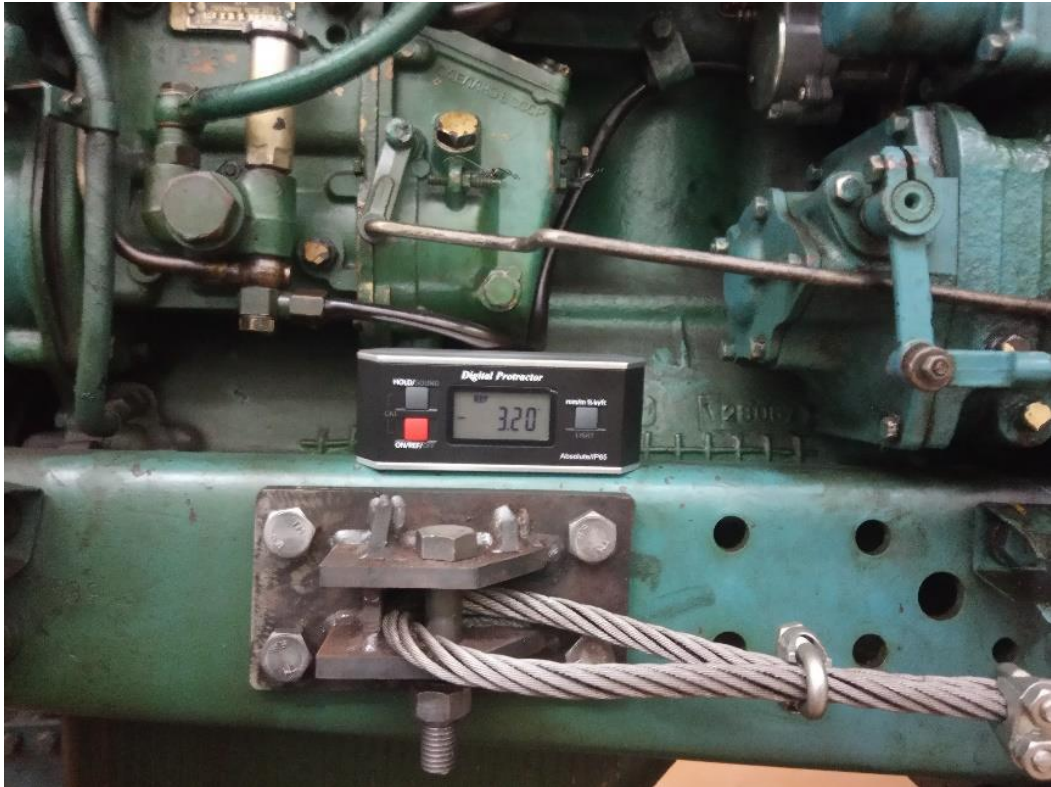


Рисунок 3.11 – измерение продольного угла наклона трактора

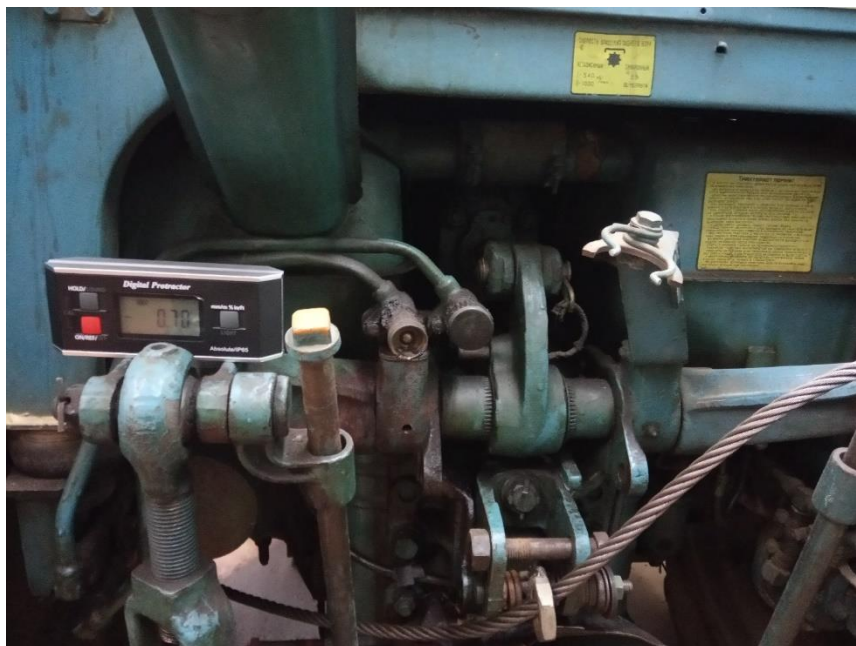


Рисунок 3.12 – Измерение поперечного угла наклона трактора

3.5 Измерение технологических параметров

3.5.1 Измерение тягового усилия МЭС

Для измерения тягового усилия развиваемого трактором на крюке использовалось тензометрическое звено. Методика определения тягового усилия подробно описана в работах [39-55]. Полученные значения тягового усилия аписывались бортовым измерительным комплексом, рисунок 3.12.



Рисунок 3.13- Бортовой измерительный комплекс

Тензометрическое звено тарировалось перед началом и в конце испытаний (рисунок 3.14, 3.15).



Рисунок 3.14– Тарировка тензометрического звена

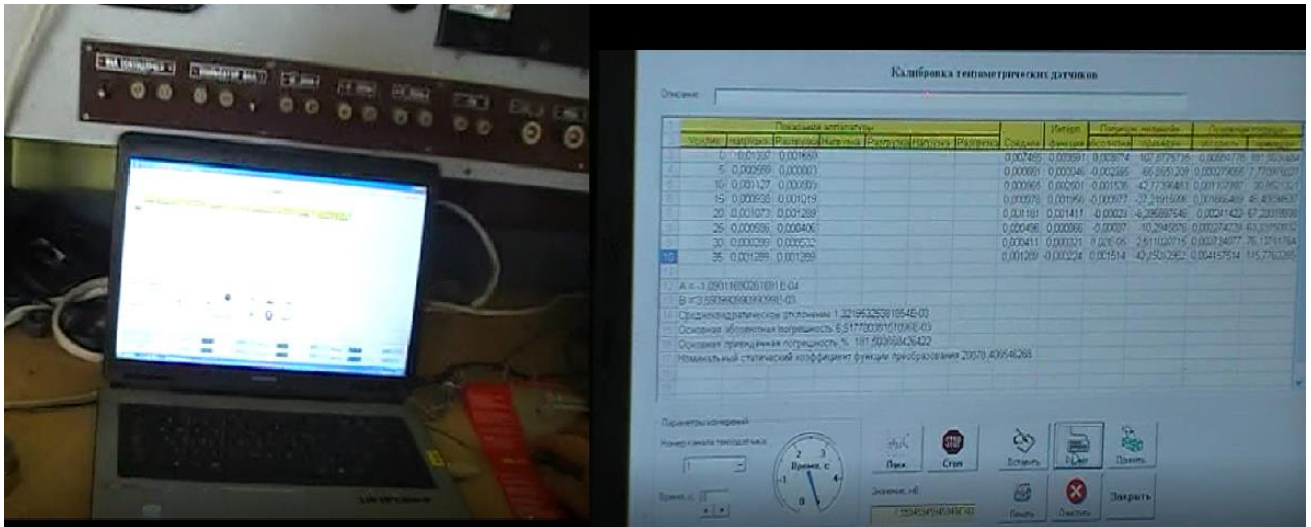


Рисунок 3.15– Фрагмент тарировки тензометрического звена

3.5.2 Измерение дополнительной вертикальной нагрузки на ведущие колеса МЭС

Для измерения дополнительной нагрузки на ведущие колеса МЭС использовались весы платформенные электронные МВСК(В) для взвешивания автомобильного транспорта МВСК-10-3-А, предел взвешивания 10 т (рисунок 3.16), основные характеристики приведены в таблице на рисунке 3.17.



Рисунок 3.16- Весы платформенные электронные МВСК(В)

2 Технические характеристики
2.1 Основные технические характеристики приведены в таблице 1.
Таблица 1 – Технические характеристики

	3	5	10	15	20	30
Наибольший предел взвешивания (НПВ), т		0,04	0,1	0,1	0,2	0,2
Наименьший предел взвешивания (НмПВ = 20 е), т						
Класс точности по ГОСТ 29329	Средний (III)					
Дискретность отсчета (d) и цена поверочного деления (e), d = e, кг	2	5	5	10	10	
Пределы допускаемой погрешности при первичной поверке весов, кг:						
От НПВ до 500 е включ.	± 2	± 5	± 5	± 10	± 10	
Св. 500 е до 2000 е включ.	± 2	± 5	± 5	± 10	± 10	
Св. 2000 е	± 4		± 10			± 20
Пределы допускаемой погрешности при периодической поверке весов, кг:						
От НПВ до 500 е включ.	± 2	± 5	± 5	± 10	± 10	
Св. 500 е до 2000 е включ.	± 4	± 10	± 10	± 20	± 20	
Св. 2000 е	± 6		± 15			± 30
Время установления показаний весов не более, с	5					
Потребляемая мощность не более, ВА	50					
Питание весов от сети переменного тока напряжением, В	220 (+ 22; - 33)					
Частотой, Гц	50(± 1)					
Габаритные размеры ГПУ весов, мм	550 x 750					
Вероятность безотказной работы за 2000 часов	0,95					
Средний срок службы, лет	не менее 12					
Диапазон рабочих температур эксплуатации весов, °С	от минус 30 до + 50					
Диапазон рабочих температур эксплуатации весового терминала, °С	от + 5 до + 40					
Относительная влажность окружающего воздуха при температуре 35 °С, %.	до 80					

2.2 Чувствительность весов составляет 1,4е.
2.3 Непостоянство показаний ненагруженных весов не более 1 е.
2.4 Независимость показаний весов от положения груза на грузоприемном устройстве при первичной и при периодической поверке составляет 1е.
2.5 Питание электрооборудования весов осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В или от аккумуляторной батареи 6 В, 4 Ач (опционально).
2.6 Средняя наработка на отказ не менее 2500 часов.
За отказ принимается поломка весов, делающая невозможной их дальнейшую эксплуатацию или отклонение метрологических характеристик от паспортных, не поддающихся устранению за 4 часа.

Рисунок 3.17- Основные характеристики весов платформенных электронных МВСК(В)

3.5.3 Измерение угла наклона

Для измерения продольно –поперечного угла наклона использовался инклинометр Absolute Digital Protractor (рисунок 3.18)



Рисунок 3.18- Инклинометр Absolute Digital Protractor

Краткая характеристика инклинометра Absolute Digital Protractor приведена в виде таблицы на рисунке 3.19.

Technical Specifications	
Accuracy	0° and 90° ≤ 0.1° , the rest ≤ 0.2°
Resolution	0.05°
Working Range	°:4 x 90°, mm/m:1000mm/m, %:100%, in/ft:12in/ft
Power	2 xAAA alkaline battery
Working temperature	32°F to 104°F (0°C to 40°C)
Working Humidity	≤85%
Protection Grade	IP65

Рисунок 3.19- Основные характеристики инклинометра Absolute Digital Protractor

3.5.4 Измерение частоты вращения ведущих колёс МЭС

Измерение частоты вращения ведущего мобильного энергетического средства проводилось по методикам подробно изложенным в работах [39-55,168]. Фрагмент измерения частоты вращения ведущих колёс представлен на рисунке 3.7.

Теоретическая скорость при этом рассчитывалась по формуле:

$$V_T = \frac{2\pi \cdot r_k \cdot n_k}{t}, \quad (3.1)$$

где t – время опыта, с; r_k – динамический радиус качения ведущего колеса МЭС, м; n_k – частота вращения ведущего колеса МЭС.

Динамический радиуса качения ведущего колеса МЭС определялся

следующим образом. МЭС передвигалось по горизонтальному участку поля в установившемся режиме холостого хода и при этом принималось два допущения:

- буксование ведущих колес МЭС отсутствует (отсутствие тяговой нагрузки);

- радиус качения ведущих колес МЭС при различных крюковых нагрузках принимался постоянным.

Динамический радиус качения ведущих колес МЭС определялся по формуле [39-55]:

$$r_k = \frac{L}{2\pi \cdot n_{xx}}, \quad (3.2)$$

где L – пройденный путь за опыт, м;

n_{xx} – количество оборотов ведущих колес трактора при холостом ходе на длине мерного гона.

3.5.5 Измерение пройденного пути и буксования МЭС

Пройденный путь определялся с помощью датчика установленного на ведомое колесо трактора рисунок 3.8. при этом за каждый оборот колеса МЭС датчик восемь раз размыкал электрическую цепь, что фиксировалось бортовым измерительным комплексом...

Пройденный за опыт путь определялся по формуле [39-55]:

$$L = 2\pi \cdot r'_k \cdot n = 2\pi r_k N/8 \quad (3.3)$$

где n – число оборотов путеизмерительного колеса МЭС;

r'_k – радиус качения путеизмерительного колеса МЭС, м.

где N_I – количество импульсов по счетчику.

Рабочая скорость агрегата определялась по выражению:

$$V_p = \frac{L}{t}. \quad (3.5)$$

Буксование ведущих колес МЭС определялась по общеизвестной формуле:

$$\sigma = \frac{V_T - V_P}{V_T}. \quad (3.6)$$

3.6 Определение основных физико-механических свойств почвы

При проведении исследований определялись три основных показателя: температура, влажность, твердость и плотность. Методика определения выше названных показателей (физико-механических свойств почвы) подробно описана в работах [39-55]. Используемый приборный комплекс представлен на рисунке 3.20.



Рисунок 3.20- Влагомер, твердомер, погружной температурный датчик

3.7 Методика проведения сравнительных хозяйственных испытаний

Главным показателем эффективности использования новой техники является её производительность. Для определения производительности и расхода топлива трактора с МСХС, были проведены сравнительные хозяйственные испытания в реальных условиях эксплуатации. Испытания проводились методом сплошного хронометража.

Производительность МТА за 1 ч. эксплуатационного и сменного времени определяют по формулам:

$$W_{\text{ЭК}} = W_0 \cdot K_{\text{ЭК}}, \quad (3.7)$$

$$W_{\text{СМ}} = W_0 \cdot K_{\text{СМ}}, \quad (3.8)$$

где $W_{\text{ЭК}}$, $W_{\text{СМ}}$, W_0 – производительность МТА за 1 ч. времени соответственно эксплуатационного, сменного, основного в гектарах;

$K_{\text{ЭК}}$, $K_{\text{СМ}}$ – коэффициенты использования эксплуатационного и сменного времени.

Производительность МТА за 1 час основного времени определяют по формуле []:

$$W_0 = \frac{F_m}{T_0}, \quad (3.9)$$

где F_m – наработка агрегата в гектарах.

Производительность МТА за 1 ч технологического времени $W_{\text{тех}}$ определяют по формуле [38]:

$$W_{\text{тех}} = W_0 \cdot K_{\text{тех}}, \quad (3.10)$$

где $K_{\text{тех}}$ – коэффициент использования технологического времени.

Производительность в час чистого рабочего времени:

$$W_{\text{ч}} = \frac{F}{T_p}, \quad (3.11)$$

где F – общая обработанная площадь, га;

T_p – время движения на гонах, ч.

Производительность в час времени движения определяется по формуле:

$$W_{\text{дв}} = \frac{F}{T_{\text{дв}}}, \quad (3.12)$$

где $T_{\text{дв}}$ – время движения, ч.

Средняя скорость движения на гонах:

$$V_{\text{ср}} = \frac{S_r \cdot n_r}{T_p}, \quad (3.13)$$

где S_r – длина рабочего гона, м; n_r – число гонов.

Расход топлива на единицу обработанной площади:

$$\delta_y = \frac{G}{F}, \quad (3.14)$$

где G – количество топлива, израсходованного на обработку площади, га

Коэффициент использования времени движения:

$$K_{\text{дв}} = \frac{T_p}{T_p + T_{\text{п}}} = \frac{T_p}{T_{\text{д}}}, \quad (3.15)$$

где $T_{\text{д}}$ – общее время смены, ч.

3.8 Методика математической обработки экспериментальных данных

3.8.1 Оценка точности измерений

При проведении экспериментальных исследований в реальных условиях эксплуатации неизбежно встречаются ряд ошибок, которые в общем случае складываются из трёх основных: случайные, систематические и грубые.

При обработке полученных данных и обосновании аналитических выводов необходимо брать во внимание лишь те результаты опытов, в которых не содержатся грубые и систематические односторонние ошибки.

При планировании экспериментальных исследований и дальнейшей обработке полученных результатов исследований учитывали относительную суммарную погрешность. Например, при определении тягового усилия суммарная погрешность будет состоять из следующих составляющих [26,27,32,68,104]:

$$\Pi = \Pi_T + \Pi_H + \Pi_6 + \Pi_{\text{об}}, \quad (3.11)$$

где P_T - относительная погрешность допущенная при тарировки тензометрического звена; P_H - относительная погрешность из-за нестабильности тягового усилия на крюке; P_G - относительная погрешность регистрирующего прибора бортового измерительного комплекса; $P_{об}$ - относительная погрешность при обработки данных. Аналогичным образом находили погрешность при определении других параметров, представленных в таблице 3.1.

Таблица 3.1 -Суммарные относительные ошибки прямых и косвенных измерений

Замеряемые величины	Относительная ошибка, %
Тяговое усилие	3,7-4,3
Буксование	4,3- 4,5
Теоретическая скорость движения	4,2-4,4
Рабочая скорость движения	4,3-4,5
Время опыта	3,3-3,7
Нагрузка на движитель	3,8-4,2
Угол наклона	4,1-4.4

3.8.2 Статистическая обработка экспериментальных данных

При статистической обработке результатов измерений с целью нахождения закона распределения экспериментальных данных необходимо построить соответствующую модель теоретического закона распределения, путем сопоставления эмпирической модели известным законам распределения. Эта задача решается с помощью критерия согласия Пирсона χ^2 .

Применение критерия χ^2 осуществляется по следующему алгоритму.

1. По экспериментальным данным выборке проводится оценка параметров нормального закона распределения:

– среднего арифметического значения серии измерений

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.12)$$

где x_i – значение измеряемой величины;

n – число выборки.

– дисперсии

$$S^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2. \quad (3.13)$$

2. Вычисляются теоретические частоты n'_i

$$n'_i = \frac{nh}{S} \varphi(u_i), \quad (3.14)$$

где h - шаг (разность между соседними вариантами);

S – выборочное среднее квадратичное отклонение;

$u_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S}$; $\varphi(u_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}$ находится по таблице.

Полученная частота n'_i округляется до целых значений.

3. Определяется мера расхождения эмпирического и теоретического распределения χ_0^2

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^l \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}. \quad (3.15)$$

4. Число степеней свободы k вычисляется по формуле

$$k = s - r = s - 3,$$

где s – число интервалов вариационного ряда, $r=3$ – сумма числа параметров теоретического закона распределения, учитывая параметры нормального распределения определенные в пункте 1.

5. Выбирается уровень надежности α .

6. По найденному числу степеней свободы k и уровню надежности α , пользуясь таблицей «Критические точки распределения» определяется критическое значение $\chi_{кр}^2$.

7. Если $\chi_0^2 < \chi_{кр}^2$ – то гипотеза о нормальном распределении исследуемого признака подтверждается. Если $\chi_0^2 > \chi_{кр}^2$ – то гипотеза о нормальном распределении исследуемого признака отвергается.

В случае ограниченного объема выборки определяется степень точности и надежности оценок математического ожидания m и среднеквадратичного отклонения σ .

По выборочной средней \bar{x} и выборочному среднеквадратичному отклонению S находятся доверительные интервалы по формулам:

– для математического ожидания m

$$\bar{x} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha} < m < \bar{x} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha}, \quad (3.16)$$

где t_{α} – коэффициент Стьюдента; α – надежность,

– для среднего квадратического отклонения

$$S(1 - q) < \sigma < S(1 + q), \quad (3.17)$$

где q – табличное значение величины, соответствующей n и α .

8. свободы k и уровню надежности α , пользуясь таблицей «Критические точки распределения» определяется критическое значение $\chi_{кр}^2$.

9. Если $\chi_0^2 < \chi_{кр}^2$ – то гипотеза о нормальном распределении исследуемого признака подтверждается. Если $\chi_0^2 > \chi_{кр}^2$ – то гипотеза о нормальном распределении исследуемого признака отвергается.

В случае ограниченного объема выборки определяется степень точности и надежности оценок математического ожидания m и среднеквадратичного отклонения σ .

По выборочной средней \bar{x} и выборочному среднеквадратичному отклонению S находятся доверительные интервалы по формулам:

– для математического ожидания m

$$\bar{x} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha} < m < \bar{x} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha}, \quad (3.18)$$

где t_{α} – коэффициент Стьюдента; α – надежность,

– для среднего квадратического отклонения

$$S(1 - q) < \sigma < S(1 + q), \quad (3.19)$$

где q – табличное значение величины, соответствующей n и α .

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты экспериментальных исследований по определению влияния МСХС на продольно-поперечную устойчивость МЭС

Известно, что одним из важных эксплуатационных показателей проходимости МЭС является продольно-поперечная устойчивость, позволяющая производить работы на полях с высокими углами склона без опрокидывания. Основным критерием, оказывающим влияние на продольно-поперечную устойчивость, является величина нормальной реакции почвы на движители МЭС, расположенные на стороне, противоположной опрокидыванию.

Продольное опрокидывание происходит в двух случаях:

- при подъёме опрокидывание происходит, когда передние колёса МЭС полностью разгружаются и опрокидывание полностью определяется координатами центра тяжести;

- при спуске опрокидывание происходит при полностью разгруженных задних колёсах МЭС и опрокидывание полностью определяется координатами центра тяжести и расстоянием между осями передних и задних колёс.

Поперечное опрокидывание наступает, когда одна из сторон полностью разгружается, то есть отсутствует нормальная реакция почвы и полностью определяется шириной колеи и вертикальной координатой центра тяжести.

Проведенные исследования [93-100] показали, что продольно-поперечную устойчивость можно улучшить за счёт перераспределения веса внутри самого машинно-тракторного агрегата, используя специальные устройства. При этом необходимо учитывать, что при распределении веса внутри самого МТА происходит и изменение тягово-сцепных свойств МЭС. Поэтому при проведении исследований ставилась задача по повышению продольно-поперечной устойчивости с одновременным улучшением тягово-сцепных качеств за счёт увеличения нормальной нагрузки на ведущие колёса МЭС. Теоретические исследования, проведённые во второй главе, показали, что продольно-поперечную устойчивость мобильного энергетического средства можно повысить

за счёт использования межколёсного стабилизатора ходовой системы (МСХС), позволяющего корректировать вес самого МТА.

4.1.1 Результаты экспериментальных исследования по определению влияния МСХС на поперечную устойчивость МЭС

Для определения влияния МСХС на поперечную устойчивость были проведены экспериментальные исследования трактора класса 1,4 с колёсной формулой 4к2, представленные на рисунке 4.1, 4.3. Результаты исследований в виде графиков показаны на рисунках 4.2 и 4.4... 4.6.



Рисунок 4.1-Фрагмент экспериментальных исследований по перераспределению сцепного веса

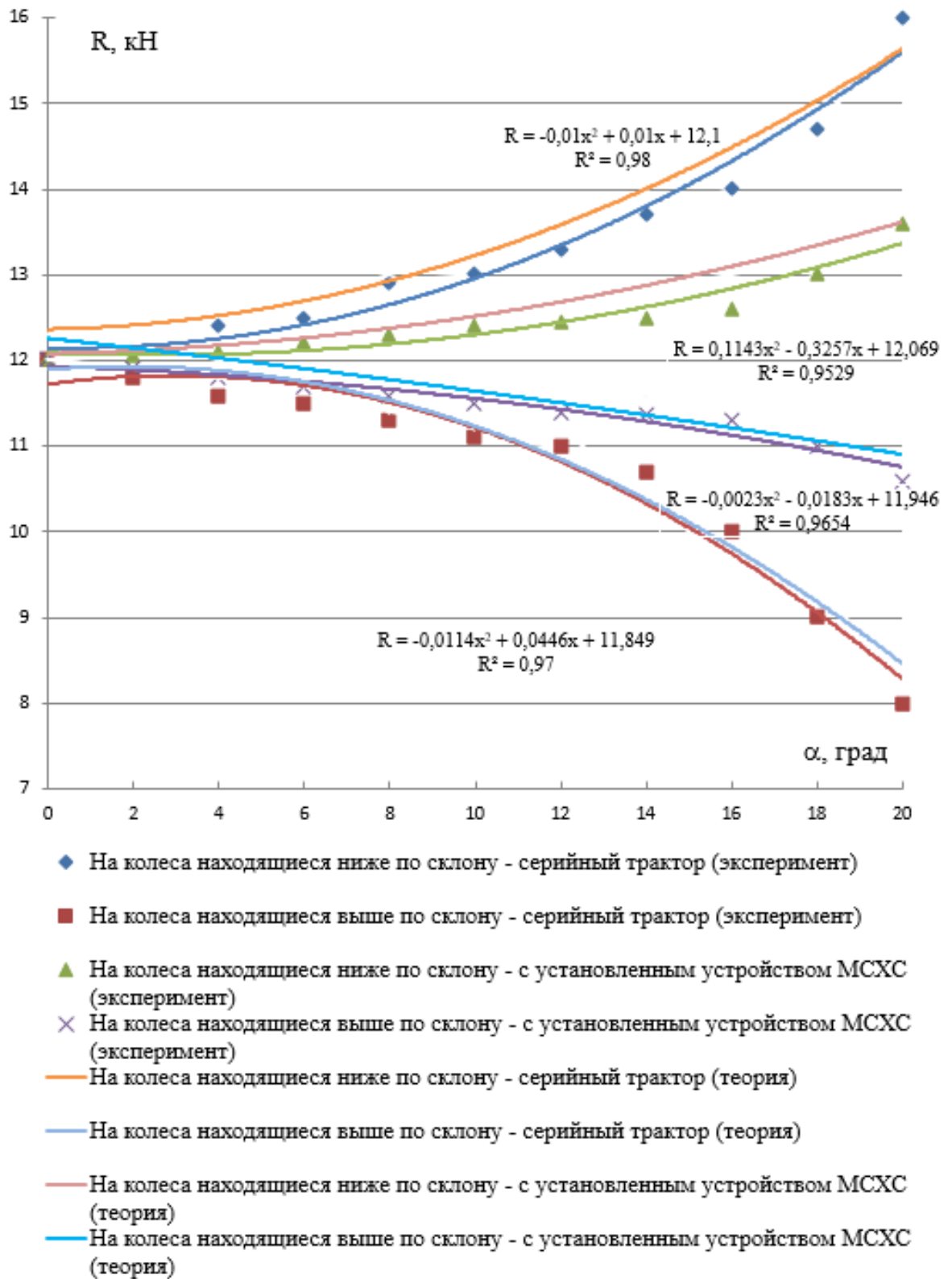


Рисунок 4.2- Влияние угла наклона на перераспределение веса МТА (поперечную устойчивость)

Анализируя полученные данные необходимо отметить, что с увеличением угла наклона происходит перераспределение вертикальной нагрузки, приходящейся на колёса движителя трактора. При горизонтальном расположении колёс вес, приходящейся на движители, распределен равномерно между обоими бортами трактора и составляет 12 кН. При увеличении угла наклона происходит постепенное перераспределения веса между колёсами, расположенными на разных бортах трактора. Так при увеличении угла наклона поверхности с 0 градусов до 20 градусов вертикальная нагрузка на колёса серийного трактора, находящиеся ниже по склону, увеличилась с 12 кН до 16 кН, а у колёс, находящихся выше по склону снизилась с 12 кН до 8 кН. Для МЭС с установленным МСХС соответственно перераспределение вертикальной нагрузки составило: при увеличении угла наклона поверхности с 0 градусов до 20 градусов вертикальная нагрузка на колёса экспериментального трактора, находящиеся ниже по склону, увеличилась с 12 кН до 13 кН, а у колёс находящихся выше по склону снизилась с 12 кН до 11 кН. Таким образом, применение МСХС не позволило снизить нагрузку на движитель, находящийся выше по склону, в пределах 4 кН за счёт перераспределения веса.



Рисунок 4.3-Фрагмент экспериментальных исследований по перераспределению сцепного веса

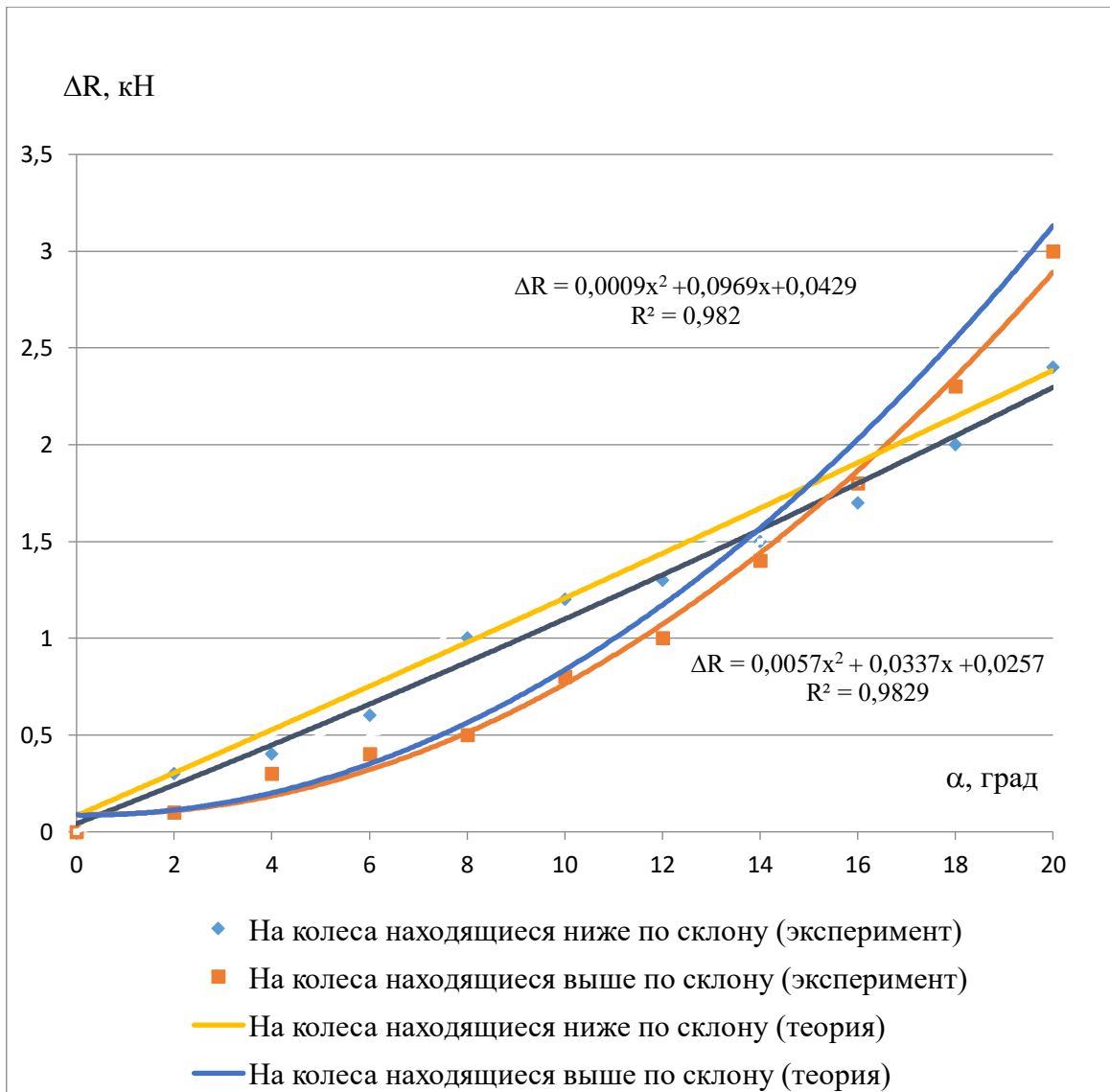


Рисунок 4.4 – Влияние угла наклона на изменение реакции поверхности МТА за счет использования устройства МСХС (поперечную устойчивость)

В рамках данного исследования построены зависимости приращения сил реакции поверхности МТА от угла наклона полей при включенном устройстве МСХС. Анализ данных показал, что в диапазоне от 0 – 15 град достаточно изменять силу реакции поверхности за счет устройства не более чем на 7%, тогда как при увеличении угла наклона от 15 град целесообразно снижать силу реакции на колеса находящиеся ниже по склону до 15% и увеличивать силу реакции на колеса находящиеся выше по склону до 29% за счет использования устройства МСХС.

Известно, что на величину поперечной устойчивости большое влияние оказывает ширина колеи МЭС. С целью проверки влияния ширины колеи на поперечную устойчивость были проведены экспериментальные исследования, представленные на рисунке 4.5.

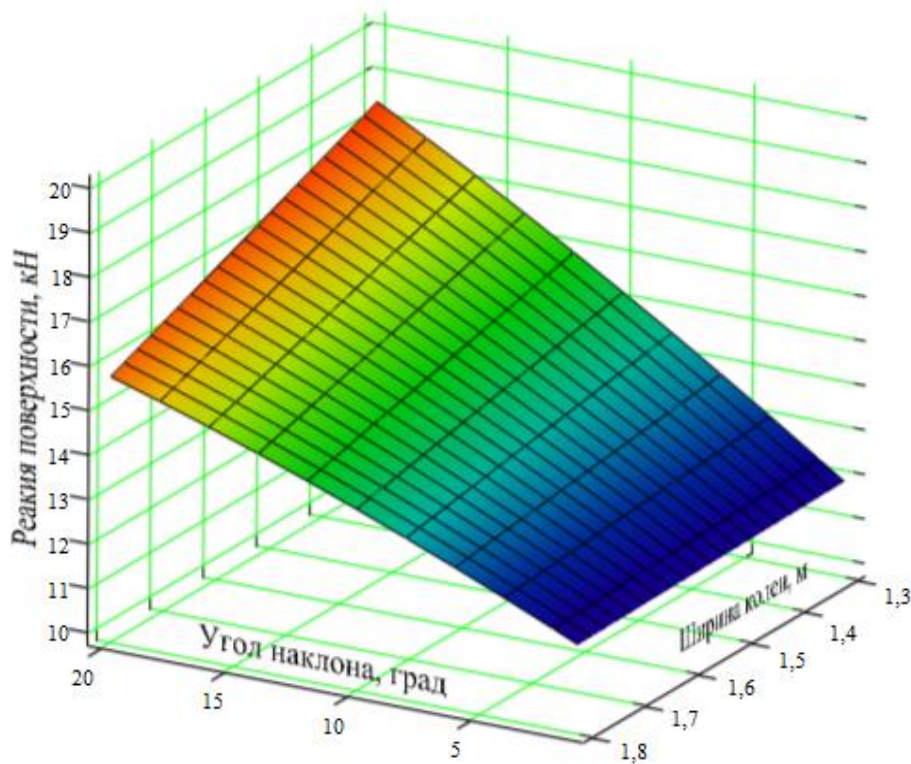


Рисунок 4.5- Влияние угла наклона и ширины колеи на перераспределение веса МТА (поперечную устойчивость)

Реакция поверхности, приходящаяся на колёса, находящиеся ниже по склону – серийный трактор (теоретические исследования)

Теоретические расчеты, выполненные во второй главе диссертации, показали, что в условиях одновременного увеличения ширины колеи и угла наклона вертикальная нагрузка на колёса, находящиеся ниже по склону для серийного трактора снижается неравномерно. При угле наклона поля до 5 градусов с увеличением ширины колеи на 0,1м вертикальная нагрузка на колёса уменьшается на 1,46% и достигает минимального значения 11,24 кН при ширине

колеи 1,8 м, и увеличивается до 11,76 кН при ширине колеи 1,3 м. При выполнении серийным трактором полевых работ на склонах, превышающих 15 градусов происходит значительное увеличение вертикальной нагрузки на колёса, находящиеся ниже по склону. Уменьшение ширины колеи на 0,1 м. приводит к возрастанию вертикальной нагрузки на колёса до 3,46 % и может достигать 18,34 кН при ширине колеи 1,3 м.

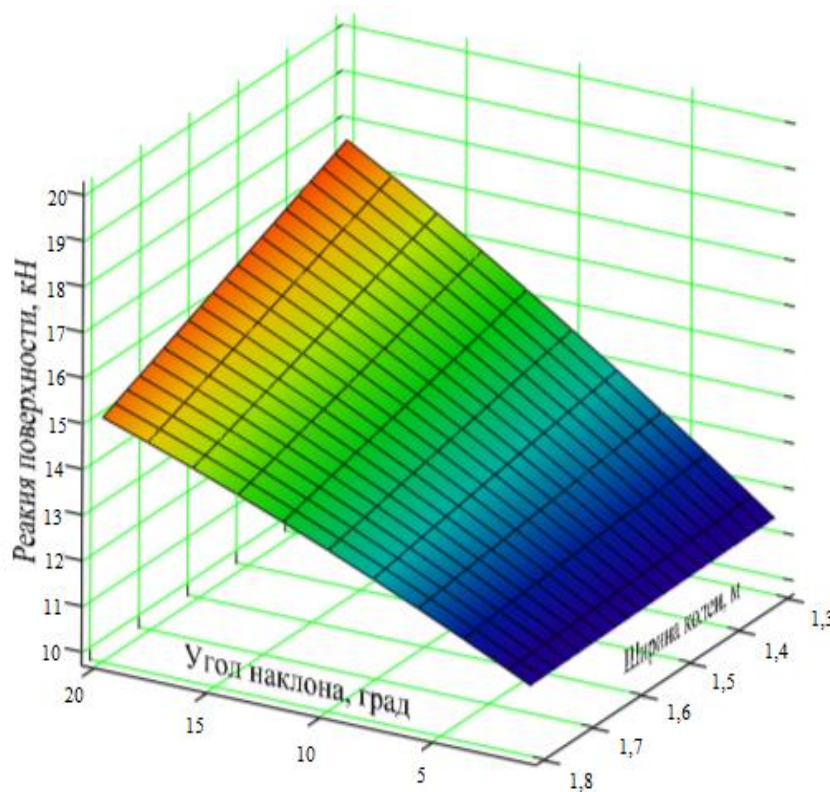


Рисунок 4.6- Влияние угла наклона и ширины колеи на перераспределение веса МТА (поперечную устойчивость).

Реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся ниже по склону – серийный трактор (экспериментальные данные)

Целью проводимых экспериментов было выявление сходимости полученных во второй главе научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы с результатами производственных исследований движения трактора в полевых условиях с учетом определения влияния МСХС на поперечную устойчивость трактора. Экспериментальные исследования показали,

что поперечная устойчивость трактора проявляется при взаимодействии движителя с почвой. Проведенные в полевых условиях серии опытов установили, что в условиях склонного земледелия до 5 градусов с увеличением ширины колеи на 0,1м. вертикальная нагрузка на колёса уменьшается на 1,37 % и достигает минимального значения 10,52 кН при ширине колеи 1,8 м, и увеличивается до 11,05 кН при ширине колеи 1,3м. При выполнении серийным трактором полевых работ на склонах, превышающих 15 градусов происходит значительное увеличение вертикальной нагрузки на колёса, находящиеся ниже по склону. Уменьшение ширины колеи на 0,1м приводит к возрастанию вертикальная нагрузка на колёса до 3,26% и может достигать 17,23 кН при ширине колеи 1,3м (рисунок 4.7)

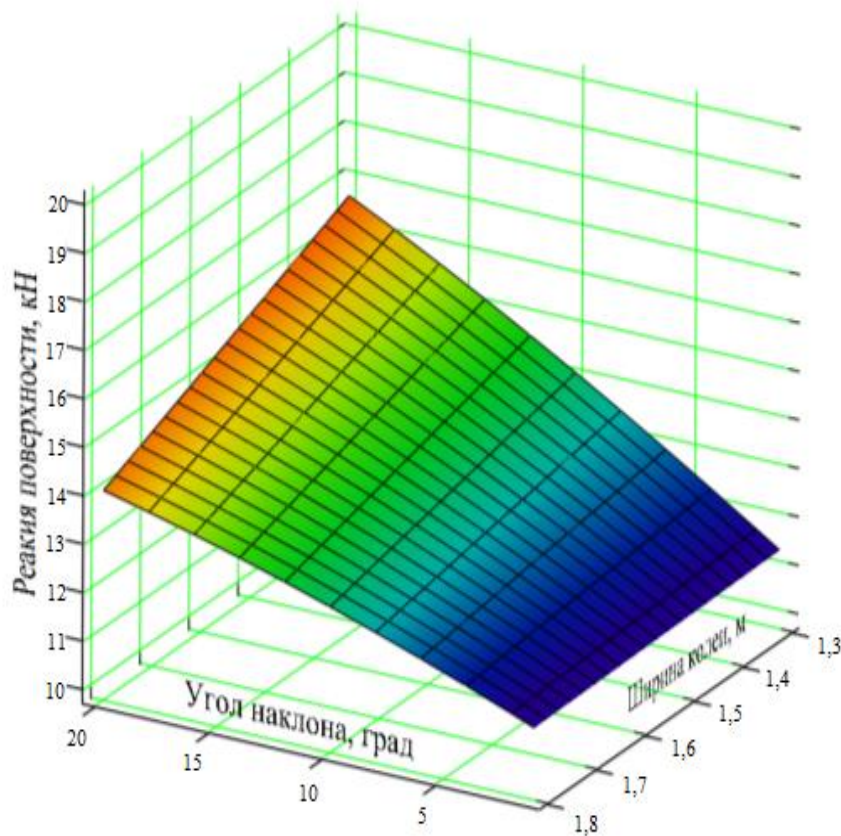


Рисунок 4.7- Влияние угла наклона и ширины колеи на перераспределение веса МТА (поперечную устойчивость)

Реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся ниже по склону, трактор с установленным МСХС (экспериментальные данные)

Для достижения поставленной цели проводилась серия экспериментов трактора в полевых условиях при включенном перераспределяющем устройстве МСХС. Результаты экспериментальных исследований показали (рисунок 4.8...4.10), что использование межколёсного стабилизатора ходовой системы позволяет регулировать вертикальную нагрузку на колёса трактора в достаточно большом диапазоне силового воздействия.

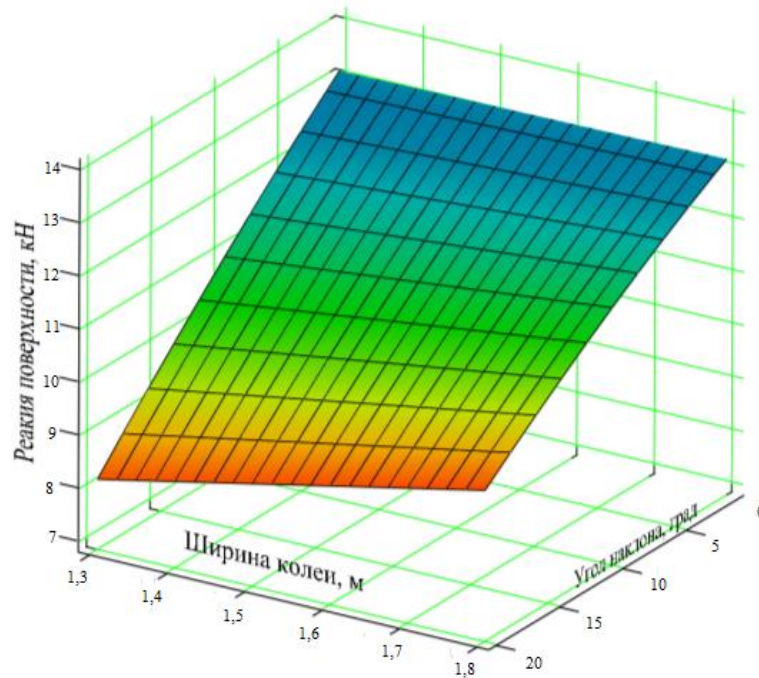


Рисунок 4.8- Влияние угла наклона и ширины колеи на перераспределение веса МТА (поперечную устойчивость).

Реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся выше по склону – серийный трактор (теоретические исследования)

Согласно расчетам, выполненным во второй главе диссертации, при одновременном увеличении угла наклона и ширины колеи вертикальная нагрузка на колёса, находящиеся выше по склону для серийного трактора снижается не равномерно. При угле наклона поля до 7 градусов с увеличением ширины колеи на 0,1м вертикальная нагрузка на колёса возрастает на 1,23% и достигает максимального значения 11,65 кН при ширине колеи 1,8м, и уменьшается до 11,16 кН при ширине колеи 1,3м. При выполнении серийным трактором полевых работ

на склонах, превышающих 15 градусов происходит значительное снижение вертикальной нагрузки на колёса, находящиеся выше по склону. Уменьшение ширины колеи на 0,1м приводит к уменьшению вертикальной нагрузки на колёса до 5,26% и может достигать 8,24 кН при ширине колеи до 1,3м.

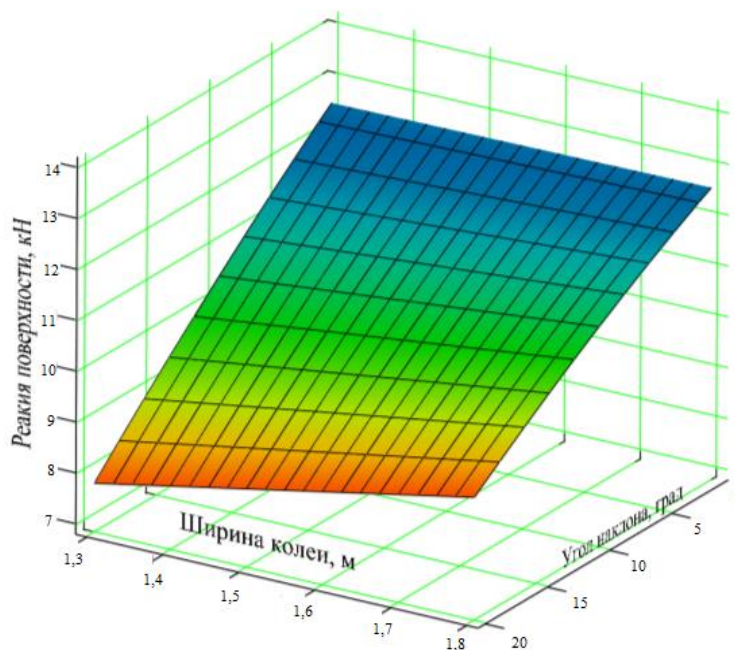


Рисунок 4.9 – Влияние угла наклона и ширины колеи на перераспределение веса МТА (поперечную устойчивость).

Реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся выше по склону - серийный трактор (экспериментальные данные)

Экспериментальные данные показывают, что при одновременном увеличении угла наклона поля и ширины колеи вертикальная нагрузка на колёса, находящиеся выше по склону для серийного трактора, снижается не равномерно. При угле наклона поля до 7 градусов с увеличением ширины колеи на 0,1м вертикальная нагрузка на колёса возрастает на 1,18% и достигает максимального значения 11,36 кН при ширине колеи 1,8м, и уменьшается до 11,12 кН при ширине колеи 1,3м. При выполнении серийным трактором полевых работ на склонах, превышающих 15 градусов происходит значительное снижение вертикальной нагрузки на колёса, находящиеся выше по склону. Уменьшение

ширины колеи на 0,1м приводит к уменьшению вертикальной нагрузки на колёса на 4,53% и может достигать 7,69 кН при ширине колеи 1,3 м.

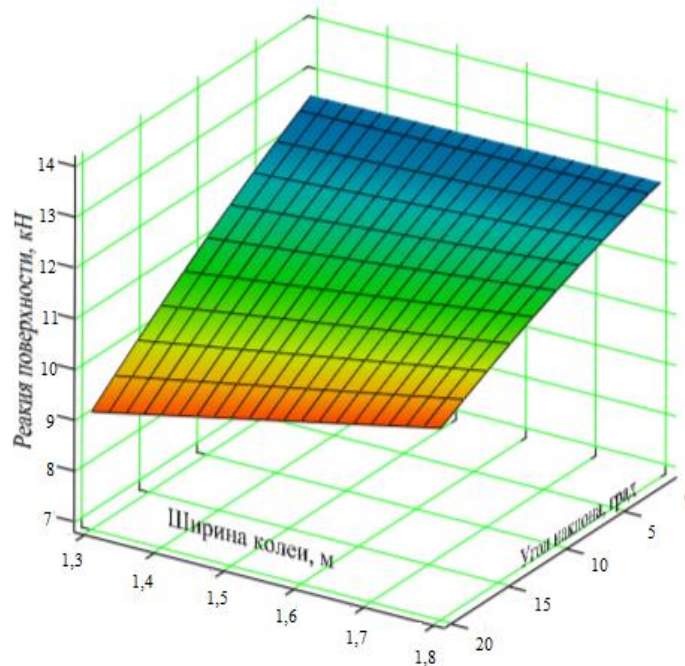


Рисунок 4.10- Влияние угла наклона и ширины колеи на перераспределение веса МТА (поперечную устойчивость).

Реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся выше по склону – трактор с установленным МСХС (экспериментальные данные)

Результаты, полученные при использовании трактора с перераспределяющим устройством показывают, что его использование позволяет регулировать вертикальную нагрузку на колёса трактора в диапазоне 15-18 процентов. Проведенными исследованиями установлено, что увеличение ширины колеи и условий догружения повышает поперечную устойчивость МТА

4.1.2 Результаты экспериментальных исследования по определению влияния МСХС на продольную устойчивость МЭС

Проведенными исследованиями установлено, что увеличение ширины колеи повышает поперечную устойчивость МТА. Вместе с тем, предложенное устройство позволяет изменять и продольную координату центра масс трактора,

что также отражается на стабилизации положения МЭС и улучшении технологических характеристик МТА. Экспериментально подтверждено влияние устройства и угла продольного уклона МТА на реакцию поверхности и перераспределение вертикальной нагрузки в ходовой системе МЭС (рисунок 4.11-4.14) при движении в сторону подъёма.

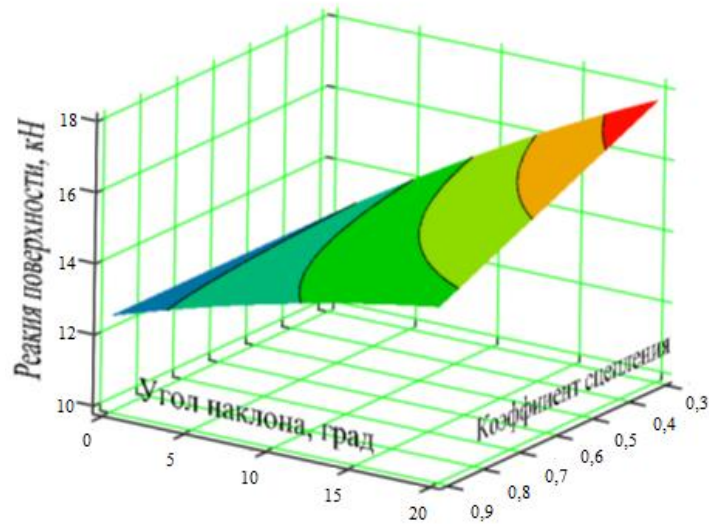


Рисунок 4.11- Влияние угла наклона и коэффициента сцепления в продольном направлении на перераспределение веса экспериментального МТА (теоретические исследования)

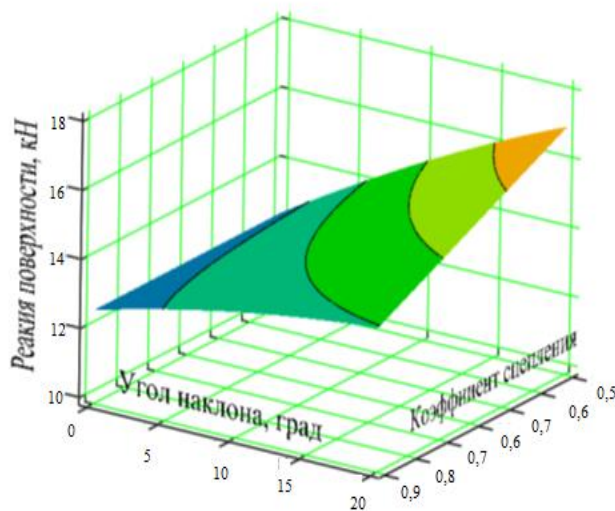


Рисунок 4.12- Влияние угла наклона и коэффициента сцепления в продольном направлении на перераспределение веса экспериментального МТА (колёса, находящиеся ниже по склону (экспериментальные данные))

Взаимодействие двигателя с почвой оценивалось по влиянию коэффициента сцепления в продольном направлении на перераспределение веса МТА при выполнении полевых работ на склонах рельефа местности, в тяжелых дорожных условиях и наличия бездорожья, а также на полях, имеющих значительный поперечный уклон. Из результатов экспериментальных исследований следует, что состояние и тип опорной поверхности оказывает значительное влияние на вертикальные силовые реакции поверхности и приводят к перераспределению веса МТА. С увеличением угла наклона до 20 град реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся ниже по склону увеличивается на 1,24 кН и при включенном установленном на тракторе устройстве МСХС уменьшается до 0,98 кН. При выполнении полевых работ на свежевспаханных полях изменение реакции поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся ниже по склону составляет 4,9 кН и при использовании перераспределяющего устройства позволяет уменьшить силу до 3,4 кН

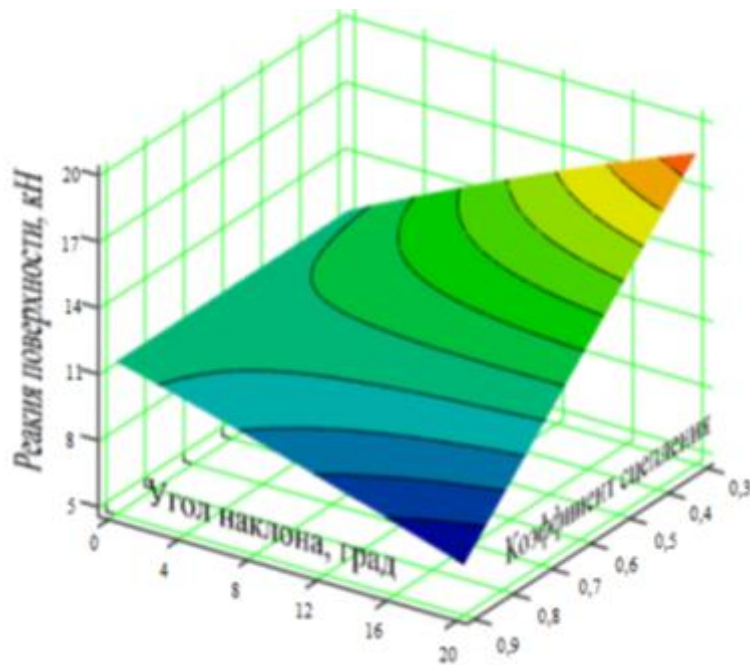


Рисунок 4.13 – Влияние угла наклона в продольном направлении и коэффициента сцепления на перераспределение веса МТА и продольную устойчивость). Реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся выше по склону – серийный трактор (экспериментальные данные)

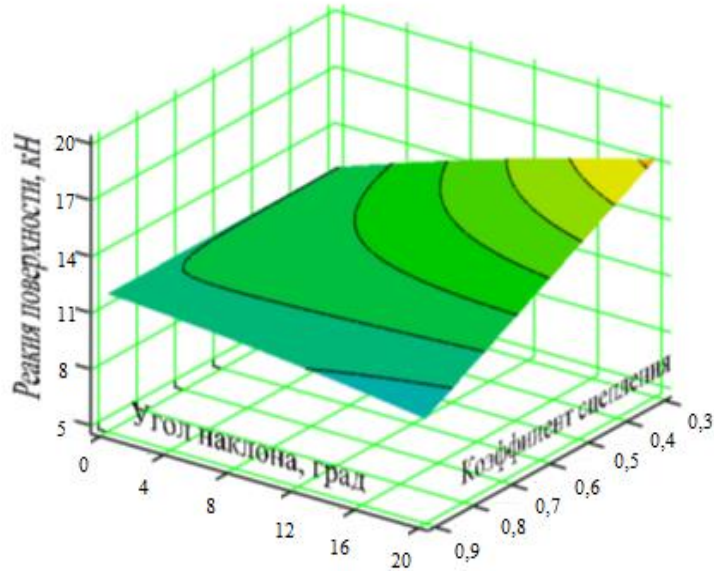


Рисунок 4.14 – Влияние угла наклона и коэффициента сцепления в продольном направлении на перераспределение веса МТА. Реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся выше по склону – экспериментальный трактор (данные испытаний)

Полученные данные (модель на рисунке 4.3 и 4.14) показывают, что с увеличением угла наклона до 20 град реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся выше по склону снижается на 3,14 кН для серийного МЭС и при включенном устройстве МСХС уменьшается на 2,82 кН. При выполнении полевых работ на свежевспаханных полях изменение реакция поверхности, приходящейся на колёса, находящиеся выше по склону составляет 3,2 кН, но включенное устройство МСХС позволяет уменьшить усилие на 2,9 кН. Обобщённые данные в виде графика показаны на рисунке 4.15.

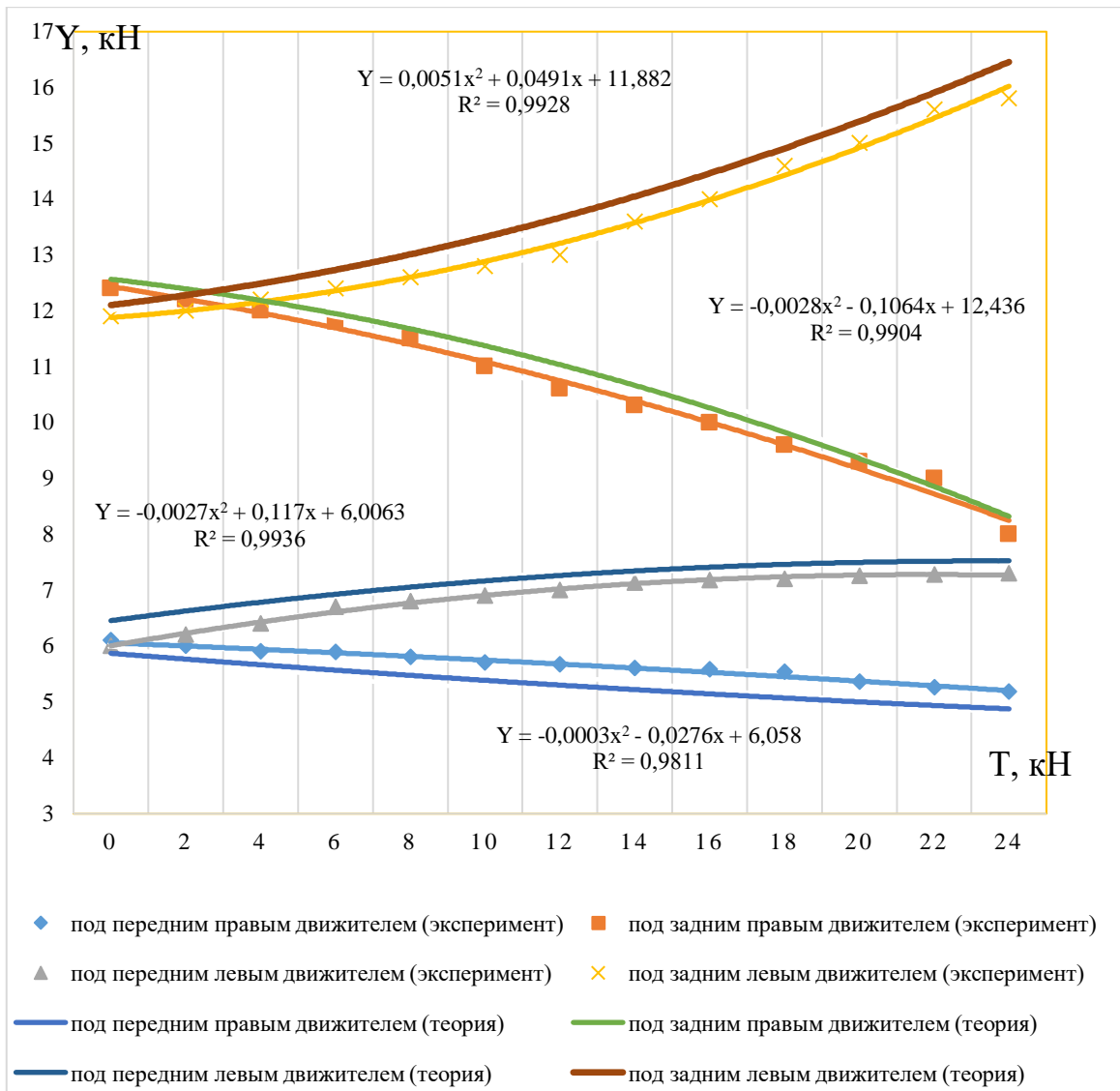


Рисунок 4.15- Влияние силового усилия навески на перераспределение веса на движители при движении МТА на подъём

Таким образом использование перераспределяющего устройства позволяет за счет усилия, возникающего в тросовой связи T при работе навески трактора, снизить вертикальную силовую реакцию поверхности под передним правым движителем с 6,12 кН до 5,23 кН и под задним правым движителем с 12,24 кН до 8,14 кН. При этом увеличить вертикальную силовую реакцию поверхности под передним левым движителем с 6,11 кН до 7,24 кН и под задним левым движителем с 12,13 кН до 15,68 кН. Изменения вертикальных силовых реакций поверхностей под колесами трактора при включенном устройстве происходят за счет смещения центра тяжести трактора, которое возникает при повышении

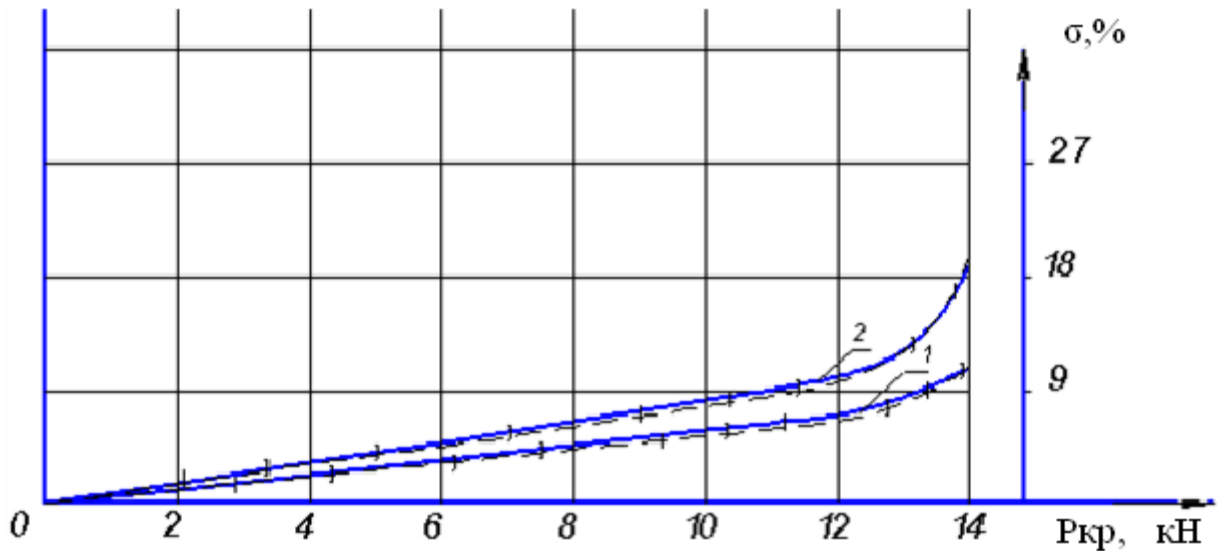
усилия тросовой связи предлагаемого устройства. Результаты экспериментальных исследований показали, что использование межколёсного стабилизатора ходовой системы позволяет регулировать вертикальную нагрузку на колёса трактора в достаточно высоком диапазоне, корректируя параметры его устойчивости в зависимости от условий эксплуатации. Полученные результаты позволили сформировать массив данных для формирования прикладных программа расчёта для ЭВМ [141,142].

4.2 Результаты тяговых испытаний МЭС с устройством перераспределения нагрузки

Тяговая характеристика трактора формируется для визуализации зависимости основных технологических параметров от силы тяги на крюке. Для объективной оценки тяговых возможностей МЭС применяют потенциальную тяговую характеристику, которая показывает, каких тяговых показателей можно достичь, обеспечив соответствующие условия работы трактора. Для определения влияния МСХС на тяговые показатели МЭС были проведены экспериментальные исследования, результаты которые представлены на рисунке 4.16.

Тяговые испытания проводились в реальных условиях эксплуатации, на агрофонах, почвенный фон которых по своим характеристикам соответствовал требованиям к проведению весенних полевых работ. Почва по своим физико-механическим свойствам представляла собой тяжелый суглинок, при этом влажность почвы в среднем составляла 26-28 %.

В качестве загрузочного устройства использовался серийный трактор МТЗ-80, у которого в процессе снятия характеристик изменялись передаточные числа трансмиссии и обороты двигателя. После обработки полученных экспериментальных данных была построена тяговая характеристика экспериментального неполноприводного трактора класса 1,4 с установленным перераспределяющим устройством в сравнении с серийным МЭС МТЗ-80.



1 – Экспериментальное мобильное энергетическое средство;

2 – Серийное мобильное энергетическое средство.

-- –экспериментальные исследования;

- – теоретические исследования.

Рисунок 4.16 – Зависимость тягового усилия от величины буксования МЭС

Экспериментальные исследования показали, что применение в ходовой системе МЭС перераспределяющего устройства позволило снизить величину буксования при одинаковом тяговом усилии с серийным МЭС. Так, при тяговом усилии 13,6 кН буксование серийного трактора составило 15,52 %, в то время как у трактора с МСХС – 9,1 %. График показывает, что по мере роста тягового усилия происходит и увеличение буксования как трактора серийного, так и экспериментального. Буксование серийного трактора при увеличении тягового усилия до 14,0 кН составило более 22 %, тогда как у экспериментального трактора – 11,2 %. Таким образом, установка предлагаемого устройства позволила уменьшить величину буксования МЭС.

Сравнение же развиваемого трактором тягового усилия при фиксации буксования показывает, что, к примеру тяговому усилию в 12,1 кН соответствует буксование : серийного трактора – 11,2 %, а экспериментального -7,4 %. Таким образом, величина буксования серийного агрегата, замеренная в процессе

испытаний, на 25-28% выше буксования экспериментального трактора, в тяговое усилие ниже на 12,6 %.

Результаты тяговых испытаний МЭС с плугом ПЛН-3-35 приведены в сводной таблице 4.1

Таблица 4.1-Результаты тяговых испытаний, третья передача ($V=2,2$ м/с= $7,85$ км/ч), глубина вспашки 22 см

Показатели	Тяговое усилие, кН					
	10,2		12,1		14,2	
	Серий- ный	Экспе- римен- тальный	Серий- ный	Экспе- римен- тальный	Серий- ный	Экспе- римен- тальный
Буксование, %	8,6	6,1	11,2	7,4	22,4	11,2
Скорость движения, м/с	1,68	1,75	1,82	1,91	1,90	2,01
Тяговая мощность, кВт	20,8	22,3	26,24	28,62	27,19	31,2

Полученные результаты позволили рассчитать тяговый баланс серийного и экспериментального МЭС, который приведён на рисунках

Распределение составляющих мощностного баланса серийного МЭС и экспериментального МЭС при тяговом усилии 14,2 кН приведено на рисунках 4.17 и 4.18.

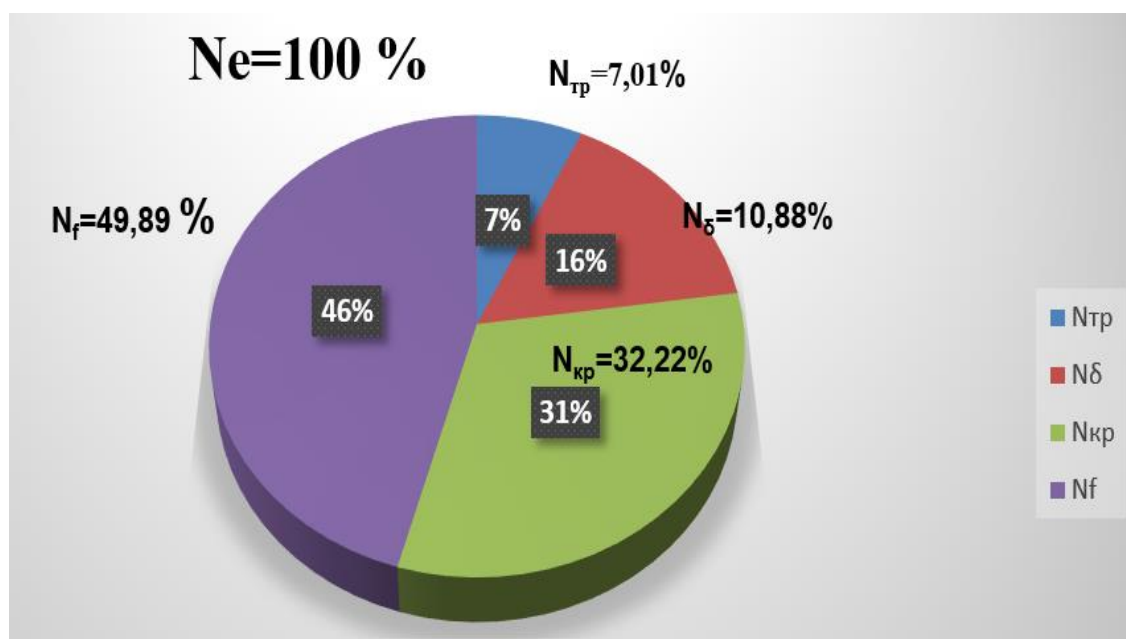


Рисунок 4.17– Распределение мощностного баланса серийного МЭС

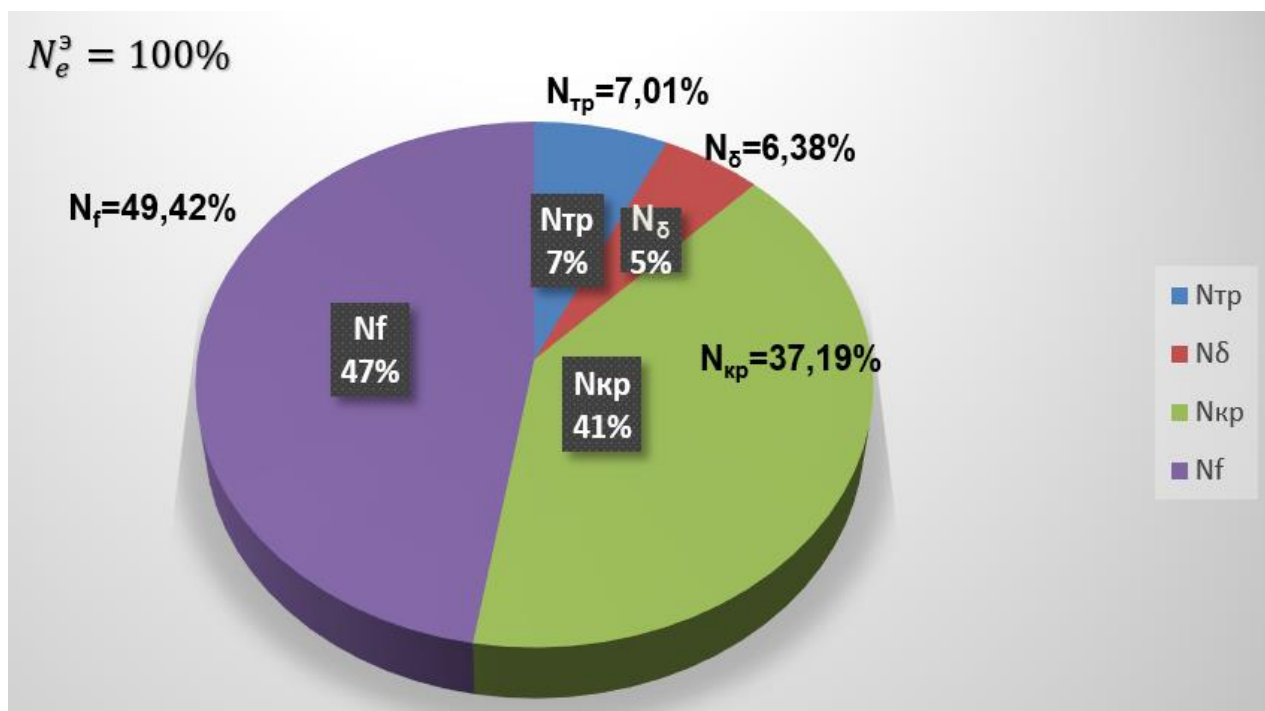


Рисунок 4.18– Распределения мощностного баланса экспериментального МЭС

Данные диаграмм (рисунок 4.17 и 4.18) показывают, что произошло перераспределение составляющих сравнительного мощностного баланса МЭС. Тяговая мощность экспериментального трактора возросла соответственно с 32,22 до 37,19 % по сравнению с серийным трактором при снижении мощности, затрачиваемой на буксование с 10, 88 % до 6, 38%. Приведённые результаты подтверждают увеличение тягово-сцепных свойств экспериментального МЭС в сравнении с серийным и уменьшение влияния его ходовой системы на почвы в движении.

4.3. Результаты сравнительных хозяйственных испытаний

Для эксплуатационно-технологической оценки работы машинно-тракторных агрегатов были проведены сравнительные хозяйственные испытания в реальных условиях их эксплуатации в Амурской области. При этом режимы эксплуатации сравниваемых МТА были сопоставимы.

При выполнении сравнительных хозяйственных испытаний основное внимание уделялось эффективности выполняемых работ, при этом в качестве основных эксплуатационно-технологических показателей принимались производительность за 1 час эксплуатационного и сменного времени, скорость движения, а также расход топлива на единицу обработанной площади.

Сравнительные хозяйственные испытания и хронометражные наблюдения были проведены на базе КФХ «Заречное» на основных сельскохозяйственных работах: вспашке, посеве, культивации и транспортировке сельскохозяйственных грузов в составе тракторно-транспортного агрегата.

Как показали результаты сравнительных хозяйственных испытаний машинно-тракторных агрегатов на вспашке (трактор МТЗ-80 и плуг ПЛН-3-35) производительность за 1 час эксплуатационного и сменного времени МТА с устройством перераспределения сцепного веса выше на 12...14%, а расход топлива на единицу обработанной площади ниже на 8...11% по сравнению с серийным агрегатом. Данные сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2-Результаты сравнительных хозяйственных испытаний на вспашке

Показатели		Состав МТА (МТЗ-80+ПЛН-3-35)	
		Серийный	Экспериментальный
Длина гона, м		500	500
Ширина захвата, м	конструктивная	1,15	1,15
	рабочая	1,15	1,15
Скорость движения, м/с		1,90	2,2
Производительность, га/ч	в час времени движения	0,8	0,92
	в час основного рабочего времени	0,72	0,81
Коэффициент использования времени движения		0,85	0,85
Коэффициент использования времени смены		0,85	0,85
Расход топлива на единицу обработанной площади, л/га		2,36	2,02

Увеличение производительности объясняется тем, что предлагаемое устройство позволяет увеличить сцепной вес, приходящейся на ведущие колёса и тем самым снизить величину буксования и, как следствие, повысить скорость движения МТА, которая является одной из наиболее важных составляющих производительности. Снижение расхода топлива на единицу обработанной площади произошло за счёт увеличения производительности и уменьшения затрат мощности на буксование движителей.

Если проанализировать работу машинно-тракторных агрегатов (трактор МТЗ-80 и сеялка С-6 ПМ.1) на посевах, то расход топлива на единицу обработанной площади у экспериментального МТА составил топлива ДТ 1,10...1,12 л/га, а у серийного машинно-тракторного агрегата 1,19...1,21 л/га, при этом производительность у МТА с устройством перераспределения сцепного веса на 14...16% выше по сравнению с серийным агрегатом.

В результате проведения сравнительных хозяйственных испытаний машинно-тракторных агрегатов (трактор МТЗ-80 и культиватор КПС-4) на культивации установлено, что:

- скорость движения МТА с устройством для перераспределения сцепного веса составила 2,4 м/с, а у серийного - 2,2 м/с;
- производительность в час времени движения соответственно 2,34 га/ч и 2,20 га/ч;
- производительность в час основного времени смены соответственно 1,97 га/ч и 1,80 га/ч.

При этом расход топлива на единицу обработанной площади у МТА с устройством для перераспределения сцепного веса на 13...15% ниже по сравнению с серийным МТА. Результаты сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3-Результаты сравнительных хозяйственных испытаний на сплошной культивации

Показатели		Состав МТА (МТЗ-80+КПС-4М)	
		Серийный	Экспериментальный
Длина гона, м		500	500
Ширина захвата, м	конструктивная	4,00	4,00
	рабочая	3,84	3,84
Скорость движения, м/с		2,20	2,40
Производительность, га/ч	в час времени движения	2,20	2,34
	в час основного рабочего времени	1,80	1,97
Коэффициент использования времени движения		0,83	0,85
Коэффициент использования времени смены		0,83	0,84
Расход топлива на единицу обработанной площади, л/га		1,55	1,12

Кроме этого были проведены сравнительные хозяйственные испытания на перевозке грузов-подвозе посевного материала.

Таблица 4.4-Сравнительные хозяйственные испытания экспериментального МЭС на транспортных работах

Показатели	МТЗ-80 + 2ПТС-4	
	серийный	экспериментальный
Длина маршрута, м	1860	1860
Грузоподъемность теоретическая, т	4	4
Грузоподъемность фактическая, т	3,7	3,7
Скорость движения по прямой, м/с	6,5	6,7
Скорость движения на поворотах, м/с	4,2	4,5
Производительность в час основного рабочего времени, т·км	6,4	8,1
Коэффициент использования времени движения	0,93	0,93
Расход топлива, л/т.км	0,98	0,79

Одним из показателей влияющих на производительность МТА является коэффициент использования времени смены. С этой целью были проведены исследования по распределению баланса времени смены на культивации.

В результате проведенных исследований распределение баланса времени смены следующее: 77,7% - время основной работы; 6,8% - регламентируемые элементы затрат времени; 4,2% - время поворотов; 3,0% - подготовка агрегатов к работе и 9,3% - приходится на остальные составляющие баланса времени смены. Более наглядно распределение баланса времени смены приведено на рисунке 4.19.



Рисунок 4.19- Распределение баланса времени смены на сплошной культивации (экспериментальный МТЗ-80 +КПС-4М)

4.4 Исследование техногенного воздействия ходовой системы экспериментального МЭС на почву

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от таких показателей как плотность (объемный вес), твердость, а также структурный состав [30,35,58,73,203,204]. При сельскохозяйственном использовании почвы

происходят качественные изменения вышеперечисленных показателей за счёт воздействия на её движителей мобильных энергетических средств.

При движении по полю вследствие воздействия на неё движителей ходовой системы происходит раздавливание и истирание почвенных агрегатов, что приводит к разрушению структурного состава почвы, её уплотнению и образованию колеи.

Как известно, структурный состав почвы характеризуется коэффициентом структурности по известной формуле:

$$K = C/B, \quad (4.1)$$

где С-количество макроагрегатов размером от 0,25 до 10 мм в %;

В- сумма макроагрегатов размером менее 0,25мм и комков более 10мм в %.

Коэффициент структурности во многом зависит от величины буксования движителей и с увеличением величины буксования данный коэффициент снижается. В свою очередь снижение коэффициента структурности приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Это объясняется тем, что наиболее ценной является комковато-зернистая структура, размером почвенных агрегатов от 0,24 до 10 мм. Данная структура придает почве рыхлое сложение, что способствует лучшему прорастанию семян и развитию корневой системы.

Как показали проведенные исследования использование колесного мобильного энергетического средства с устройством для перераспределения сцепного веса позволяет снизить величину буксования, а следовательно и улучшить в конечном итоге коэффициент структурности.

Вместе с тем движители различной сельскохозяйственной техники после прохождения по полю оставляют после себя колею, которая в дальнейшем затрудняет обработку почвы, что приводит к увеличению энергозатрат и, как следствие, повышению себестоимости единицы продукции.

Глубина колеи и плотность почвы во многом зависят от веса приходящегося на движители, площади опорной поверхности и влажности почвы. Анализируя выше названные показатели можно сделать вывод, что для снижения

глубины колеи и плотности почвы необходимо снижать нормальное давление на почву. Это можно достичь двумя способами:

- увеличение опорной поверхности;
- перераспределением веса приходящегося на движители.

В работе Худовец В.И. [173] отмечается, что площадь опоры передних колёс трактора класса 1,4 составляет $0,028\text{м}^2$, а задних $0,104\text{м}^2$ то есть площадь задних колёс трактора в 3,7 раза больше площади передних колёс трактора. В то же время вес, приходящейся на задние колёса, больше веса, приходящегося на передние колёса, всего в 2,2 раза. Таким образом снизить техногенное воздействие на почву (уменьшение глубины колеи и плотности почвы) возможно за счёт перераспределения веса между движителями трактора.

Для определения воздействия на почву ходовой системы колёсного мобильного энергетического средства (колёсного трактора класса 1,4) в серийном варианте и с устройством для перераспределения сцепного веса были проведены экспериментальные исследования (рисунок 4.20...4.22).



Рисунок 4.20- Измерение твёрдости почвы на поле, обработанном серийным трактором



Рисунок 4.21- Измерение твёрдости почвы на поле, обработанном МТА с экспериментальным трактором



Рисунок 4.22- Измерения влажности и температуры плодородного слоя
ПОЧВЫ

В результате проведенных исследований были получены значения плотности, твердости, влажности, результаты которого представлены в диаграммах на рисунках 4.23-4.26.

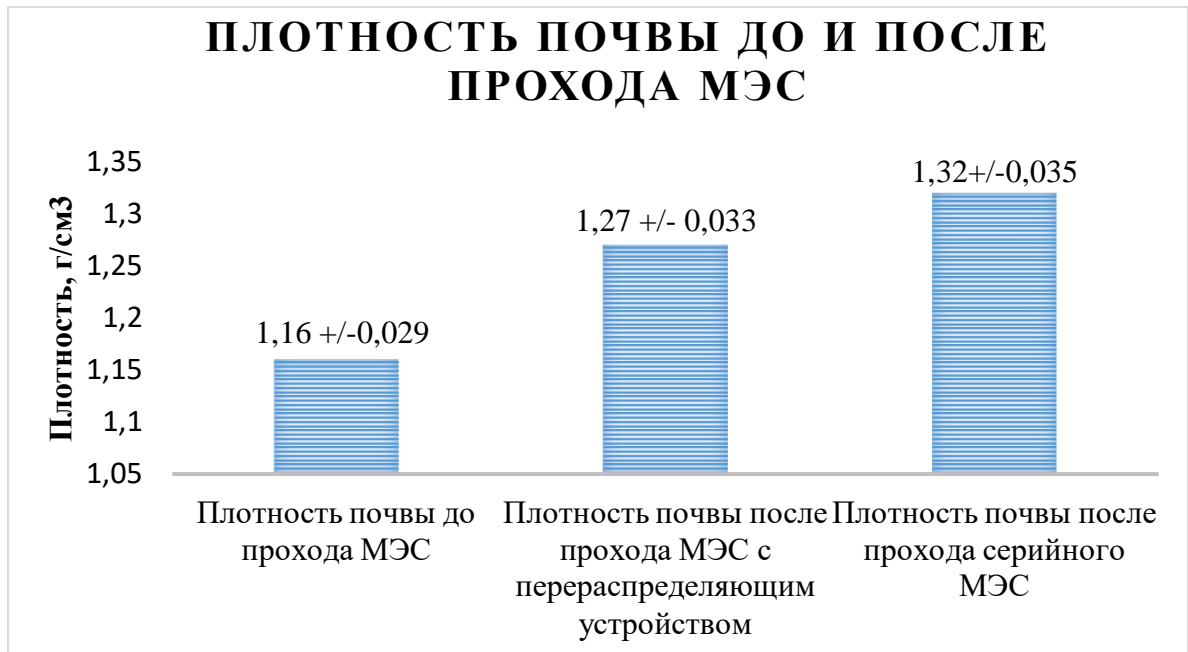


Рисунок 4.23- Результаты экспериментальных исследований по определению плотности почвы

Как показали исследования (рисунок 4.23), если до прохода по полю МЭС плотность почвы составляла 1,14...1,16 г/см³, то после прохода по ней МЭС она возросла соответственно у серийного МЭС с 1,28 до 1,32 г/см³, а у МЭС экспериментального с 1,24...1,27 г/см³ при этом коэффициент уплотнения почвы соответственно составил у серийного 1,13, а у экспериментального 1,09. Таким образом, использование устройства для перераспределения сцепного веса позволило снизить коэффициент уплотнения почвы.

При воздействии ходовой системы МЭС на почву изменяется не только плотность почвы, но и её твёрдость, которая характеризует её сопротивление обработке, что ведёт к увеличению энергозатрат на её обработку.

В результате проведенных экспериментальных исследований по определению твердости почвы были получены данные, которые приведены на рисунке 4.24.

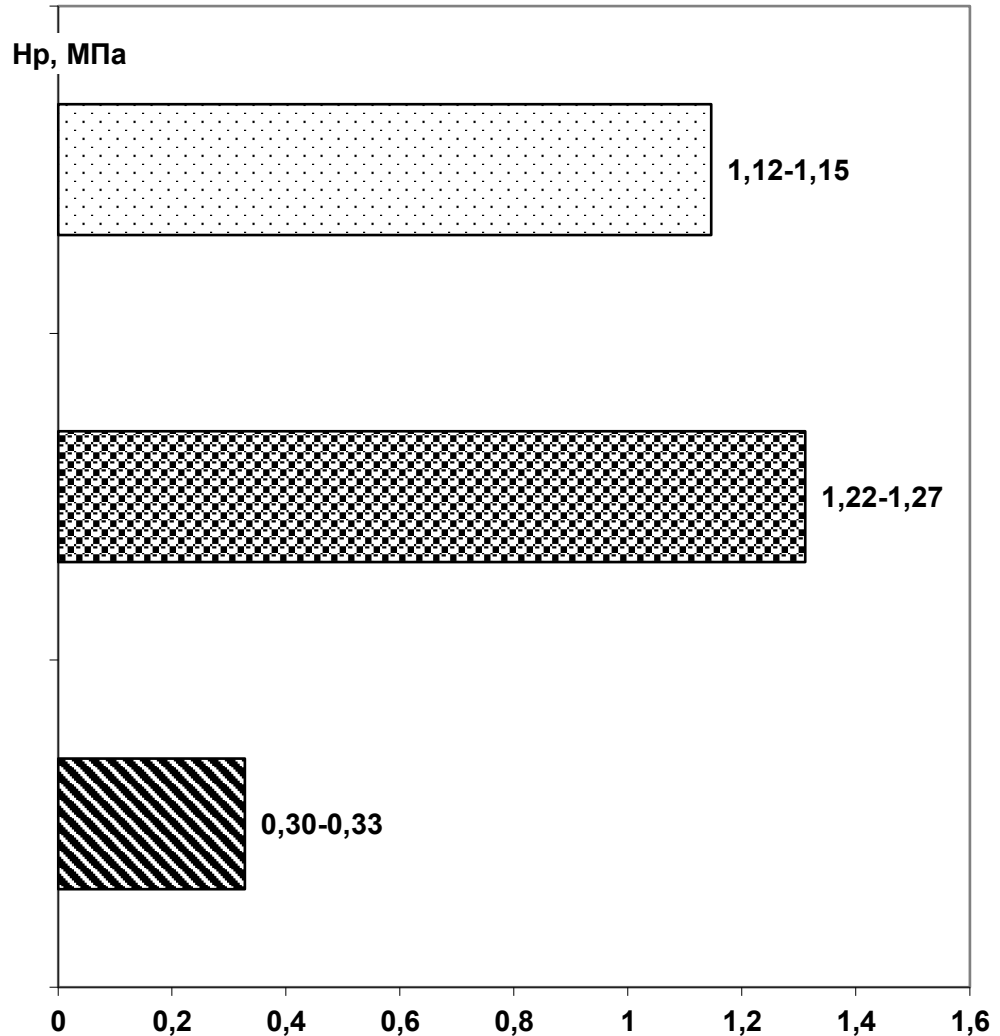


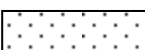


Рисунок 4.24- Результаты экспериментальных исследований по определению твердости почвы

-  - твердость почвы до прохода трактора;
-  - твердость почвы после прохода серийного трактора;
-  - твердость почвы после прохода экспериментального трактора.

Как показали проведенные экспериментальные исследования твердость почвы возросла, как после прохода серийного МЭС так и у экспериментального

МЭС. Результаты показывают, что до прохода МЭС по полю твердость почвы составляла 0,30...0,33 МПа, то после прохода серийного и экспериментального МЭС она соответственно составила 1,22...1,27 МПа и 1,12...1,15 МПа.

С целью проверки влияния МЭС на глубину колеи были проведены экспериментальные исследования, которые показали, что перераспределение веса между движителями МЭС позволило снизить глубину колеи на 30...34%.

Исходя из выше сказанного можно сделать вывод, что использование устройства для перераспределения сцепного веса позволяет снизить техногенное воздействие на почву.

4.5 Выводы

Проведённые сравнительные испытания и полевые эксперименты показали, что применение устройств, улучшающих поперечную и продольную устойчивость МЭС позволяет:

- регулировать вертикальную нагрузку на колёса трактора в диапазоне 15-18 процентов. Проведёнными исследованиями установлено, что увеличение ширины колеи и условий догружения повышает поперечную устойчивость МТА;

- корректировать изменения вертикальных силовых реакций поверхностей под колёсами трактора при включенном устройстве за счет смещения центра тяжести трактора, которое возникает при повышении усилия тросовой связи предлагаемого устройства. Результаты экспериментальных исследований показали, что использование межколёсного стабилизатора ходовой системы позволяет регулировать вертикальную нагрузку на колёса трактора в достаточно высоком диапазоне, корректируя параметры его продольной устойчивости в зависимости от условий эксплуатации.

- увеличить тягово-сцепные свойства МЭС при снижении величины буксования и увеличении скоростных характеристик МТА;

- повысить производительность в час основного рабочего времени, при этом снизить удельный расход топлива в сравнении с серийным МЭС;

-увеличить тяговую мощность экспериментального МЭС при одновременном снижении мощности, затрачиваемой на буксование;

- снизить техногенное воздействие на почву экспериментального МЭС.

Используемые в процессе исследований, сформированные согласно предложенного методологического обоснования, устройства и программы для ЭВМ защищены свидетельствами № 2020615367, 2020615250 и патентами РФ на изобретение и полезную модель № 2547303, 2590783, 2590786, 2546895, 155844, 151136, 2597434, 2590789, 2578903, 192386.

Экспериментальные образцы устройств перераспределения сцепного веса, установленные в ходовую систему энергетического средства, ТТА и МТА, прошли производственные испытания, внедрение и показали высокую эффективность в хозяйствах Амурской области: АО «Димское, ООО «Союз», ОАО», КФХ «Заречное», КФХ «Жуковин С.А.» Амурской области.

5 ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЭС С УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕПНОГО ВЕСА

В последнее время одним из основных направлений развития средств механизации является использование энергосберегающих технологий позволяющих снизить себестоимость единицы произведенной продукции, что даёт возможность лучшей её реализации. Существующая традиционная оценка эффективности использования средств проводилась по приведённым затратам, рентабельности, прибыли и ряду других показателей, которые не всегда можно детально использовать при проведении экономического анализа.

В последние годы нашла широкое применение методика оценки использования средств механизации при проведении с.-х работ предложенная ВИМ [107-112]. В предложенной методике в качестве оценочного эквивалента предложены энергетические затраты, что позволяет более достоверно анализировать эффективность использования технологий и средств механизации.

Применение энергетического показателя в качестве оценочного критерия имеет следующие преимущества:

- отсутствие зависимости от скачков в ценообразования;
- все затраты связанные с производством сельскохозяйственной продукции выражать в одних единицах – Дж;
- позволяет давать оценку эффективности с.-х производства в рублёвом эквиваленте.

При оценке эффективности использования колесного трактора класса 1,4 с устройством для перераспределения веса учитывались методические нормативные материалы, представленные в работах [107-112].

Исходные данные для расчёта взяты из проведенных хронометражных наблюдений за работой МТА и ТТА.

Расчёт энергетической эффективности выполнен по методике, предложенной в работе [107-112].

Затраты живого труда:

$$E_{\text{ж}} = \frac{a_{\text{ж}} \cdot n_{\text{ч}}}{W_{\text{см}}}, \quad (5.1)$$

где $a_{\text{ж}}$ – энергетический эквивалент живого труда, МДж/ч;

$n_{\text{ч}}$ – число основных трактористов, чел;

$W_{\text{см}}$ – производительность МТА, га/ч.

Прямые затраты энергии:

$$E_{\text{п}} = N_{\text{т}} \cdot (a_{\text{т}} + f_{\text{т}}), \quad (5.2)$$

где $N_{\text{т}}$ – расход топлива, кг/га;

$a_{\text{т}}$ – теплосодержание топлива, МДж/кг;

$f_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива, МДж/кг.

Удельная энергоёмкость трактора в расчёте на 1 час работы трактора:

$$E_{\text{т}} = \frac{M_{\text{т}} \cdot C_{\text{тр}} \cdot (K_{\text{т}} + K_{\text{тк}} + K_{\text{тр}})}{100 \cdot T_{\text{нт}}}, \quad (5.3)$$

где $K_{\text{т}}$, $K_{\text{тк}}$, $K_{\text{тр}}$ – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт энергетического средства;

$M_{\text{т}}$ – масса энергетического средства, кг;

$C_{\text{тр}}$ – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/кг;

$T_{\text{нт}}$ – годовая загрузка тракторов, ч.

Удельная энергоёмкость сельскохозяйственной машины:

$$E_{\text{м}} = \frac{M_{\text{м}} \cdot \Pi_{\text{м}} \cdot (\Phi_{\text{м}} + \Phi_{\text{мк}})}{100 \cdot T_{\text{нт}}}, \quad (5.4)$$

где $M_{\text{м}}$ – масса сельскохозяйственной машины, кг;

P_M – энергетический эквивалент сельскохозяйственной машины, МДж/кг;

Φ_M, Φ_{MK} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт тракторов, %;

T_{HT} – годовая загрузка сельскохозяйственных машин, ч.

Суммарная энергоёмкость энергетического средства и сельскохозяйственной машины в расчёте на 1 га:

$$E_{TM} = \frac{E_T + E_M}{W_{CM}}. \quad (5.5)$$

Совокупные или полные энергозатраты:

$$E_{ТП} = E_{П} + E_{Ж} + E_{TM}. \quad (5.6)$$

Экономия полных энергозатрат:

$$\Delta E_{ТП} = E_{ТНБ} - E_{ТПП}, \quad (5.7)$$

где $E_{ТНБ}$ – совокупные энергозатраты новой машины, МДж/га;

$E_{ТПП}$ – совокупные энергозатраты базовой машины, МДж/га.

Полученные результаты приведены в таблице 5.1.

Данные таблицы 5.1 показывают, что общая экономия полных энергозатрат при вспашке, сплошной культивации, и посевах составила 67,71 МДж/га, на транспортных работах 5,96 МДж/т.км. Таким образом для КФХ с посевными площадями до 400 га общая экономия в рублевом эквиваленте при внедрении предложенных конструкций в принятую технологию растениеводства составляет сумму в 736433р.

Таблица 5.1-Результаты топливно-энергетического анализа использования экспериментального МЭС с устройством для поперечно-продольной устойчивости в технологии растениеводства

Параметры	Полевые работы						Транспортные работы, МДж/ткм	
	Вспашка, МДж/га		Посев, МДж/га		Сплошная культивация, МДж/га		Серийный	Экспериментальный
	Серийный	Экспериментальный	Серийный	Экспериментальный	Серийный	Экспериментальный		
Прямые затраты энергии	124,37	106,45	62,71	57,97	81,68	59,02	47,43	41,63
Затраты живого труда	1,57	1,36	0,10	0,09	0,57	0,53	0,19	0,15
Суммарная энергоёмкость трактора и сельскохозяйственной машины	46,30	45,40	152,29	142,27	124,50	122,30	8,44	8,32
Совокупные или полные энергозатраты	172,24	153,21	215,10	200,33	206,75	178,55	56,06	50,10
Экономия полных энергозатрат	19,03		15,38		27,90		5,96	
Общая экономия энергозатрат	61,71							

ВЫВОДЫ

В результате теоретических и экспериментальных исследований, проведенных для решения научной задачи по улучшению технологических параметров мобильных энергетических средств за счёт повышения продольно-поперечной устойчивости сформированы следующие обоснованные выводы:

1. На основании проведённого анализа установлено, что природно-климатические и производственные условия Амурской области оказывают большое влияние на эффективность использования и тягово-сцепные свойства колесных энергетических средств. Повысить эффективность МЭС возможно за счёт использования их на склоновых поверхностях.

2. Предложено методологическое обоснование подбора и алгоритм формирования конструкции устройств для повышения продольно-поперечной устойчивости колёсного МЭС.

3. В результате теоретических и экспериментальных исследований выявлено влияние устройства по перераспределению веса на поперечную устойчивость и производительность МТА. Так при увеличении угла наклона поверхности с 0 градусов до 20 градусов вертикальная нагрузка на колёса серийного трактора, находящиеся ниже по склону, увеличилась с 12 кН до 16 кН, а у колёс, находящихся выше по склону снизилась с 12 кН до 8 кН. Для МЭС с установленным МСХС соответственно перераспределение вертикальной нагрузки составило: при увеличении угла наклона поверхности с 0 градусов до 20 градусов вертикальная нагрузка на колёса экспериментального трактора, находящиеся ниже по склону, увеличилась с 12 кН до 13 кН, а у колёс находящихся выше по склону снизилась с 12 кН до 11 кН. Таким образом, применение МСХС не позволило снизить нагрузку на движитель, находящийся выше по склону, в пределах 4 кН за счёт перераспределения веса.

4. Установлено что использование предлагаемого устройства повышает тягово-сцепные свойства МЭС, за счёт перераспределения сцепного веса и корректирования вертикальной нагрузки на движители. Экспериментально

подтверждено, что применение в ходовой системе МЭС перераспределяющего устройства позволило снизить величину буксования при одинаковом тяговом усилии с серийным МЭС. Так, при тяговом усилии 13,6 кН буксование серийного трактора составило 15,52 %, в то время как у трактора с МСХС – 9,1 %. При увеличении тягового усилия до 14,0 кН буксование соответственно составило 22 % и 11,2 %. Тяговое усилие МЭС с устройством на 12,6 % больше по сравнению с серийным

5. На основании сравнительных хозяйственных испытаний установлено, что производительность МТА с устройством по перераспределению сцепного веса на вспашке, посеве, культивации и перевозке грузов выше соответственно на 12...14%, 12...14%, 6% и 26%, а расход на единицу выполненной работе ниже по сравнению с серийным агрегатом.

6. Установлено, что после прохода ходовой системы МЭС по почвенному слою плотность почвы возрастает, у серийного МЭС с 1,28 до 1,32 г/см³, а у МЭС экспериментального с 1,24...1,27 г/см³ при этом коэффициент уплотнения почвы соответственно составил у серийного 1,13, а у экспериментального 1,09. Твердость почвы в необработанном состоянии составляла 0,30...0,33 МПа, после прохода серийного и экспериментального МЭС она соответственно составила 1,22...1,27 МПа и 1,12...1,15 МПа. Также установлено, что перераспределение веса между движителями МЭС позволило снизить глубину колеи экспериментального МЭС на 30...34%.

7. Экономическая и топливно-энергетическая оценка проведённых исследований показала, что общая экономия полных энергозатрат при вспашке, сплошной культивации, и посеве составила 67,71 МДж/га, на транспортных работах 5,96 МДж/т.км. Таким образом для КФХ с посевными площадями до 400 га общая экономия в рублевом эквиваленте при внедрении предложенных конструкций в принятую технологию растениеводства составляет сумму в 736433р.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов, Н.В. Оптимизация структуры посевных площадей на биоэнергетической основе: Монография /Н.В. Абрамов, Г.П. Селюкова. – Екатеринбург: Изд-во УралГАУ, 2001. – 143 с.
2. Азизов, З.М. Ресурсосберегающие приемы и системы основной обработки почвы в зернопаровых севооборотах засушливой черноземной степи Поволжья /З.М. Азизов //Инновации, землеустройство и ресурсосберегающие технологии в земледелии. – Курск, 2007. – С. 140- 143.
3. Алдошин, Н.В. Выбор стратегий качественного выполнения механизированных работ / Н.В. Алдошин, Р.Н. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 5. – С. 67
4. Алдошин, Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве / Н.В. Алдошин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 3. – С. 5-7.
5. Амельченко, П.Н. Колесные тракторы для работы на склонах / П.Н. Амельченко, И.П. Ксенович, В.В. Гуськов, А.И. Якубович. – Москва : Машиностроение, 1978. – 248 с.
6. Амурстат. Официальная статистика// [Электронный ресурс] URL: http://amurstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/amurstat/ru/statistics/prices/
7. Антонов, Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей. – Москва : Машиностроение, 1978. – 216 с.
8. Анилович, В. Я. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов [Текст]: справочное пособие / В. Я. Анилович, Ю. Т. Водолажниченко. – Изд.2-е, переработ. и доп.. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
9. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин: учебник для ВТУЗов / И.И. Артоболевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1988. – 639 с.

10. Арютов, Б.А. Повышение эффективности производственных процессов в растениеводстве / Б.А. Арютов, А.И. Новожилов, А.В. Пасин // Техника в сельском хозяйстве. - 2007.-№ 6. - С. 50-51.

11. Асманкин, Е.М. Аспект на проблему устойчивости движения колесных машин / Е.М. Асманкин, С.В. Юмакаева, А.Ж. Нуритдинова, И.В. Яковлев // Материалы всероссийской заочной научно-практической конференции «Инновационные научные решения основа модернизации аграрной экономики». – Пермь, 2011. – ч. 2. С. 5 – 10.

12. Асманкин, Е.М. К вопросу развития энергосберегающих технологий в АПК / Е.М. Асманкин, С.В. Юмакаева, М.Б. Фомин, А.Ж. Балмугамбетова // Известия ОГАУ. – 2012. – №2. С. 77 – 79.

13. Асманкин, Е.М. Обоснование способа теоретического исследования траекториальной устойчивости мобильных энергетических средств в условиях склонного земледелия / Е.М. Асманкин, С.В. Тарасова, В.А. Шахов // Известия ОГАУ. – 2013. – №5. – С. 8- 83.

14. Асманкин, Е.М. Теоретическое исследования влияния углов бокового увода колес на поперечное смещение машины при ее движении по наклонной опорной поверхности / Е.М. Асманкин, С.В. Тарасова, В.А. Шахов, В.В. Реймер // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 5. – С. 50-53.

15. Баранский, А.Н. Улучшение эксплуатационных показателей и использования колесных трактора / А.Н. Баранский. – Минск : Урожай, 1968. – 255 с.

16. Бахмутов, С.В. Научные основы параметрической оптимизации автомобиля по критериям управляемости и устойчивости. – Дис. докт. техн. наук. – М., 2001. – 350 с.

17. Бенедичук, Н.Ф. Эффективность разных систем обработки почвы в севообороте /Н.Ф. Бенедичук, В.С. Рыбка //Бюл. ВНИИ кукурузы. – Днепропетровск, 1985. – №4. – С.33-38.

18. Богданов, А.В. Обоснование рационального давления воздуха в пневматических движителях колесных машин с заблокированным приводом

ведущих мостов на транспортных работах в сельском хозяйстве: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 18.12.03 / Богданов Андрей Владимирович. – Челябинск, 2003. – 127 с.

19. Божко, Е.П. Агроэкологическая оценка основной обработки почвы под культуры севооборота на обыкновенном черноземе Западного Предкавказья /Е.П. Божко, С.И. Бершадская, И.Б.Молчанов //Рациональное природопользование и сельскохозяйственное производство в Южных регионах Российской Федерации. – М., 2003. – С.88-92.

20. Болотов, А.К. Эксплуатация сельскохозяйственных тракторов: справочник / А.К. Болотов, А.М. Гуревич, В.И. Фортуна. –Москва : Колос, 1994. – 495 с.

21. Борисенко, И.Б. Совершенствование агротехнологий и технических средств для поверхностной обработки почвы /И.Б. Борисенко, В.И. Пындак, М.С. Горюнов //Инновационно-технологические основы развития земледелия. – Курск, 2006. – С.77-88.

22. Бровкин, В.И. Обработка почвы в первой ротации севооборота / В.И. Бровкин //Земледелие. – 2002. – №3. – С.14-15

23. Бумбар, И.В. Система технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области на 2011 - 2015 гг. / И.В. Бумбар, А.Н. Панасюк, В.А. Тильба и др.; под общ. ред. И.В. Бумбара. – Благовещенск: ДальГАУ, 2011. – 263 с.

24. Ванин, Д.Е. Теория и практика почвозащитного земледелия в зонах проявления водной и ветровой эрозии /Д.Е. Ванин //Вестник сельскохозяйственной науки. – 1982. – №8. – С.22-36.

25. Василько, В.П. Севооборот, агротехника и продуктивность орошаемого агроценоза / В.П. Василько, А.И. Радионов, А.В. Сисо и др. //Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. – Краснодар, 2008. – С.189-204.

26. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных / Г.В. Веденяпин. – Москва : Колос, 1967. – 168 с.

27. Вериго, С.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве: Монография /С.А. Вериго, Л.А. Разумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 288 с.
28. Власенко, А.Н. Системы основной обработки черноземов лесостепи Западной Сибири при разных уровнях интенсификации земледелия: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук /А.Н. Власенко. – Новосибирск, 1995. – 41 с.
29. Войтиков, А.В. Исследование курсовой устойчивости колесного трактора класса 14 кН на склоне: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Войтиков Александр Викторович. – Минск, 1979. – 188 с.
30. Володин, В.М. Экологические основы оценки и использования плодородия почв: Монография /В.М. Володин. – М.: ЦИНАО, 2000. – 336 с.
31. Вольтерс, И.А. Влияние способов основной обработки почвы на строение пахотного слоя почвы / И.А. Вольтерс, А.И. Тивиков // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорированных землях: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. /СтГАУ. – Ставрополь, 2005. – С. 213-216.
32. Воцкий, З. И. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки энергетических, эксплуатационно- технологических, экономических показателей и безопасности труда: учебное пособие / З. И. Воцкий. – Челябинск : ЧГАУ, 2007.
33. Гамаюнов А.М. Повышение эффективности использования тракторного поезда с использованием параметрической оптимизации универсального тягово-сцепного устройства / Алексеев С.А. / Научное обозрение, М.2013. №5 – С. 33-35.
34. Гапич, Д.С. Стабилизация режимов нагружения колёсных машинно-тракторных агрегатов : дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Гапич Дмитрий Сергеевич. – Волгоград, 2014. – 343 с.
35. Глухих, М.А. Плотность и водный режим почвы в зависимости от способов основной обработки почвы в Зауралье /М.А. Глухих, Г.Л. Атепенко, А.П. Попов //Приемы обработки почвы и влагонакопления в Западной Сибири и Зауралье. – Новосибирск, 1984. – С. 7-16.

36. Горшков, Ю.Г. Догружатель ведущих колес трактора / Ю.Г. Горшков, Ю.Б. Четыркин, А.А. Калугин, Е.А. Лещенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 7.
37. Горячкин, В.П. Рациональная формула для силы тяги плугов / В.П. Горячкин / Собрание сочинений. – М.: Колос, 1961. – Т. 2. – 455 с.
38. Горячкин, В.П. Собрание сочинений в 3-х томах / В.П. Горячкин – М.: Колос, 1968. – Т. 2. – 455 с.
39. ГОСТ 20915-2011. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний.
40. ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки универсальных машин и технологических комплексов. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 26 с.
41. ГОСТ 24055-2016 Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Стандартинформ, 2017. – 39 с.
42. ГОСТ 26244-84. Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 8 с.
43. ГОСТ Р 52051–2003 Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения. Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 7 мая 2003 г. № 139-ст. – Режим доступа: www.vsegest.ru.
44. ГОСТ 30750-2001 Тракторы сельскохозяйственные. Определение положения центра тяжести.- М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.- 22 с.
45. ГОСТ Р 52302-2004. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2005. – 28 с.
46. ГОСТ 7057-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 61 с.
47. ГОСТ 33691-2015 Испытания сельскохозяйственной техники. Метод определения угла поперечной статической устойчивости.- М.: Стандартинформ, 2016.- 20 с.

48. ГОСТ 20915-75 (СТ СЭВ 5630-86) Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний.- М.: Издательство стандартов, 1975.- 33 с.

49. ГОСТ Р 54784-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров».

50. ГОСТ 7463-89 Шины пневматические для тракторов и сельскохозяйственных машин. Технические условия.- М.: ИПК Издательство стандартов, 1990.-24 с.

51. ГОСТ Р 54784-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров.- М.: Стандартинформ, 2012.- 35 с.

52. ГОСТ 30746-2001(ИСО-789-2-93) Тракторы сельскохозяйственные. Определение мощности и грузоподъемности гидравлической навесной системы.- М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.- 16 с.

53. ГОСТ 12.2.002-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности. Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.- 93 с.

54. ГОСТ 30752-2001 (ИСО 789-3-93) Тракторы сельскохозяйственные. Определение наименьшего и габаритного диаметров окружности поворота.- М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. -9 с.

55. ГОСТ 30745-2001 (ИСО 789-9-90) Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей.-М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.- 22 с.

56. Государственная инспекция по контролю за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники [Электронный ресурс] // Официальный сайт Правительства Амурской области – URL : http://www.amurobl.ru/wps/portal/Main/gov/iogv/inspections/its!/ut/p/c5/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3gTAWN_RydDRwN_d3MDA09HHxfLEBdDY38jE30_j_zcVP2CbEdFAK-AfEg!/dl3/d3/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/ (дата обращения: 12.03.2020).

57. Григоренко Л.В., Колесников В.С. Динамика автотранспортных средств. Теория, расчет передающих систем и эксплуатационно-технических качеств. — Волгоград: Комитет по печати и информации, 1998. — 544 с.

58. Гуревич, А.М. Результаты полевых опытов по влиянию тракторов на уплотнение почвы / А.М. Гуревич, В.П. Ашихмин, А.А. Лопарев // Совершенствование конструкции и повышение эффективности тракторов и автомобилей: сб. ст. – Пермь, 1981.

59. Гуськов, В.В. О влиянии ряда факторов на курсовую устойчивость колесного трактора, работающего на склоне / В.В. Гуськов, А.В. Войтиков // Тракторы и сельхозмашины. – 1981.– №2.

60. Гуськов, В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов / В.В. Гуськов. – Москва: Машиностроение, 1966.

61. Гуськов, В.В. Технические концепции создания горно-равнинных мобильных средств механизации сельскохозяйственного производства / В.В. Гуськов, П.А. Амельченко, П.В. Зеленый, В.П. Зарецкий // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – № 3

62. Гуськов, Ю.А. Проектирование транспортно-технологических процессов в земледелии Сибири: монография// Ю.А.Гуськов [и др.]// Новосибирск, 2013.-152 с.

63. Гуськов, Ю.А. Рациональные технологические схемы и технические средства для сбора и транспортировки грубых кормов: монография / Ю.А. Гуськов. – Новосибирск, 2006. – 150 с.

64. Двали, Р.Р. К вопросу механизации горного земледелия / Р.Р. Двали. – Тбилиси: АН ГрузССР, 1964. – С.7 – 34.

65. Двуреченский, В.И. Минимализация агротехнологий в степной зоне Казахстана /В.В. Двуреченский, С.В. Гилевич //Земледелие. – 2008. – №4. – С. 10.

66. Демидович, Б. П. Лекции по математической теории устойчивости / Б. П. Демидович.— М. : Наука, 1967. - 472 с

67. Демин, Е.Е. Транспорт в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / Е.Е. Демин, Г.В. Левченко, Р.Р. Хакимзянов. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2005 – 135 с.

68. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

69. Емельянов, А.М. Пути снижения техногенного воздействия гусеничных движителей уборочных машин на переувлажнённые почвы: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Емельянов Александр Михайлович. – Благовещенск, 1997. – 250 с.

70. Жилейкин, М.М. Разработка алгоритма работы системы динамической стабилизации для колесного трактора 4×4 с индивидуальным ТЭП в режиме вспашки на склоне / М.М. Жилейкин, Е.В.Ягубова// Известия высших учебных заведений: Машиностроение.-2014.- № 7 [652].- С. 58-68.

71. Жирова, З.В. Ареалы эффективности возделывания сельскохозяйственных культур – резерв улучшения использования ресурсного потенциала в аграрном секторе республики /З.В. Жирова /сб. Современные проблемы АПК. – Майкоп, 2008. – С. 28-34.

72. Житенко, И.С. Повышение эффективности мобильных машин согласованием основных параметров функционирования с условиями внешней среды в сельскохозяйственном производстве: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 : защищена 16.06.11 / Житенко Иван Сергеевич. – Челябинск, 2011. – 131 с.

73. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство: Монография /А.А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 431 с.

74. Завалишин, Ф.С. Исследования работы различных схем тракторного транспорта в труднопроходимых дорожных условиях /Ф.С. Завалишин, А.Е. Волощенко // Науч. тр. Воронежского с.-х. ин-та им. К.Д. Глинки. – Воронеж, 1974. – С. 11 – 15.

75. Загородний, Н.А. Повышение эффективности эксплуатации автомобилей обеспечением рациональных значений эксплуатационных

параметров их шин: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 : защищена 21.05.10 / Загородний Николай Александрович. – Белгород, 2010.

76. Закин Я.Х. и др. Автомобильный поезд и безопасность движения. Под. Общ. Ред. Я.Х. Закина. — М.:Транспорт, 1991. – 126 с.

77. Зангиев, А.А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, Г.П. Лышко, А.Н. Скороходов. – Москва : Колос, 1996. – 320 с.

78. Зарук, А.В. Стратегия инвестиционно-инновационного развития с.-х. организаций Российской Федерации: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05: защищена 06.04.11 / Зарук Артем Владимирович. – Москва, 2011. – 180 с.

79. Здоровцов, И.П. Контурное земледелие и организация механизированных работ на склонах /И.П. Здоровцов, В.М. Солошенко. – Воронеж, 1991. – 224 с.

80. Иванов, А.Л. Актуальные задачи научно-технологического сопровождения современного земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства в Российской Федерации /А.Л. Иванов // Модели и технологии оптимизации земледелия. – Курск, 2003. – С. 3-25.

81. Измайлов, А.Ю. Развитие транспорта в сельском хозяйстве/ А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтушенков // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. - №1. –С.3-4.

82. Иофинов, С.А. Эксплуатация тракторов и автомобилей на транспортных работах в сельском хозяйстве / С.А. Иофинов, А.А. Цырин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1975. – 228 с.

83. Каптюшин, Г.К. Конструкция, основы теории, расчет и испытание тракторов / Г.К.Каптюшин, С.П.Баженов. –Москва: Агропромиздат, 1990. – 511 с.

84. Кашпура, Б.И. Система земледелия Амурской области/ Б.И. Кашпура [и др.] – Благовещенск: ИПК Приамурье, 2003. – 300 с.

85. Кильдюшкин, В.М. Совершенствование системы основной обработки почвы в эрозионноопасных и равниннозападинностепных агроландшафтах Западного Предкавказья: Дис. ... д-ра с.-х. наук /В.М. Кильдюшкин. – Курск, 2005. – 355 с.

86. Коновалов, В.Ф. Динамическая устойчивость тракторов/ В.Ф. Коновалов. - М.: Машиностроение, 1981. - 674 с.

87. Котоврасов, И.П. Минимализация обработки почвы в севообороте /И.П. Котоврасов //Ресурсосберегающие технологии обработки почв: Сб. науч. тр. ВНИИЗиЗПЭ. – Курск, 1989. – С. 28-37.

88. Кривуца, З.Ф. Повышение эффективности транспортно-технологического обеспечения АПК Амурской области : дис. д-ра техн. наук: 05.20.01. Благовещенск, 2015.- 362 с.

89. Ксенович, И.П. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия в 3-х томах. Том 1. Введение в теорию и методологию исследования наземных тягово-транспортных систем/И.П.Ксенович, В.А.Гоберман, Л.А.Гоберман//М.:ВИМ,Машиностроение, 2003.-743 с.

90. Ксенович, И.П. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия в 3-х томах. Том 2. Аспекты технико-эргономического и экологического проектирования и конструирования наземных тягово-транспортных систем/И.П.Ксенович,В.А.Гоберман,Л.А.Гоберман//М.:ВИМ,Машиностроение, 2003.-872 с.

91. Кузина, Е.В. Изменение агрофизических показателей черноземных почв лесостепи Среднего Поволжья в зависимости от вида основной обработки /Е.В. Кузина //Зональные особенности научного обеспечения сельскохозяйственного производства. – Саратов, 2009. – Ч.2. – С. 45-48.

92. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: Монография. ДальГАУ-Благовещенск, 2017.- 272 с.

93. Кузнецова, О.А. Дополнительные догружающие устройства в ходовой системе тракторов /О.А.Кузнецова [и др.]// Сельский механизатор.- 2015.-№ 6.- С.9-11.

94. Кузнецова, О.А. Выбор устройств перераспределения веса в ходовой системе агрегата /О.А.Кузнецова [и др.]// Сельский механизатор.-2016.-№ 6.- С.12-13.

95. Кузнецова, О.А. Обоснование выбора силовых параметров устройств для перераспределения сцепного веса с гидравлическим или пневматическим приводом /О.А.Кузнецова [и др.]// Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо».-2017.-№ 3(29).

96. Кузнецова, О.А. Повышение эффективности использования энергонасыщенных тракторов на обработке почвы /О.А.Кузнецова [и др.]// Международный научно-исследовательский журнал.-2018.- 11(77), часть 2.-С.54-57 <https://research-journal.org/wp-content/uploads/2018/11/11-2-77.pdf>

97. Кузнецова, О.А. Пути повышения поперечной устойчивости многоосного транспортного средства /О.А.Кузнецова [и др.]// Дальневосточный аграрный вестник.-2018.-№ 4 (48).-С.262-270.

98. Кузнецова, О.А. Экспериментальные исследования эффективности конструкции для межколёсного перераспределения весовой нагрузки /О.А.Кузнецова [и др.]// Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо».-2018.-№ 4(34).- 0,64 п.л.(3,12 Мб)

99. Кузнецова, О.А. Повышение эффективности функционирования мобильных энергетических средств в условиях Амурской области /О.А.Кузнецова [и др.]// Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо».-2019.- № 2.- 0,66 п.л.(3,04 Мб) http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/2/st_209.doc.

100. Кузнецова, О.А. Повышение поперечной устойчивости колёсного мобильного энергетического средства с навесными сельскохозяйственными орудиями /О.А.Кузнецова [и др.]// Дальневосточный аграрный вестник.-2019.-№ 4 (52).-С.124-132.

101. Кутьков, Г.М. Теория трактора и автомобиля / Г.М. Кутьков. – Москва: Колос, 1996. – 287 с.

102. Лаптаев, В.Н. Определение оптимальной высоты грунтозацепов шин ведущих колес сельскохозяйственных тракторов / В.Н. Лаптаев, В.Н. Антонов // Производство шин, резинотехнических и асбестотехнических изделий. – 1983. – №12.
103. Листопадов, И.Н. Плодородие почв в интенсивном земледелии: Монография /И.Н. Листопадов, И.М. Шапошников. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 204 с.
104. Литтл, Т. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ / Т. Литтл, Ф. Хилз. М.: Колос, 1981. – 318 с.
105. Ломов, И.А. Математические методы в земледельческой механике / И.А. Ломов, Т.К. Васильев. – М.: Машиностроение, 1976. – 204 с.
106. Мамити, Г.И. Формирование оптимальной устойчивости колесной машины на стадии проектирования / Г.И. Мамити, С.Х. Плиев // Вестник машиностроения. – 2009. – №2.
107. Методика и методология энергетической оценки агротехнологий в агроландшафтах. - М.: МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. – 21 с.
108. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. 2: Нормативно-справочный материал. – М., 1998. – 251 с.
109. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. 1. – М., 1998. – 217 с.
110. Методика топливно – энергетической оценки производства продукции растениеводства. – М.: ВИМ, 2012. – 84 с.
111. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – М.: ВИМ, 1995. – 96 с.
112. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве. – М.: ВИМ, 1989. – 71 с.
113. Министерство сельского хозяйства Амурской области, официальный сайт // [[Электронный ресурс] URL <http://www.agroamur.ru/>

114. Министерство сельского хозяйства РФ, официальный сайт//[Электронный ресурс] URL <http://government.ru/department/59/events/>

115. Михайлов, А.В. Обоснование методики повышения эффективности эксплуатации колесных тракторов класса 1,4: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01, 05.20.03: защищена 24.09.04 / Михайлов Александр Васильевич. – Оренбург, 2004. – 233 с.

116. Найденов, А.С. Положительное и отрицательное влияние минимализации обработки черноземных почв /А.С. Найденов, В.В. Терещенко, Н.И. Бардак //Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. – Краснодар, 2008. – Вып. 431 (459). – С. 234-240.

117. Низкий, С.Е. Залежные земли Амурской области: сукцессии и ресурсы: монография/ С.Е.Низкий, А.А.Муратов// – Благовещенск: ДальГАУ, 2016. – 266 с.

118. Новожилов, А.И. Повышение эффективности механизированных технологических комплексов в растениеводстве с учётом сезонных условий их использования: дис....д-ра техн.наук: 05.20.01/Новожилов А.И.; Пенза.гос.с.-х. акад.-Нижний Новгород,2011.-378 с.

119. Пат. № 192386 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Стабилизатор поперечной устойчивости колёсного трактора/ Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Поликутина Е.С., Кузнецова О.А., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2019116414; заявл. 28.05.2019; опубл. 16.09.2019, Бюл. № 26.-8 с.

120. Пат. № 2590789 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Стабилизатор нагрузки управляемого моста колёсного трактора / Щитов С.В., Кузнецова О.А., Гончарук А.И., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2015114193/11; заявл. 16.04.2015; опубл. 10.07.2016, Бюл. № 19.-10 с.

121. Пат. № 2578903 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Пружинный стабилизатор устойчивости колёсного трактора типа «МТЗ»/ Щитов С.В., Кузнецова О.А., Поликутина Е.С., заявитель и патентообладатель

Дальневост. гос. агр. университет.- № 2014148012/11; заявл. 27.11.2014; опубл. 27.03.2016, Бюл. № 9.- 8 с.

122. Пат. № 2590786 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Регулятор осевой стабилизации колёсного трактора / Щитов С.В., Кузнецова О.А., Рубан Ю.Н., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2015113139/11; заявл. 09.04.2015; опубл. 10.07.2016, Бюл. № 19.- 8 с.

123. Пат. № 2597434 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Пружинный стабилизатор колёсного трактора/ Щитов С.В., Кузнецова О.А., Поликутина Е.С., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2014117329; заявл. 06.05.2015; опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25.- 8 с.

124. Пат. № 2590783 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Пружинный регулятор тяговой нагрузки/ Щитов С.В., Кузнецова О.А., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2015109927/11; заявл. 20.03.2015; опубл. 10.07.2016, Бюл. № 19.- 8 с.

125. Пат. № 155844 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Ограничитель вертикального перемещения управляемого моста колёсного трактора/ Щитов С.В., Кузнецова О.А., Панова Е.В., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2015102862; заявл. 28.01.2015; опубл. 20.10.2015, Бюл. № 29.- 8 с.

126. Пат. № 151136 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Стабилизатор продольной устойчивости колёсного трактора / Щитов С.В., Поликутина Е.С., Кузнецова О.А., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2014138208; заявл. 22.09.2014; опубл. 20.03.2015, Бюл. № 8.- 10 с.

127. Пат. № 2547303 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Корректор осевой нагрузки неполноприводного колёсного трактора типа «МТЗ / Щитов С.В., Кузнецова О.А., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2014104631; заявл. 10.02.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10.- 10 с.

128. Пат. № 2546895 Российская Федерация, МКИ В 60 В 15/00. Устройство для позиционного регулирования и снижения давления на грунт системы управления-управляемого моста колёсного зерноуборочного комбайна / Щитов С.В., Кузнецова О.А., Кидяева Н.П., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2013156395; заявл. 18.12.2013; опубл. 10.04.2015 , Бюл. № 10.- 8 с.

129. Панасюк, А.Н. Энергетическое обоснование адаптивной технологии возделывания картофеля / А.Н. Панасюк // Механизация и электрификация технологических процессов в с.-х. производстве: Сб. науч. тр. ДальГАУ – Благовещенск, 2010. – Вып. 17. – С. 59-66.

130. Певзнер, Я.М. Терминология по вопросам управляемости устойчивости движения автомобиля / Я.М. Певзнер, Л.Л. Гинцбург // Труды семинара по управляемости и устойчивости автомобиля – Москва : Труды НИМИ, 1966.

131. Петрушов, В. А. Сопротивление качения автомобилей и автопоездов / В. А. Петрушов. - М. : Физматлит, 2003 - 304 с.

132. Погорелов, С.В. Повышение устойчивости прямолинейного движения тракторных поездов посредством использования тягово-сцепного устройства с регулятором курсового угла: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03: защищена 27.01.06 / Погорелов Сергей Владимирович. – Саратов, 2006. – 192 с.

133. Поддубный, В.И. Повышение эффективности использования колесных мобильных машин в АПК на основе улучшения их устойчивости и управляемости: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01: защищена 23.06.11 / Поддубный Владимир Иванович. – Барнаул, 2011. – 34 с.

134. Поликутина, Е.С. Повышение тягово-сцепных свойств колёсного трактора класса 1,4 / Е.С. Поликутина, Е.Е. Кузнецов, С.В.Щитов // Научное обозрение. – 2015. - № 11. – С.30-34.

135. Поликутина, Е.С. Повышение производительности колёсных тракторов путём модернизации их ходовой системы / Е.С. Поликутина, Е.Е. Кузнецов, С.В.Щитов// Техника и оборудование для села.-2015.-№ 6.-С.18-20.

136. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.02.2015 года № 151-р « Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации до 2030 года»– Режим доступа: <http://government.ru/docs/16757/>

137. Посыпанов, Г.С. Энергетическая оценка экологии возделывания полевых культур: Монография / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов. – М.: изд-во МСХ, 1995. – 327 с.

138. Потрясаев, А.А. Эффективность способов обработки почвы и удобрений при возделывании кукурузы на зерно в условиях юго-западной части ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук /А.А. Потрясаев. – Курск, 2009. – 18 с.

139. Поливаев, О.И. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства [Текст]: учебник / О.И. Поливаев, В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – 319 с.

140. Прочность, устойчивость, колебания: справочник / под ред. И. А.Биргерта, Я. Г. Пановко. — М. : Машиностроение ,1986. – 438 с.

141. Программа для ЭВМ № 2020615367 Российская Федерация, Определение силовых параметров при работе тросового корректора машинно-тракторного агрегата / Кузнецова О.А., Щитов С.В., Поликутина Е.С., Гончарук А.И., Слепенков А.Е., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2020611833; заявл. 20.02.2020; Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 21.05.2020

142. Программа для ЭВМ № 2020615250 Российская Федерация, Программа измерения параметров распределения вертикальной нагрузки бороновального машинно-тракторного агрегата / Кузнецова О.А., Щитов С.В., Поликутина Е.С., Слепенков А.Е., заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. агр. университет.- № 2020612131; заявл. 27.02.2020; Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.05.2020

143. Пчелинин, И.К. Применение уравнений кинематических связей для исследования устойчивости движения и управляемости автомобиля с помощью аналоговых математических машин / И.К. Пчелинин, А.А. Хачатуров // Автомобильная промышленность. –1966. – №5. – С.19 – 25.

144. Рехлицкий, О.В. Рациональное распределение массы по опорам самоходного кормоуборочного комбайна [Текст] / О.В. Рехлицкий, Ю.В. Чупрынин // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2013. – № 4. – С.49-57.

145. Реймер, В.В. Обоснование методики повышения эффективности эксплуатации колёсных тракторов класса 1,4 при работе на наклонной опорной поверхности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Реймер Вадим Валерьевич– Оренбург, 2011. – 21 с.

146. Росреестр. Государственный мониторинг земель // [Электронный ресурс]Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/>

147. Саскевич, М.К. Исследование влияния смещения тягового сопротивления навешенного впереди культиватора на величины углов увода колес трактора/ М.К. Саскевич, Е.Л. Воробьев, А.М. Кононов // Совершенствование комбинированных почвообрабатывающих и посевных машин / Тр. Бел. с.-х. акад. – Горки. – 1984. – Вып. 115. – С. 46-51.

148. Селиванов, Н.И. Адаптация колесных тракторов к технологиям почвообработки / Н.И. Селиванов, Ю.Н. Макеева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 344–346.

149. Система земледелия Амурской области / под ред. В.А. Тильба. – Благовещенск: ИПК «Приамурье», 2003. – 302 с.

150. Скотников, В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В.А. Скотников, А.А. Машенский, А.С. Солонский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 383 с.

151. Скурятин, Н.Ф. Исследование кинематики движения тракторного транспортного прицепного агрегата по пересеченной местности с тягово–догрузочным устройством/ Н.Ф. Скурятин, Е.В. Соловьев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2014. – № 3(3). – С. 23–28.

152. Сметнев, С.Д. Транспортное обслуживание агропромышленного комплекса/ С.Д. Сметнев, Н.Е. Евтушенков// Автомобильный транспорт.- 1989. - №8. – С.14-18.
153. Соловьев, Е.В. Тягово-догрузочное устройство к прицепу / Е.В. Соловьев, Н.Ф. Скурятин, А.В. Бондарев // Сельский механизатор. – 2013. – № 3 (49). С. 38 – 39.
154. Соловьёв, Е.Т. Расчёт тяговых и экономических показателей тракторов и автомобилей (методические указания для курсового проектирования). - Курск: Изд-во Курской ГСХА, 2015. - 33 с.
155. Сорокин, А.А. Повышение эффективности работы универсально-пропашных тракторов в растениеводстве: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 : защищена 28.12.09 / Сорокин Александр Алексеевич – Оренбург, 2009. – 221 с.
156. Сорокин, Н.Т. Перспективы технической и технологической модернизации в АПК /Н.Т. Сорокин //Земледелие. – 2008. – №3. – С. 3-5.
157. Старцев, С.В. Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК / С.В. Старцев, Ю.Ф. Лявин, Д.Г. Горбань. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2015.
158. Стеновский В.С. Обоснование параметров двигателя колесного трактора для эксплуатации на негоризонтальной опорной поверхности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01, 05.20.03 / Стеновский Вячеслав Сергеевич. – Оренбург, 2014. – 20 с.
159. Стеновский, В.С. Стабилизация транспортного средства на наклонной поверхности / В.С. Стеновский, В.В. Реймер, С.В. Юмакаева // Сельский механизатор. – 2011. – №5. – С. 12.
160. Сюмак, А.В. Результаты освоения ресурсосберегающей технологии и технических средств в хозяйствах Амурской области/ А.В. Сюмак, В.В. Русаков, В.А. Мунгалов // Техника в сельском хозяйстве. - 2010. - №6. - С. 11-13.
161. Тарасенко, Б.И. Обработка почв: Монография /Б.И. Тарасенко. – Краснодар, 1987. – 137 с.

162. Тарасова, С.В. К вопросу повышения технологичности мобильных энергетических средств в условиях склонного земледелия / С.В. Тарасова, Н.Г. Егорова, Ю.С. Рябова // Сборник научных трудов научно-практического форума «Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решений». -Кинель- 2015.- С. 99 – 102.

163. Тарасова, С.В. Обоснование способа курсовой стабилизации колёсного трактора при выполнении сельскохозяйственных операций на наклонной опорной поверхности: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ Тарасова Сария Валеевна. -Оренбург, 2015.-158 с.

164. Тенденции развития малотоннажных автопоездов, пути повышения активной безопасности, траекторной устойчивости и плавности хода, Л.А. Михолап, Ю.Я. Комаров, В.С. Андрев, В.А. Короляш, Г.П. Барабанов// Известия Военной академии Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого. — 2012. – № 250. С. 217–222

165. Трепененков, И.И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов / И.И. Трепененков. – Москва: Машгиз, 1963. – 271 с.

166. Ушачев, И.Г. Научное обеспечение Государственной программы развития сельского хозяйства /И.Г. Ушачев //АПК: экономика, управление. – 2008. – №3. – С. 7.

167. Фаробин Я.Е., Овчаров В.А., Кравцова В.А. Теория движения специализированного подвижного состава: Учебное пособие. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981. – 160 с

168. ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vniiesh.ru> (дата обращения: 05.04.2020).

169. Филонов, В.С. Эффективность использования тракторов на транспортных работах// В.С. Филонов// сб.науч. тр ВНИПТИМЭСХ.- Ростов,1965.– Вып.8. – С.110-117.

170. Фролова, Г.Н. Исследование тягово-сцепных свойств трактора МТЗ-82 со сдвоенными колесами при криволинейном движении в условиях Дальнего Востока: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 22.12.04 / Фролова Галина Николаевна. – Благовещенск, 2004.

171. Харченко, Ю.А. Теоретическое обоснование и практическое применение минимальных обработок почвы в технологии возделывания подсолнечника на слитых черноземах Республики Адыгея //Современные проблемы АПК. – Майкоп, 2008. – С. 125-129.

172. Хижняк, А.А. Экономическая эффективность новой сельскохозяйственной техники / А.А. Хижняк, А.С. Зинякин, Е.В. Шеврина. – Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 1997. – 38 с.

173. Худовец В.И., Щитов С.В., Использование многоосных энергетических средств класса 1,4: Монография. ДальГАУ. – Благовещенск. – 2013. – 153 с.

174. Хухуни, Т.В. Влияние бокового крена на устойчивость движения колесного трактора, // Чай. Культура и производство А I. – Тбилиси, 1963. С. 148 – 162. 1

175. Чудаков, Д.А. Основы теории и расчета тракторов и автомобилей / Д.А. Чудаков. – Москва: Колос, 1972. – 364 с.

176. Черкасов, Г.Н. Главные принципы ведения земледелия на ландшафтной основе /Г.Н. Черкасов, А.П. Щербаков //Земледелие. – 2001. – №6. – С. 16-17.

177. Черкасов, Г.Н. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованы /Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин //Земледелие. – 2006. – №6. – С. 20-22.

178. Чуданов, И.А. Ресурсосберегающие системы обработки почвы в Среднем Поволжье: Научное издание /И.А. Чуданов. – Самара, 2006. – 236 с.

179. Шабаев, А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья: Монография /А.И. Шабаев. – Саратов, 2003. – 284 с.

180. Шишлов, С.А. Качественная предпосевная обработка почвы и посев - залог высокого урожая сои / С.А. Шишлов, А.А. Редкокашин, М.С. Шапарь // Научное обозрение. – 2015. - №15. – С. 23-27.

181. Щитов, С.В. Влияние перераспределения сцепного веса между мостами трактора на ширину захвата, буксование и производительность машинно-тракторного агрегата/ С.В.Щитов [и др.]// Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо».-2017.-№1(27).

182. Щитов, С.В. Пути повышения агротехнической проходимости колёсных тракторов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур Дальнего Востока: дис...д-ра техн. наук: 05.20.01. Благовещенск, 2009.- 325 с.

183. Юшкевич, Л.В. Ресурсосберегающая система обработки и плодородие черноземных почв при интенсификации возделывания зерновых культур в южной лесостепи Западной Сибири: Дис. ... д-ра с.-х. наук /Л.В. Юшкевич. – Омск, 2001. – С.491.

184. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики: учебник / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – 16-е изд., стереотип. – М.: КНОРУС, 2011. – 608 с.

185. Ateheme, Pierre. AGRIP des tracteurs 4×4 pour exploitation forestiere. Pt.2/ Pierre Ateheme// Foret privee, 2001. — № 262. — p.230–231.

186. Bhagat, R.M. Effect of tillage and residue management sillage, seedbed preparation and erosion control /R.M. Bhagat //Wheat and wheat jmproument. Madison. Wisconsin. 1987. – №5. – P. 330-339.

187. Blumenthal R. Traktoren: Technisches Handbuch. / R. Blumenthal – Berlin: VEB Verlag Technik, 1981. – 376 s.

188. Bo Myung Kim, Jae Won Kim, Il Dong Moon, Chae Youn Oh. Optimal combination of design parameters for improving the kinematics characteristics of a midsize truck through design of experiment ./ Journal of Mechanical Science and Technology, March 2014, Volume 28, Issue 3, pp 963-969

189. Bolzern P., R. DeSantis, A. Locatelli, and D. Masciocchi. "Pathtracking for articulated vehicles with off-axle hitching"/ Control Systems Technology, IEEE Transactions on, vol. 6, no. 4, pp. 515 –523, July 1998.
190. Bye, S. Sunflower on saline soils /S. Bye //Sunflower. – 1986. – V.12. – №5. – P. 20-21.
191. Cho W., J. Yoon, J. Kim, J. Hur, and K. Yi, "An investigation into unified chassis control scheme for optimized vehicle stability and maneuverability", Veh. Syst. Dyn., vol. 46, no. 1, pp. 87–105, 2008.
192. DeSantis R., J. Bourgeot, J. Todeschi, and R. Hurteau. "Path-tracking for tractortrailers with hitching of both the on-axle and the off-axle kind," in Intelligent Control, 2002. Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on, 2002, pp. 206 – 211.
193. Experimental studies of the effectiveness of the design for the cross-axle redistribution of the weight load of the car / S.V. Shchitov., Z.F. Krivutsa, O.A. Kuznetsova// International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) ISSN 0973-4562 Volume 14, Number 24 (2018) pp. 16747-16752
https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n24_04.pdf
194. Improvement of efficiency of realization of tax-coupled properties of a movable energy motor/ Shchitov S.V, Kuznetsov E.E, Evdokimov V.G., Reshetnik E.I., Panova E.V., Khudovets V.I., Rybakov S.A., Kuznetsova O.A.// Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems(JARDCS) ISSN:1943-023X, 13-Special Issue, 2018, pp. 715-721
<http://www.jardcs.org/abstract.php?archiveid=6037>
195. Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting/ Shchitov S. V., Krivuca Z. F., Kurkov Yu. B., Burmaga A. V., Kuznetsov E. E., Mitrokhina O.P., Popova E. V.// Journal of Engineering and Applied Sciences, Year: 2018, Voiume:13, Issue:16.DOL:10.3923/jeasci.2018.6512.65.URL:<http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeasci/2018/6850-6854.pdf>

196. Kessel, W.C. Die Fruchtfolge im Zuckerrübenbetrieb noch immer von Bedeutung / W.C.Kessel //Zuckerrübe. – 1988. – №2. – S. 68-75.

197. Kim H.H and Ryu J. “Sideslip Angle Estimation Considering Short-duration Longitudinal Velocity Variation”/ International Journal of automotive Technology, Vol 12(4), 2011. – pp. 545-553.

198. Krombholz K. Fahrmechanische Betrachtungen zum Feldhacksl ereinsatz am Hang. / K. Krombholz – Dtsch, Agrartechn, M Bd 14, 1964. – №7, – s.310–314.

199. Macmillan R.H. The Mechanics of Tractor. / R.H. Macmillan – University of Melboure: Implement Performance, 2002.

200. Märländer, B. Zuckerrüben. Optimierung von Anbauverfahren. züchtungsfortschritt. Sortenwahl /B. Märländer. – Ute Bernard – Pätzold Druckerei. – 1991. – 138 p.

201. Miller, M.P. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills / M.P. Miller, M.J. Singer, D.R. Nielsen //soil Sci. Soc. America J. – 1988. – Vol.52. – №4. – P. 1133-1141.

202. Mitschke A. Aufbau und Wirung des Antiblockiersystem ABS für Nutzfahrzeuge. — Automobiltechnik Z., 1981, № 9. — s.439, 443-446.

203. Pallutt, B. Fruchtfolge entscheidet über Unkrautsdruck / B. Pallutt, P. Grubner // Landwirtschaft ohne Pflug. – 2004. – №1. – S. 14-18.

204. Ratz, D. Pfluglose Bodenbearbeitung aus praktischen Sicht / D.Ratz // Landetechnik. – 1988. – Bd 43. – №9. – S. 366-369.

205. Research in Traction and Coupling Properties of Wheeled Tractors Class 1.4 Equipped with a Trailing Weight Distribution Device/ Shchitov SV, Tikhonchuk PV, Bumbar IV, Kuznetsov E. E.// Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015 Vol. 38 (Nº 48) Year 2017 Page 35 Website: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n48/17384835.html>

206. Research Of The Influence Of The Hook Load Of The Unstable Character On The Operating Indicators Of The Energy Means / Shchitov S. V., Bumbar I. V., Sennikov V.A., Sennikova N. N., Prisyazhnaya S. P., Kuznetsov E.E.// Journal of

Mechanical Engineering Research and Developments ISSN: 1024-1752. 41(3) (2018)p.p. 47-50 <https://jmerd.org.my/jmerd-03-2018-14-17/>

207. Schertz, D.L. Conservation tillage: An analysis of acreage projections in the United States / D.L.Schertz //J. Soil Water Conserv. – 1988. – Vol.43. – №3. – P. 256-258.

208. Wanki Cho, Jaewoong Choi, Chongkap Kim, Seibum Choi, and Kyongsu Yi. Unified Chassis Control for the Improvement of Agility, Maneuverability, and Lateral Stability. // IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 61, NO. 3, MARCH 2012. — p. 1008–1029.

209. Wilkins, D.E. Management of grain stubble for conservation-tillage systems /D.E. Wilkins, B.L. Klepper, P.E. Rasmussen //Soil. Tillage Res. – 1988. – Vol.12. – №1. – P. 25-35. (с\X производство)

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2547303

**КОРРЕКТОР ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ
НЕПОЛНОПРИВОДНОГО КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ТИПА
"МТЗ"**

Патентообладатель(ли): **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (RU)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014104631

Приоритет изобретения **10 февраля 2014 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации **11 марта 2015 г.**

Срок действия патента истекает **10 февраля 2034 г.**

*Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2590783

ПРУЖИННЫЙ РЕГУЛЯТОР ТЯГОВОЙ НАГРУЗКИ

Патентообладатель(ли): **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (RU)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015109927

Приоритет изобретения 20 марта 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 15 июня 2016 г.

Срок действия патента истекает 20 марта 2035 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2590786

**РЕГУЛЯТОР ОСЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ КОЛЁСНОГО
ТРАКТОРА**

Патентообладатель(ли): **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (RU)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015113139

Приоритет изобретения 09 апреля 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 15 июня 2016 г.

Срок действия патента истекает 09 апреля 2035 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Изюев Г.П. Изюев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2546895

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЗИЦИОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
И СНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ГРУНТ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ - УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА КОЛЕСНОГО
ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

Патентообладатель(ли): **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (RU)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013156395

Приоритет изобретения 18 декабря 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 04 марта 2015 г.

Срок действия патента истекает 18 декабря 2033 г.

*Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 155844

ОГРАНИЧИТЕЛЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА КОЛЁСНОГО ТРАКТОРА

Патентообладатель(ли): **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (RU)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015102862

Приоритет полезной модели 28 января 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 28 сентября 2015 г.

Срок действия патента истекает 28 января 2025 г.

Заместитель руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 151136

СТАБИЛИЗАТОР ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
КОЛЁСНОГО ТРАКТОРА

Патентообладатель(ли): **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (RU)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014138208

Приоритет полезной модели 22 сентября 2014 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 18 февраля 2015 г.

Срок действия патента истекает 22 сентября 2024 г.

*Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2597434

ПРУЖИННЫЙ СТАБИЛИЗАТОР КОЛЁСНОГО ТРАКТОРА

Патентообладатель(и): **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (RU)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015117329

Приоритет изобретения 06 мая 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 22 августа 2016 г.

Срок действия патента истекает 06 мая 2035 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.Н. Ишаев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2590789

СТАБИЛИЗАТОР НАГРУЗКИ УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА
КОЛЁСНОГО ТРАКТОРА

Патентообладатель(ли): **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (RU)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015114193

Приоритет изобретения 16 апреля 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 15 июня 2016 г.

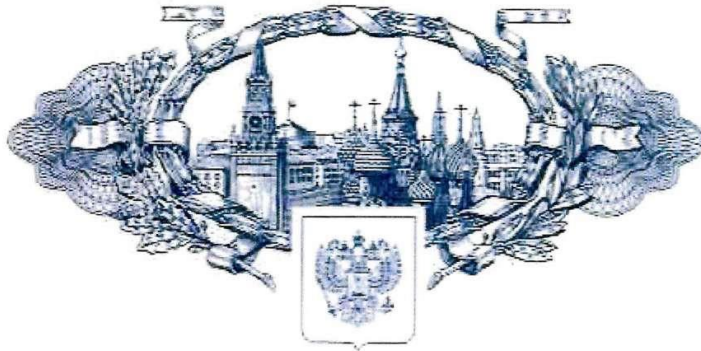
Срок действия патента истекает 16 апреля 2035 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2578903

**ПРУЖИННЫЙ СТАБИЛИЗАТОР УСТОЙЧИВОСТИ
КОЛЁСНОГО ТРАКТОРА ТИПА "МТЗ"**

Патентообладатель(ли): **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (RU)**

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014148012

Приоритет изобретения **27 ноября 2014 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации **01 марта 2016 г.**

Срок действия патента истекает **27 ноября 2034 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.И. Иванов Г.И. Иванов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 192386

Стабилизатор поперечной устойчивости колёсного трактора

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ) (RU)*

Авторы: *Кузнецов Евгений Евгеньевич (RU), Щитов Сергей Васильевич (RU), Кривуца Зоя Федоровна (RU), Поликутина Елена Сергеевна (RU), Панова Елена Владимировна (RU), Кузнецова Ольга Александровна (RU), Авняв Михаил Александрович (RU)*

Заявка № 2019116414

Приоритет полезной модели 28 мая 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 16 сентября 2019 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 28 мая 2029 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020615367

Определение силовых параметров при работе тросового корректора машинно-тракторного агрегата

Правообладатель: **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (RU)**

Авторы: **Кузнецов Евгений Евгеньевич (RU), Щитов Сергей Васильевич (RU), Гончарук Алексей Иванович (RU), Поликутина Елена Сергеевна (RU), Кузнецова Ольга Александровна (RU), Слепенков Александр Евгеньевич (RU), Щитков Артём Николаевич (RU), Ус Семён Сергеевич (RU)**

Заявка № 2020611833

Дата поступления 20 февраля 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 21 мая 2020 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020615250

Программа измерения параметров распределения
вертикальной нагрузки бороновального
машинно-тракторного агрегата

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Дальневосточный государственный аграрный университет (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2020612131

Дата поступления 27 февраля 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 19 мая 2020 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО «Дальневосточный ГАУ»

Филипп

«15» 06 2020 г.
М.П.



«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель организации

С.А. Жукович



2020 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» *Николаев Н.И. А.А. Муромов, Астахов И.И. Николаев О.А.*

и представители *КФХ Жукович С.А., - глава КФХ Жукович С.А. управляющий Жукович И.Т., член КФХ Иванюк С.В.*

составили настоящий акт о том, что в период *2018-2020* г.г. в результате проведения научно-исследовательских работ по теме:

Бюджетная эффективность функционирования мобильных энергетических средств в технологии растениеводства

в процессе внедрения в производство были выполнены следующие работы: *создание и испытание мобильного механизма трактора МТЗ-80 с устройством для повышения производительности на полях работы*

экономический эффект которых составил *на балансе (ПЛН 5-35) - 86910 руб., на закупку техники КПСН - 109 114 руб., на средства механизации*

Предложения по дальнейшему внедрению результатов:

Рекомендовать *использовать трактор МТЗ-80 с устройством для повышения производительности в технологии растениеводства*

Представители ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

Николаев Н.И. Муромов А.А.

Астахов И.И. Николаев О.А.

Представители предприятия

управляющий И.Т. Жукович

член КФХ Иванюк С.В. Иванюк

С.А. Жукович

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО
«Дальневосточный ГАУ»

И.И.И.

«15» 06 2020г.
М.П.



«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель организации

С.В. Макашов
«1» июля 2020г.
М.П.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и
технологических работ

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Дальневосточного
государственного аграрного университета Начальник НИЧ Мурашов А.В.,
ассистент Кузнецова О.В.

и представители КРХ, Заречное; глава КРХ Макашов С.В.
агроном Грачев В.В., член колхоза Сидяева Т.В.

составили настоящий акт о том, что в период 2018-2020 г.г. в
результате проведения научно-исследовательских работ по теме:

Исследование эффективности использования топливных и энергетических ресурсов в тепличном растениеводстве
в процессе внедрения были выполнены следующие работы: сравнительная
хозяйственная оценка использования трактора МТЗ 80 с устройством
для улучшения поперечной устойчивости на
полевых и тракторных работах
экономический эффект составил на тракторных работах (ЕПТС-6) -
112946 руб/год, на волежке (ПЛН Б-35) - 16421 руб/год.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов:

Рекомендовать использование трактора МТЗ 80 с устройством для
улучшения поперечной устойчивости в тепличном КРХ, Заречное

Представители ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ

Нач. НИЧ Мурашов А.В.
ассистент Кузнецова О.В.

Представители предприятия

Агроном Грачев В.В.
Член колхоза Сидяева Т.В.

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО
«Дальневосточный ГАУ»


«15» 06 2020 г.
М.П.



«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель организации


«15» 06 2020 г.
М.П.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и
технологических работ

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Дальневосточного
государственного аграрного университета Назовкин Н.И.Г. Муратов А.А.
Астурин С.А.

и представители ООО «Димское»: И.И. Ивашев Н.Р.
Соловьев Ю.Р., Черникова Ю.В.

составили настоящий акт о том, что в период 2019-2020 г.г. в
результате проведения научно-исследовательских работ по теме:

Повышение эффективности функционирования мобильных
аграрных средств в технологии растениеводства
в процессе внедрения были выполнены следующие работы: сравнительная
оценка фактора МТЗ-80 с МСХС на тракторных и
полевых работах

экономический эффект составил на культивации 43660 руб.,
на вспашке 11560 руб., на тракторных перевозках - 31940 руб.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов:

Рекомендовать использование фактора с МСХС в технологии
растениеводства ООО «Димское».

Представители ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ
Наз Н.И.Г. Муратов А.А.
Астурин С.А.

Представители предприятия
Ивашев Н.Р.
Черникова Ю.В.
Соловьев Ю.Р.

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО
«Дальневосточный ГАУ»«15» 06 2010 г.
М.П.

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель организации



2010 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и
технологических работМы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Дальневосточного
государственного аграрного университета Начальник НИИ Муратов А.А.
ассистент Гущицкая О.А.и представители ООО 'Сойуз', агроном Вандарев С.А.,
бригадир Серпинников Р.С.составили настоящий акт о том, что в период 2018-2020 г.г. в
результате проведения научно-исследовательских работ по теме:Завышение эффективности функционирования мобильных
энергетических средств в технологии растениеводства
в процессе внедрения были выполнены следующие работы: сравнительные
испытания и тестовые испытания трактора МТЗ-80
с устройством для стабилизации курсовой устойчивости
в условиях сложного рельефаэкономический эффект составил на транспортировку перевозок 11260 руб.
на бороновании (БРТ-3М) - 118200 руб., на культивации
(КПС-4М) - 86920 руб./год

Предложения по дальнейшему внедрению результатов:

Рекомендовать использование трактора МТЗ-80 с устройством
для стабилизации курсовой устойчивости в технологии растениеводстваПредставители ФГБОУ ВО «Дальневосточный ГАУ»
Нач. НИИ Муратов А.А.
ассистент Гущицкая О.А.

Представители предприятия

Агроном Вандарев С.А.
бригадир Серпинников Р.С.