

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



На правах рукописи

Шуравин Александр Александрович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ
АГРЕГАТОВ НА БАЗЕ КОЛЁСНЫХ ТРАКТОРОВ**

Специальность

4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного
комплекса»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук, доцент
Кузнецов Е.Е.

Благовещенск – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО АПК, АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ И СТЕПЕНЬ РАЗРАБОТАННОСТИ ТЕМЫ.....	16
1.1 Основные показатели отрасли растениеводства Амурской области и анализ деятельности хозяйствующих субъектов.....	16
1.2 Современное состояние средств механизации в агропромышленном комплексе Амурской области и направления его развития.....	24
1.3 Направления повышения эффективности сельскохозяйственного производства в КФХ области	34
1.4 Классификация тягово-сцепных устройств и обоснование оптимальной конструкции ТСУ.....	37
1.5 Анализ исследований по повышению эффективности использования энергетических средств в сельском хозяйстве на полевых и транспортных работах	41
1.6 Обзор предлагаемых методик и технических решений повышения устойчивости при движении колёсных энергетических средств.....	46
1.7 Выводы	52
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА.....	54
2.1 Методологическое обоснование необходимости инженерного поиска и конструктивного исполнения технического решения задачи по повышению продольной устойчивости	54
2.2 Обоснование механизма формирования нормальных реакций почвы на двигатели энергетического средства.....	60

2.3 Распределение нагрузки звеньев агрегата при движении ТТА на подъём	67
2.4 Распределение нагрузки звеньев агрегата при движении ТТА на спуске	73
2.5 Распределение нагрузки при движении ТТА с БРУ по горизонтальной поверхности.....	78
2.6 Теоретические исследования по повышению устойчивости тракторно-транспортного агрегата с БРУ против опрокидывания при галопировании.	84
2.7 Применение эмулирования и 3-D моделирования предлагаемой конструкции и производственных процессов при теоретических исследованиях	86
2.8 Теоретические исследования по расчёту показателей производительности экспериментального агрегата.....	94
2.9 Выводы по главе.....	96
3 МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	98
3.1 Объекты и задачи, общая методика проведения экспериментальных исследований.....	98
3.2 Объекты и условия проведения экспериментальных исследований.....	99
3.3 Средства измерений экспериментальных параметров.....	108
3.4 Определение и измерение технологических параметров.....	112
3.4.1 Определение пройденного пути, скорости движения и частоты вращения ведущих колёс.....	112
3.4.2 Определение массы перевозимого груза, массы транспортного средства	114
3.4.3 Определение расхода топлива трактором	116
3.4.4 Измерение амплитудных колебаний при взаимных отклонениях и перемещении звеньев агрегата в движении.....	118
3.4.5 Измерение углов наклона поверхности движения.....	122

3.5 Методика проведения сравнительных хозяйственных испытаний.....	123
3.6 Методика математической обработки экспериментальных данных	125
3.6.1 Оценка точности измерений.....	125
3.6.2 Статистическая обработка экспериментальных данных.....	126
3.7 Выводы по главе.....	129
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ	130
4.1 Результаты экспериментальных исследований по определению устойчивости звеньев агрегата при передвижении ТТА по сельскохозяйственным дорогам и дорогам общего пользования.....	130
4.1.1 Результаты экспериментальных исследований по определению колебаний переднего управляемого моста при передвижении ТТА по сельскохозяйственным грунтовым дорогам и дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием.....	134
4.1.2 Результаты экспериментальных исследований по определению колебаний заднего ведущего моста при передвижении ТТА по сельскохозяйственным грунтовым дорогам и дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием.....	142
4.1.3 Результаты экспериментальных исследований по определению колебаний узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» при передвижении ТТА по сельскохозяйственным грунтовым дорогам и дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием.....	150
4.2 Результаты экспериментальных исследований по определению продольной устойчивости звеньев агрегата при передвижении ТТА по сельскохозяйственным дорогам в условиях склоновых земель.....	158
4.2.1 Результаты экспериментальных исследований по определению продольной устойчивости звеньев агрегата при движении ТТА на подъём.....	158

4.2.2 Результаты экспериментальных исследований по определению продольной устойчивости звеньев агрегата при движении ТТА на спуск по грунтовым дорогам.....	165
4.3 Сравнение полученных результатов и значений эксплуатационных коэффициентов.....	170
4.4 Результаты сравнительных хозяйственных испытаний.....	174
4.5 Выводы.....	176
5. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТТА С БУКСИРНО-РАСПРЕДЕЛЯЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ.....	179
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	182
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	185
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	205

ВВЕДЕНИЕ

В рамках достижения полной продовольственной безопасности, технологической самостоятельности и экономической автономности государства перед современным агропромышленным комплексом Амурской области поставлена задача по повышению объёма производства продукции растениеводства. Достичь этих показателей возможно за счёт применения новых сортов семян, применения интенсивных технологий возделывания и высокопроизводительной техники, а также введения в севооборот новых, нуждающихся в рекультивации(мелиорации) или залежных земельных площадей, так как в настоящее время в региональное производство вовлечены практически все пахотные земли, имеющие равнинный рельеф местности или участки с уклоном до 6 градусов.

Поэтому с учётом перспективного расширения объёмов сельскохозяйственных площадей необходимы разработка и применение технических и технологических решений, способствующих культурному освоению мелкоконтурных земельных участков, в основном географически расположенных в северной и центральной сельскохозяйственных зонах области, имеющих большой угол уклона или подъездные пути с высокой продольной или поперечной крутизной дорог, и которые в настоящее время в регионе не используются из-за отсутствия специальных энергетических средств как для их обработки, так и для вывоза урожая с полей. При этом использование многоцелевых автомобилей для этих целей не всегда рационально вследствие их невысоких тягово-сцепных свойств и ограничено условиями безопасности движения, предъявляемым к конструкции.

Установлено, что эти земельные площади обычно находятся в ведении крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ), которые не в состоянии, вследствие недостаточности оборотных финансовых средств, приобрести специализированные энергетические средства, способные реализовывать заложенные конструкцией функции, на рассматриваемых участках земельных

площадей, а их мелкоконтурная структура (менее 15 гектаров) не позволяет использовать для обработки более энергонасыщенную или широкозахватную технику.

Учитывая, что в общем объёме регионального производства крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями собрано 21,9% зерна, 31,4% сои, 14,0% картофеля и 18,3% овощных культур (по данным на 1.02.2023 года) решить поставленную Правительством РФ и региональным Министерством сельского хозяйства задачу по дальнейшему увеличению объёма производства сельскохозяйственной продукции без полного использования производственных мощностей КФХ, их максимальной интенсификации и применения способов повышения эффективности в региональных условиях не представляется возможным.

Таким образом, для использования мелкоконтурных участков, а также полей и дорог, имеющих большой угол склона, необходимо совершенствовать имеющиеся в наличии КФХ энергетические средства. Анализ средств механизации в КФХ Амурской области показал, что основным энергетическим средством в малых хозяйствах является моноблочный колёсный трактор типа «МТЗ» класса 1.4-2, что определило направления исследований за счёт модернизации их конструкции и внедрения новых технических решений, позволяющих повысить эксплуатационно-технологические возможности данного типа тракторов. В связи с чем проводимые исследования являются современными и актуальными, решают насущные и важные задачи агропромышленного комплекса как Амурского региона, так и для всего Дальнего Востока России в целом.

Степень разработанности темы Повышению продольной и траекторной устойчивости, стабилизации движения в условиях склоновых поверхностей, эффективности использования мобильных энергетических средств (МЭС) в агропромышленном комплексе посвящен ряд работ научных работников 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.Скрятина, С.Д. Сметнева, И.И. Трепененкова, В.С. Филонова и 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 тракторной устойчивости и движения сельскохозяйственных комплексов и принципы формирования агрегатов на основе результатов опытных исследований рассматривались в работах П.А. Амельченко, Е.М. Асманкина, А.В.Богданова, В.И. Беляева, А.В. Войтикова, В.В. Гуськова, И.С.Житенко, В.Е.Красильникова, Г.М.Кутькова, А.Н.Кушнарёва, 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 продольной и тракторной устойчивости, повышения тягово-сцепных свойств МЭС и снижения опрокидывания является стабилизация взаимных колебаний трактора и прицепа в различных условиях движения, а

также рациональное перераспределение веса в конструкции ТГА в зависимости от условий использования, при этом исследованные конструктивные особенности моноблочного трактора колёсной схемы 4К2 и 4К4 позволяют произвести изменение нагрузки на движители при применении быстросъёмных дополнительных оригинальных корректирующих устройств без внесения значительных изменений в конструкцию трактора.

Учитывая, что в известном уровне техники недостаточно исследованным остаётся вопрос влияния перераспределения сцепного веса и стабилизации колебаний звеньев агрегата на продольную устойчивость и опрокидывание ТГА в условиях движения по склоновым поверхностям, характерных для дальневосточных регионов Российской Федерации, была предложена **научная гипотеза** о том, что добиться повышения эксплуатационно-технологических параметров ТГА в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при использовании в условиях мелкоконтурных полей и земельных участков, имеющих большой угол уклона возможно при изменении конструкции тягово-сцепного устройства, что позволит перераспределить сцепной вес и стабилизировать колебания звеньев агрегата.

При этом необходимо отметить, что результаты работы не только позволят расширить массив знаний о взаимодействующих элементах и условиях работы ТГА в технологии мелкоконтурного земледелия, но и имеют межрегиональную направленность при внедрении в производственные и логистические схемы. Для обоснования проведения научной работы была сформулирована **цель исследования** – установление влияния стабилизации колебаний звеньев агрегата и перераспределения сцепного веса на эксплуатационно-технологические параметры ТГА при использовании в условиях склоновых земель.

Для решения поставленной цели определены следующие **задачи исследования:**

- проанализировать особенности природно-климатических и производственных условий региона и установить их влияние на эффективность использования ТГА в условиях склоновых земель;

- предложить методологическое обоснование подбора конструкции устройств для повышения продольной и траекторной устойчивости ТГА в движении;

- выявить влияние перераспределения сцепного веса и стабилизации колебаний звеньев агрегата на продольную, траекторную устойчивость и эксплуатационно-технологические параметры ТГА в условиях движения по склоновым поверхностям;

- провести сравнительные хозяйственные испытания серийного и экспериментального ТГА в условиях движения по склоновым поверхностям;

- выполнить экономическую и топливно-энергетическую оценку проведённых исследований.

Объект исследования - процесс выполнения механизированных работ тракторно-транспортными агрегатами на мелкоконтурных полях и земельных участках, имеющих угол уклона.

Предмет исследования - изучение закономерностей, определяющих влияние перераспределения сцепного веса и стабилизации колебаний звеньев ТГА на процесс выполнения механизированных работ тракторно-транспортными агрегатами на мелкоконтурных полях и земельных участках, имеющих угол уклона.

Научную новизну представляют:

- методологическое обоснование формирования конструкции устройств для повышения продольной устойчивости и снижения опрокидывания колёсного МЭС;

- аналитические зависимости, обосновывающие повышение продольной устойчивости, перераспределение сцепного веса между звеньями ТГА, формирующиеся при воздействии буксирно-распределяющего устройства новой конструкции;

- зависимости, подтверждающие улучшение технологических параметров от условий стабилизации звеньев тракторно-транспортного агрегата в движении;

- технические решения и программные продукты, новизна, оригинальность, изобретательский уровень и промышленная применимость которых подтверждена патентами и свидетельствами Российской Федерации на интеллектуальную собственность.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработаны и проверены новые подходы к формированию методологического обоснования подбора и формирования устройств, позволяющих улучшить продольную, траекторную устойчивость, стабилизировать колебания звеньев агрегата с целью повышения эффективности их использования на мелкоконтурных полях и земельных участках, имеющих большой угол уклона. Установлено, что использование ТТА с устройством предлагаемой конструкции, предназначенным для улучшения продольной устойчивости и стабилизации колебаний звеньев ТТА, повышает величину производительности при проведении транспортных работ 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 стабилизации колебаний звеньев тракторно-транспортного агрегата.

Материалы исследований используются в КФХ «Бондаренко Н.А.» Мазановского района, КФХ «Гученко Е.А.» и КФХ «Стукун Р.В.» Ромненского района, ООО «АгроСевер-3» Шимановского района, ООО «Амур Хэ Шэн» Зейского района Амурской области. Полученные результаты и уточнения теории использования колесного МЭС с устройством для стабилизации колебаний звеньев тракторно-транспортного агрегата в технологии возделывания сельскохозяйственных культур внедрены и используются в учебном процессе на кафедре «Транспортно-энергетических средств и

механизации АПК», «Эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов» ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ.

Методология и методы исследований. Исследования по теме диссертации выполнены в Дальневосточном ГАУ в соответствии с научно-технической программой на 2021-2025 г.г. тема 8 «Мобильная энергетика» ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, номер государственной регистрации № 121022000099-61.

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 ТТА, позволяющими повысить эффективность их использования.

В теоретических исследованиях по повышению продольной устойчивости МЭС в технологии возделывания сельскохозяйственных культур использованы как известные, так и авторские математические и экспериментальные методики, методы эмулирования, 3-D проектирования, прогнозирования математического программирования, основные положения теоретической и прикладной механики, деталей машин и механизмов. Экспериментальные исследования проведены в реальных производственных условиях эксплуатации ТТА. Полученные экспериментальные данные обработаны с применением методов математической статистики, 3D - графического моделирования и использованием специализированных программ для ЭВМ Blender, КОМПАС-3D v.20, Mathcad и SigmaPlot v.11.0.

Основные положения, выносимые на защиту:

- методологическое обоснование формирования конструкции устройств для повышения продольной устойчивости и снижения опрокидывания колёсного МЭС;

- аналитические зависимости, обосновывающие повышение продольной устойчивости, перераспределение сцепного веса между звеньями ТТА, формирующиеся при воздействии буксирно-распределяющего устройства новой конструкции;

- зависимости, подтверждающие улучшение технологических параметров от условий стабилизации звеньев тракторно-транспортного агрегата в движении;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований по повышению продольной устойчивости и эффективности использования ТТА в условиях Амурской области;

- технико-экономическая оценка работы ТТА с буксирно-распределяющим устройством 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, принятой повторяемостью 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 (2020 - 2023 г.г.), региональных, национальных и международных научно-практических конференциях: «Стратегии устойчивого развития мировой науки» (Москва, 2020 г.), Актуальные вопросы развития

науки в мире (г. Москва, апрель 2021), Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития (Благовещенск, 21 апреля 2021 г.), Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития (Благовещенск, 20–21 апреля 2022 г.), Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК (Молодёжный: Иркутский ГАУ, 2022 г.), Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия (Москва, 2022 г.), Influence of natural production conditions on efficient operation of wheel tractors (BIO Web of Conferences 42, 03003, 2022 г.). «Актуальные вопросы развития науки в мире» (Москва, 2021 г.),

Результаты исследований используются в КФХ «Бондаренко Н.А.», КФХ «Гученко Е.А.», КФХ «Стукун Р.В.», ООО «АгроСевер-3», ООО «Амур Хэ Шэн» Амурской области, а также применяются в учебном процессе на кафедре «Транспортно-энергетических средств и механизации АПК» (ТЭС и МАПК) и «Эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов» (ЭиРТТМиК) 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: Известия Оренбургского государственного аграрного университета; АПК РОССИИ; Дальневосточный аграрный вестник; АгроЭкоИнфо: электронный научно-производственный журнал; International Journal of Applied Engineering Research, Fundamental and Applied Scientific Research in the Far East (AFE-2021), BIO Web of Conferences(SDGE 2021).

В список основных работ, опубликованных по теме диссертации включены 26 публикаций, в том числе 2 - в изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus, 9 статей в изданиях из перечня, рекомендованного ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, 3 патента на изобретения и полезную модель.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, состоящего из 177 наименований, в том числе 21 на иностранном языке и приложений. Общий объём работы составляет 218 страниц, содержит 140 рисунков, 5 таблиц.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО АПК, АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ И СТЕПЕНЬ РАЗРАБОТАННОСТИ ТЕМЫ

1.1 Основные показатели отрасли растениеводства Амурской области и анализ деятельности хозяйствующих субъектов

Амурская область, расположенная в юго-восточной части Дальнего Востока, обладает наиболее оптимальными природно-климатическими условиями для выращивания зерновых и бобовых культур, что определяет отрасль растениеводства, как наиболее развитую структурную составляющую валового регионального продукта. При этом фирменной культурой области является именно соя, для развития селекции которой в 1968 году для нужд Дальневосточного региона на базе Амурской государственной сельскохозяйственной опытной станции был создан и успешно работает Всероссийский научно-исследовательский институт сои, расположенный в столице области - городе Благовещенске.

В связи с принятием Правительством РФ новых законодательных актов, в условиях максимального противодействия недружественных государств, направленных на достижение полного технологического суверенитета, технической автономности во всех отраслях науки и промышленности, и продовольственной безопасности государства, чёткого соблюдения и выполнения задач стратегического развития Российской Федерации 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 и объёмной реализации регионального потенциала.

Одним из действенных механизмов реализации этих общенациональных задач является программа развития ВУЗов «Приоритет 2030». Так, в результате реализации программы развития Дальневосточного ГАУ до 2030 года в

соответствии с задачами стратегического развития Российской Федерации и Стратегией социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона, будет обеспечен переход к новой образовательной модели, отвечающей требованиям бизнес-партнеров; существенно повышена научная продуктивность и созданы условия для долговременного и качественного развития резервов кадрового потенциала региона.

Современное сельскохозяйственное производство региона характеризуется совокупностью деятельности хозяйствующих субъектов, к которым относятся крупные сельскохозяйственные организации, крестьянско-фермерские хозяйства и хозяйства населения, за которыми закреплены на правах собственности или аренды земельные площади, являющиеся пахотным потенциалом области. Анализ посевных площадей области представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1- Анализ посевных площадей области за период 1990-2022 г.г.[1,2]

Приведённые данные показывают устойчивое увеличение с 2005 года объёма вновь вводимых в сельскохозяйственный оборот посевных площадей. Вместе с тем просматривается определённый земельный потенциал в количестве более 510 тыс. га, обработка которого способна увеличить

продукцию растениеводства в области более чем на 50 процентов, из них более 34 % процентов относятся к категории мелкоконтурных полей.

Возделываемые посевные площади[1,2] позволили получить следующие показатели отрасли растениеводства, таблица 1.1.

Таблица 1.1-Основные показатели отрасли растениеводства за 2008-2022 г.г.

Показатели	2008	2009	2012	2017	2018	2020	2021	2022
Производство продукции в хозяйствах всех категорий, тыс. тонн								
Зерновые культуры	272,8	337,8	338,2	327,5	359,9	418,3	442,9	550,2
в т.ч.: кукуруза на зерно	4,5	2,7	26,7	15,6	26,7	150,0	141,8	159,4
Гречиха	7,4	3,1	12,6	9,9	12,6	20,7	16,4	18,2
Соя	304,9	412,3	724	880,12	1055,3	994,0	1156,1	1350,5
Картофель	364,8	304,7	296,0	195,08	200,9	381,6	204,5	194,3
Овощи	67,3	59,2	69,3	46,78	49,5	78,0	56,7	49,1
Урожайность, ц/га убранный площади								
Зерновые культуры	10,8	14,0	9,0	17,9	18,7	18,4	24,0	24,5
в т.ч.: кукуруза на зерно	45,5	18,5	32,3	28,2	24,8	40,0		
Гречиха	6,0	3,1	5,1	7,1	7,7	8,8	8,9	9,0
Соя	8,6	10,5	12,6	13,8	12,6	13,1	15,7	18,0
Картофель	179	148	147,1	137,6	149,0	172,7	141,1	168,1
Овощи	157	130	135	138,4	166,0	156,0	163,0	117,2

Что в суммарном денежном эквиваленте в 2022 году составило 99737 млн.руб., рисунок 1.

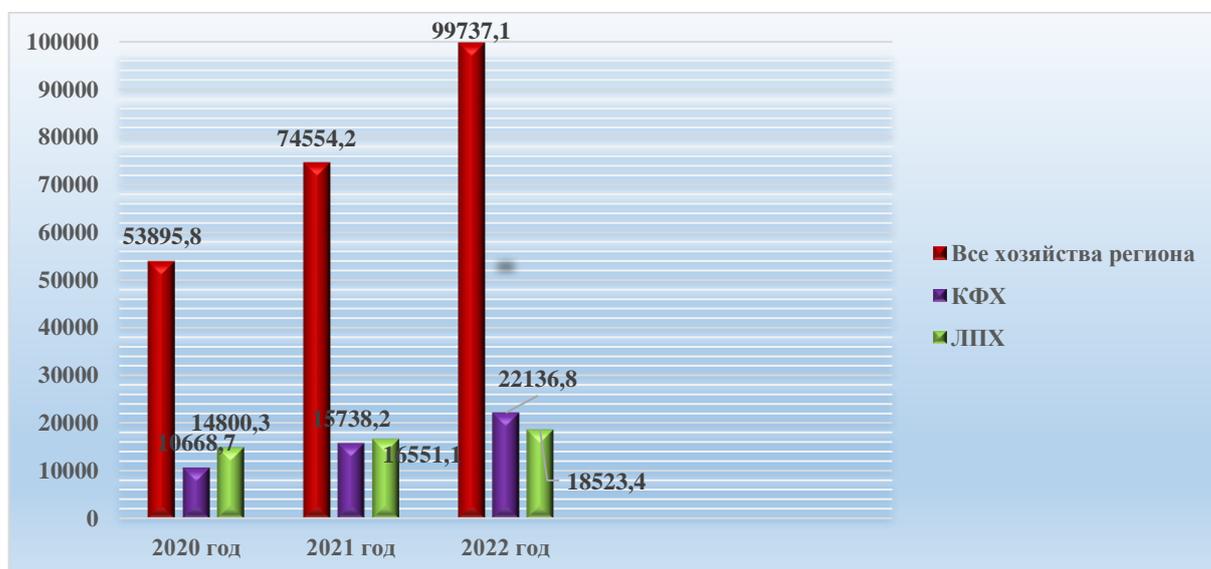


Рисунок 1.2-Стоимость продукции растениеводства Амурской области за 2022 год в динамике прошлых лет (млн.руб) [1,2]

Представленная динамика показателей валового продукта, урожайности и стоимости (Таблица 1.1) позволяет указать, что отрасль растениеводства

области динамично развивается и имеет основные базовые резервы для их дальнейшего увеличения.

При этом приведённая диаграмма (рисунок 1.2) показывает, что немаловажную роль в формировании валового регионального продукта играют крестьянско-фермерские хозяйства и личные подсобные хозяйства, которые реализовали продукции на 22,1% и 18,5 % соответственно.

Исследования структуры и объёма производства в КФХ в период 2021-2022 года показаны в виде диаграмм на рисунках 1.3-1.4. [1,2]

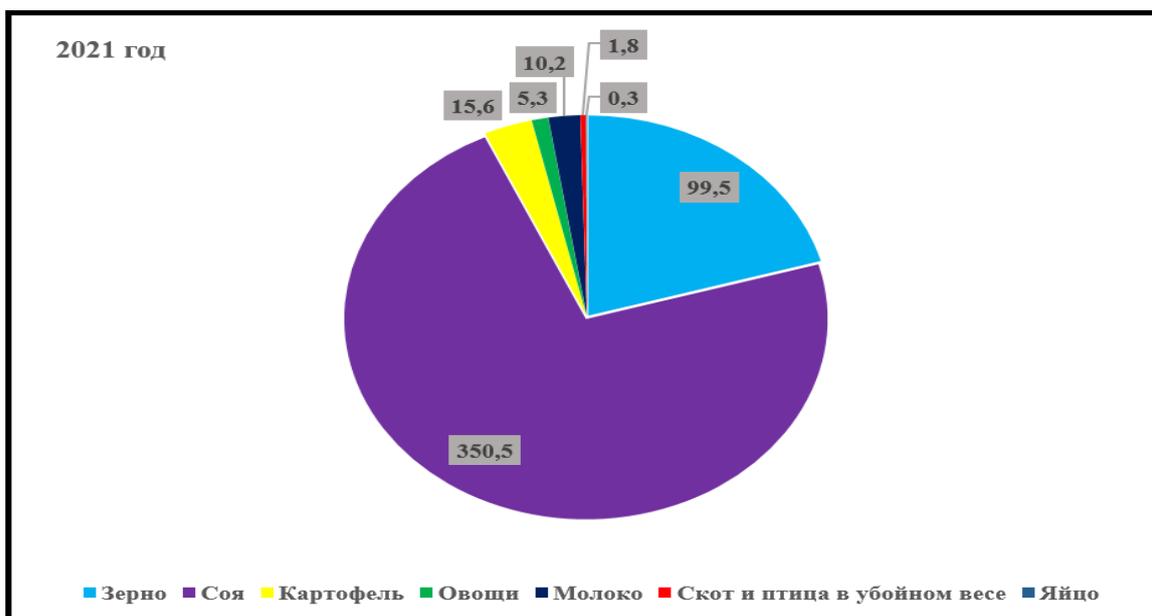


Рисунок 1.3- Структура и объёма производства в КФХ, тыс.т. (2021 год)

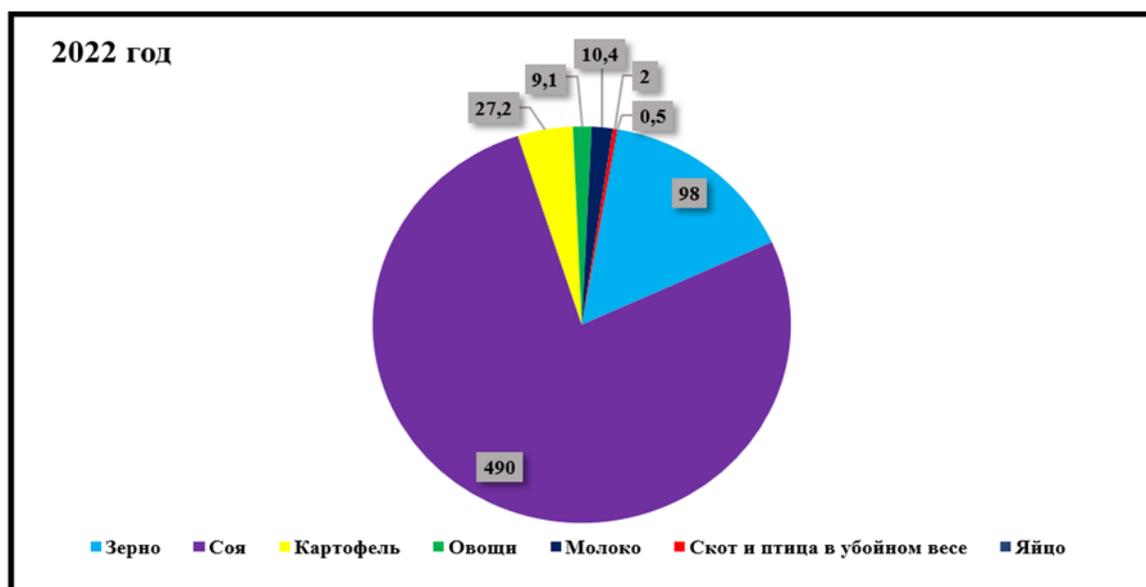


Рисунок 1.4- Структуры и объёма производства в КФХ, тыс.т. (2022 год)

Таким образом основным видом деятельности КФХ Амурской области, как показывают приведённые данные, является выращивание сои, зерновых и овощей.

Однако присутствие КФХ отражается и на такой важной отрасли сельского хозяйства, как животноводство, рисунок 1.5, что несомненно увеличивает значимость крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйств в структуре сельскохозяйственного производства региона.

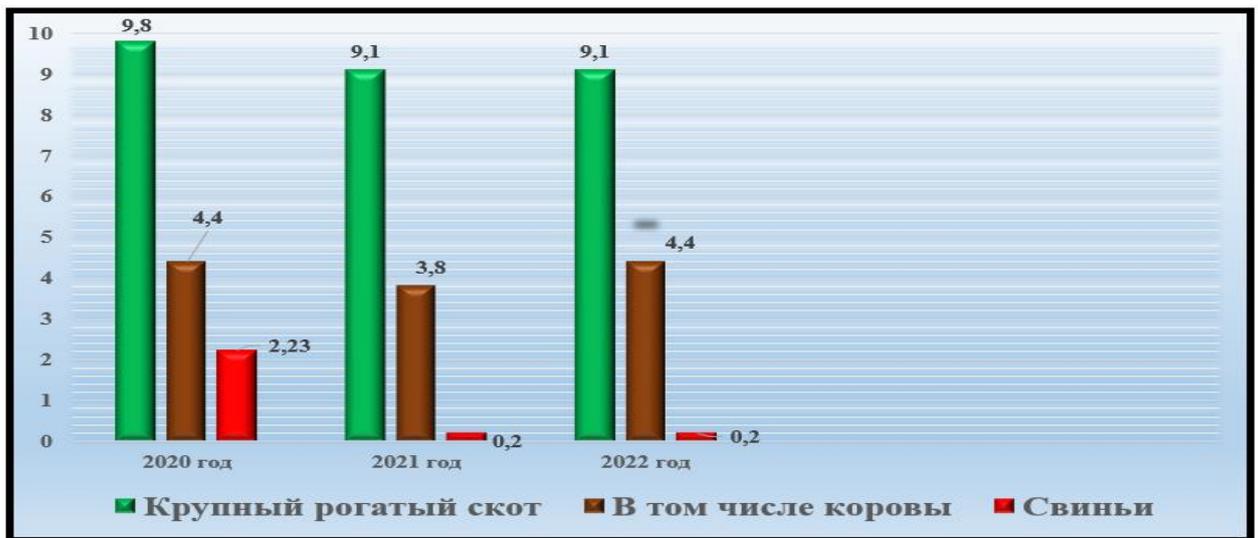


Рисунок 1.5 –Поголовье сельскохозяйственных животных в КФХ (тыс. гол.) [1,2]

При этом основное количество КФХ находится в центральной сельскохозяйственной зоне Амурской области, рисунок 1.6.



Рисунок 1.6- Региональное распределение КФХ [3]

Согласно территориальному расположению и природно-климатическим особенностям земли Амурской области условно разделены на три сельскохозяйственные зоны- Северная, Центральная и Южная, рисунок 1.7.



Рисунок 1.7- Расположение сельскохозяйственных зон на территории районов области

Основными отличительными признаками территориального распределения сельскохозяйственных зон области являются гипсометрические особенности (наличие склоновых земель различной крутизны, мелкоконтурность полей и их расположение в труднодоступных местностях), ряд почвенных и климатических особенностей, что значительно увеличивает себестоимость сельскохозяйственной продукции или делает её малорентабельной, таблица 1.2.

Показатели	Сельскохозяйственные зоны			В среднем в области
	Южная	Центральная	Северная	
Потребность в тракторах на 1000 га пашни, ед.	7,2	10,2	11,9	8,9
Потребность на выращивание 1 тонны сои:				
Основного топлива, кг	44,5	74,2	82,4	50,3
Затрат труда, чел.час	9,5	14,9	16	10,5
Рентабельность полеводства, %	57,9	-21,1	-51	29
Коэффициент энергетической эффективности выращивания кормовых культур	3,31	1,44	1,34	2,6

Таблица 1.2- Усреднённые основные показатели использования ресурсов и затрат по сельскохозяйственным зонам Амурской области[1,2]

Согласно целевым ориентирам, обозначенным Правительством области и Министерством сельского хозяйства РФ, в 2023 году посевная площадь должна быть увеличена на 140 тыс. гектаров или 13% к уровню 2022 года. Обеспеченность семенами зерновых культур и сои предприятий-сельхозпроизводителей на период весны 2023 года оценивается более чем на 100%. При чём кардинально должна быть повышена доля сортовых семян сои и зерновых, а также овощей региональной и отечественной селекции[1,2].

Среди планов по улучшению показателей высеваемых семян зерновых и бобовых культур, в целях осуществления поиска, сохранения и вовлечения в селекционный процесс генетических источников, обеспечивающих получение гибридов и форм с заданными признаками заявлено создание семеноводческого центра на базе ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, что также позволит в последствие ориентироваться на региональное автономное семеноводство и ежегодную воспроизводимость посевного материала для нужд сельхозтоваропроизводителей.

В связи с чем приведённые данные позволяют обосновать необходимые направления расширения посевных площадей для нужд растениеводства в пределах области 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.

Наличие в регионе неиспользуемых земельных запасов и посевных резервов и их постепенное экологическое и экономическое восстановление позволит аграриям области увеличить посевные площади к 2024 году до 1514,5 тыс. га, что составит 100% посевных площадей области. Вместе с тем, особое внимание необходимо уделить оптимизации структуры посевных площадей с учетом соблюдения требований севооборота, недопущению снижения посевных площадей зерновых культур, а также увеличению посева однолетних и многолетних трав.

Предполагается, что при соблюдении предлагаемых мероприятий производство зерновых культур увеличится с 417,5 тыс. тонн в 2020 году до 1066,1 тыс. тонн в 2024 году, при этом увеличение составит 648,6 тыс. тонн. Производство сои в перспективе увеличится с 978,6 тыс. тонн в 2020 году до 2177 тыс. тонн, тем самым возрастет производство зерновых культур к уровню 2020 года в 2,5 раза, сои – в 2,2 раза[1,2].

Следовательно Амурская область, обладая наибольшими посевными площадями среди всех регионов Дальнего Востока, вне сомнения, станет более экономически и аграрно развитой территорией, способной не только достичь полной продовольственной автономности, но и предложить значимые резервы для кооперации с остальными субъектами Российской Федерации. При этом в перспективе доля КФХ в формировании валового регионального продукта должна также увеличиться.

1.2 Современное состояние средств механизации в агропромышленном комплексе Амурской области и направления его развития

Производственный опыт и анализ исследований ведущих ученых, посвящённых повышению эффективности сельскохозяйственного производства, показывают, что проведение основной и дополнительной почвенной обработки в положенные агротехнические сроки, внесение удобрений и элементов, необходимых для питания культурных растений, фунгицидов и 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 низкочатратной возможности их привлечения.

Однако наличие основных средств механизации, занятых в сельскохозяйственном производстве области неуклонно снижается, рисунок 1.8 и 1.9[1,2].

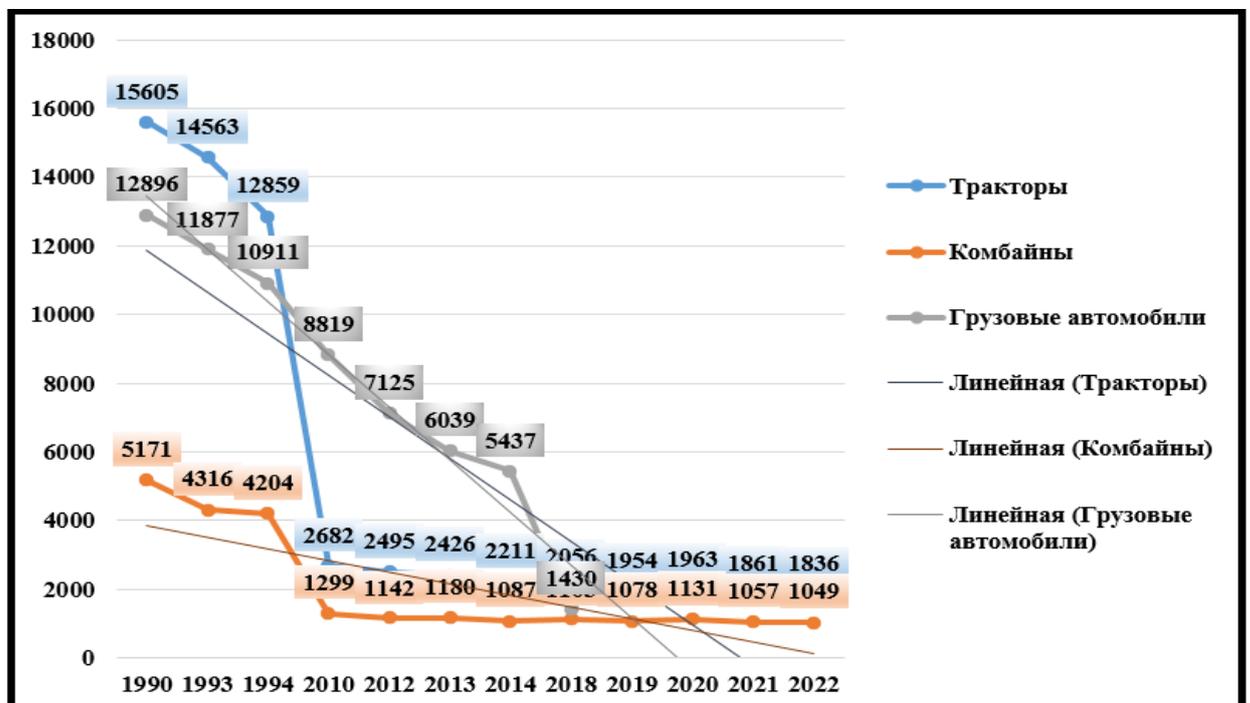


Рисунок 1.8- Наличие основных энергетических средств механизации[4]

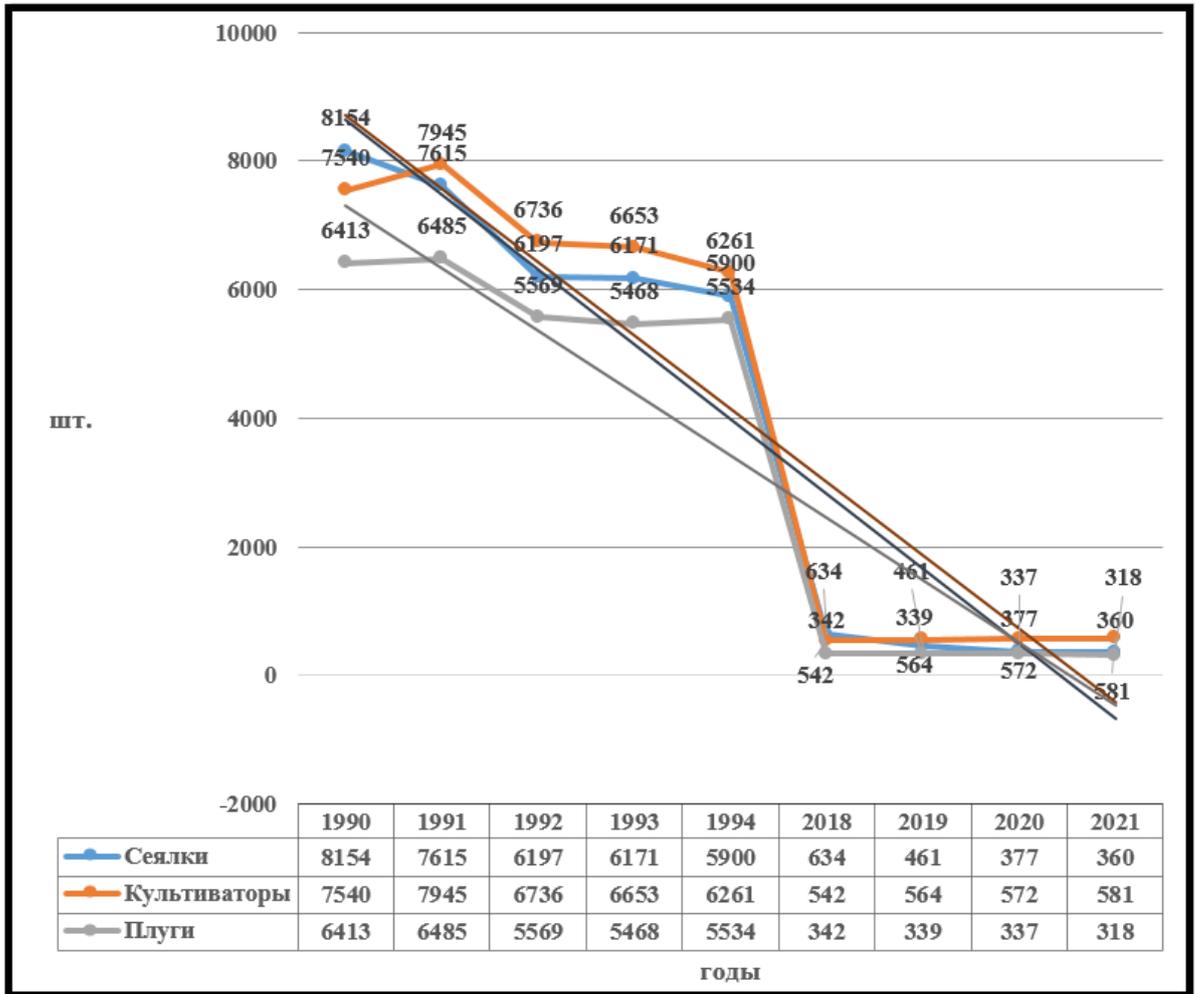


Рисунок 1.9- Наличие основных сельскохозяйственных машин и орудий

Что, учитывая срок их эксплуатации, рисунок 1.10 [1,2]

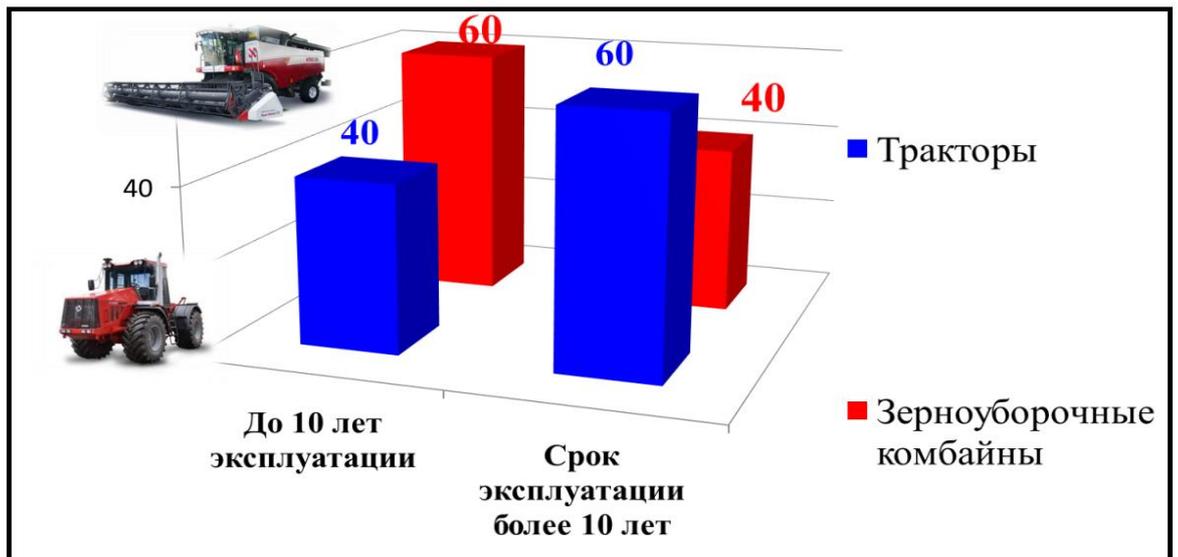


Рисунок 1.10- Состав машинно-тракторного парка области по сроку эксплуатации машин, [1,2]

повышает нагрузку на находящиеся в строю машины и энергетические средства, рисунок 1.11.



Рисунок 1.11- Расчётная нагрузка на основные виды техники в 2023 году, га [1,2]

и в соотношении со средней нагрузкой на один трактор, в частности в США, рисунок 1.12

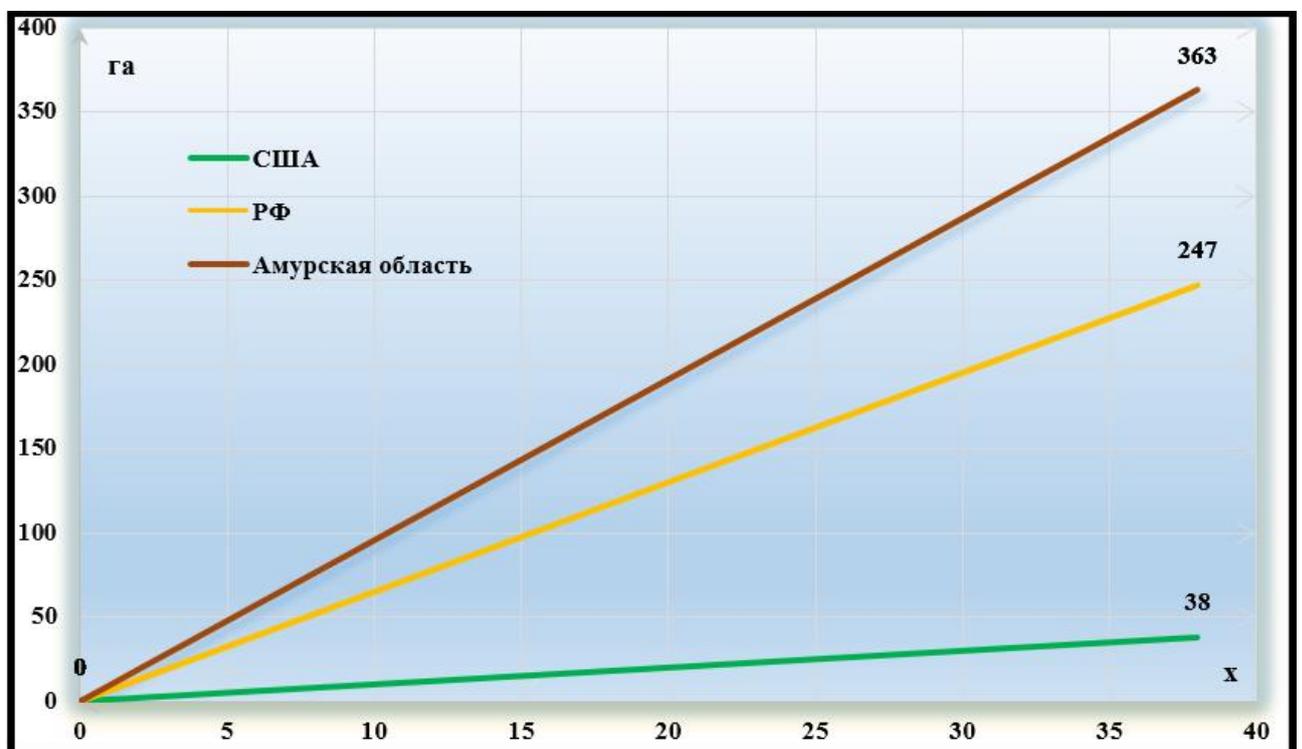


Рисунок 1.12- Нагрузка пашни на один трактор, га [1,2]

показывает, что количество энергетических средств в сельском хозяйстве региона нуждается в срочном увеличении в размерах, необходимых для качественного выполнения всего спектра сельскохозяйственных работ как в растениеводстве, так и в животноводстве. Выбытие тракторов и комбайнов из сельскохозяйственного производства по причине списания, нецелесообразности или невозможности проведения ремонтов является основной причиной снижения их количества, на порядок превышающего количество закупаемых и поставляемых энергетических средств. При чём расчётная потребность ежегодного закупа, обоснованная Министерством сельского хозяйства области, находится в пределах не менее 500 единиц тракторов и 335 комбайнов, тогда как закупается не более 188 тракторов (показатель 2021 года) и 164 комбайнов (показатель 2021 года) [1,2].

Довольно низкие темпы в обновлении машинно-тракторного парка Амурских сельскохозяйственных организаций прослеживаются уже на протяжении многих лет. Это связано не только с отсутствием в организациях собственных средств оплаты и высокой закредитованностью товаропроизводителей, но нередко и с отсутствием на рынке предложений необходимых машин и орудий, в частности предназначенных для эксплуатации в условиях движения или использования на склоновых землях или для обработки мелкоконтурных участков- категории и линейки машин, которая так необходима в КФХ для увеличения объёмов производства.

Анализ марочного состава тракторного парка, проведённый в динамике и представленный в виде диаграмм на рисунках 1.13-1.16 показывает, что в период 2015-2023 года произошло явное перераспределение в наличии колёсных тракторов, при этом отечественные марки К-700(701), К-744 и тракторы семейства Минского тракторного завода занимают всё большие показатели в общей структуре наличия энергетических средств в хозяйствах области. Что может быть объяснено востребованностью как в КФХ, так в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ), где основным энергетическим средством является именно трактор типа МТЗ.



Рисунок 1.13 – Марочный состав тракторного парка в % на 2015 год



Рисунок 1.14 – Марочный состав тракторного парка в % на 2020 год



Рисунок 1.15 – Марочный состав тракторного парка в % на 2021 год

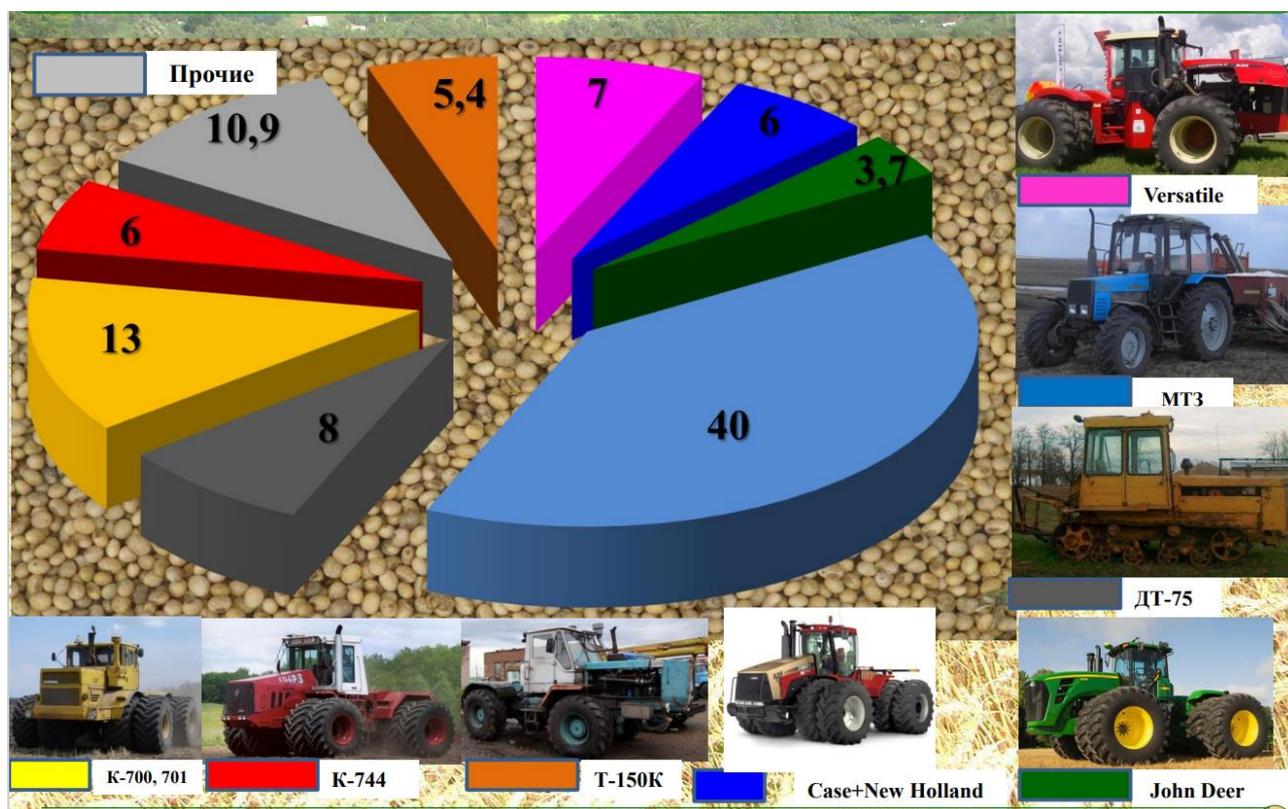


Рисунок 1.16 – Марочный состав тракторного парка в % на 2023 год [1,2]

При этом темпы обновления тракторов в хозяйствах региона, рисунок 1.17 показывают стабильную отрицательную динамику.

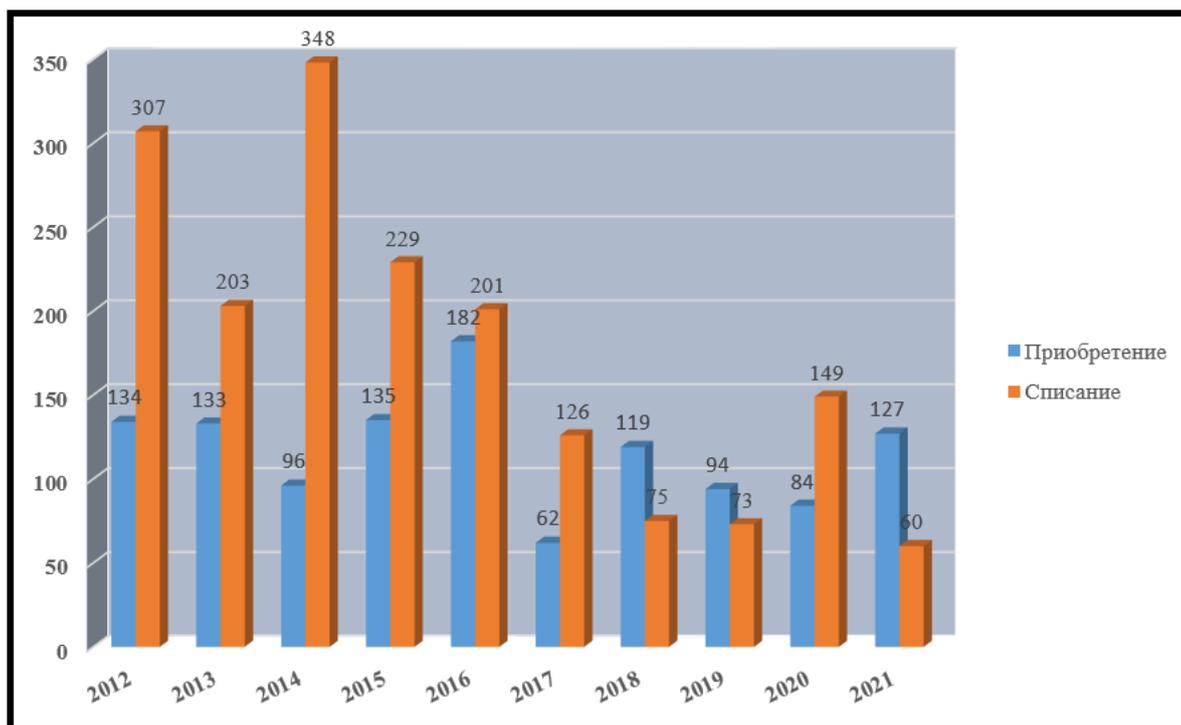
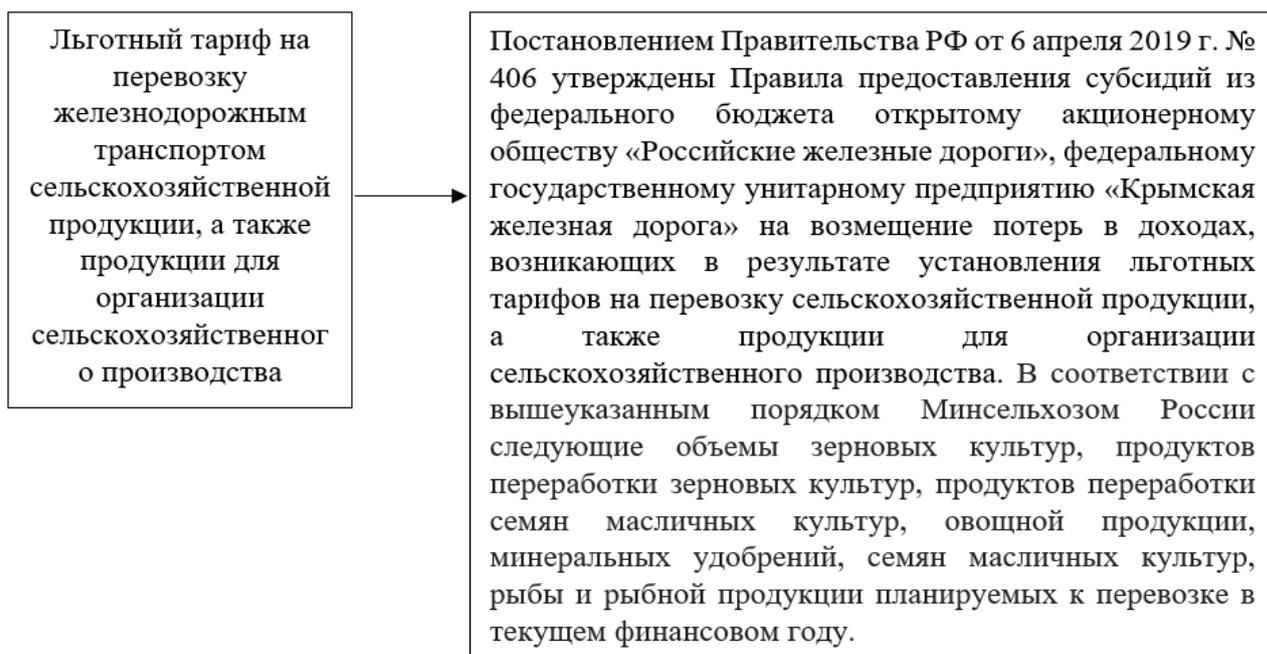


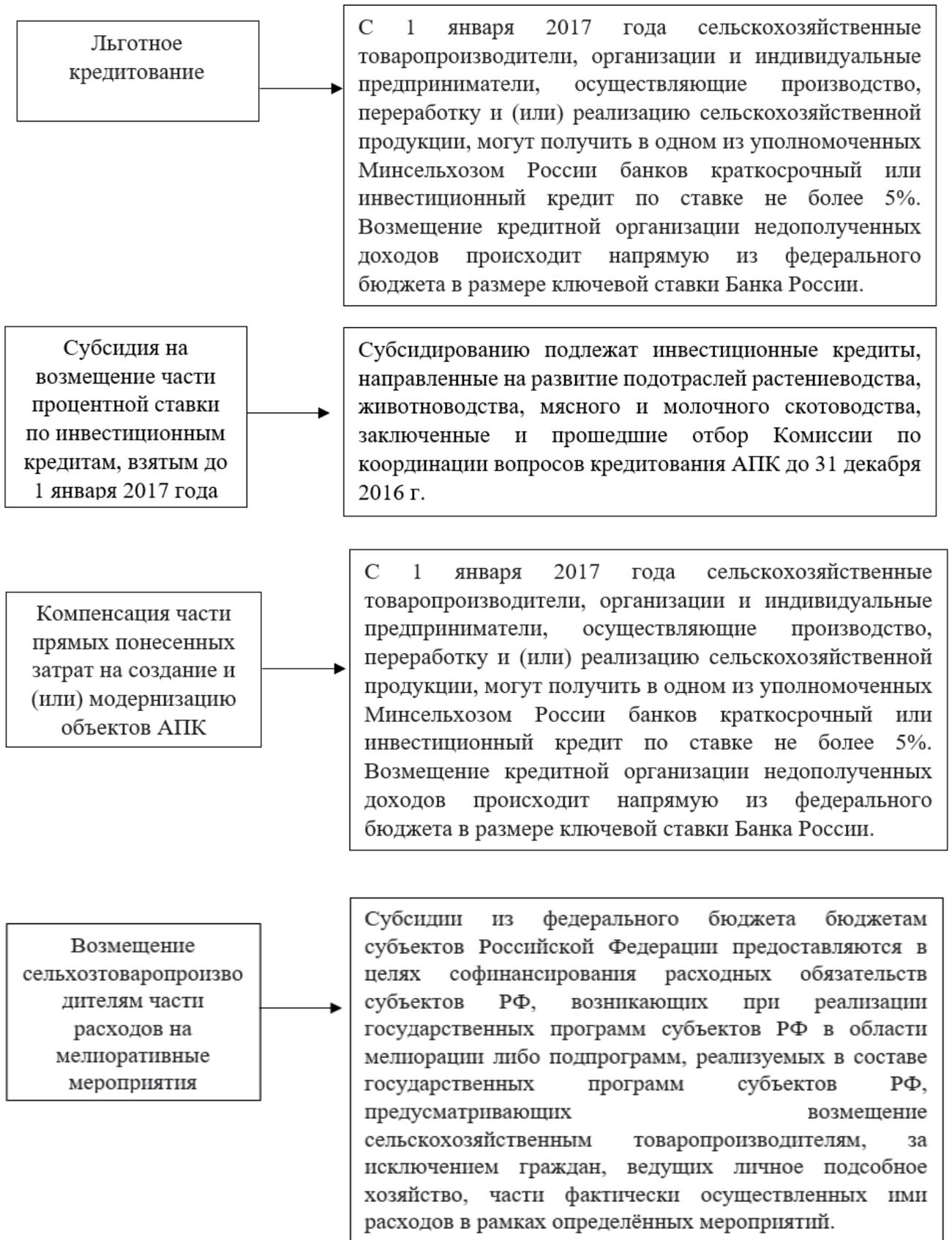
Рисунок 1.17 – Темпы приобретения и списания тракторов в хозяйствах региона, шт. [1,2,4]

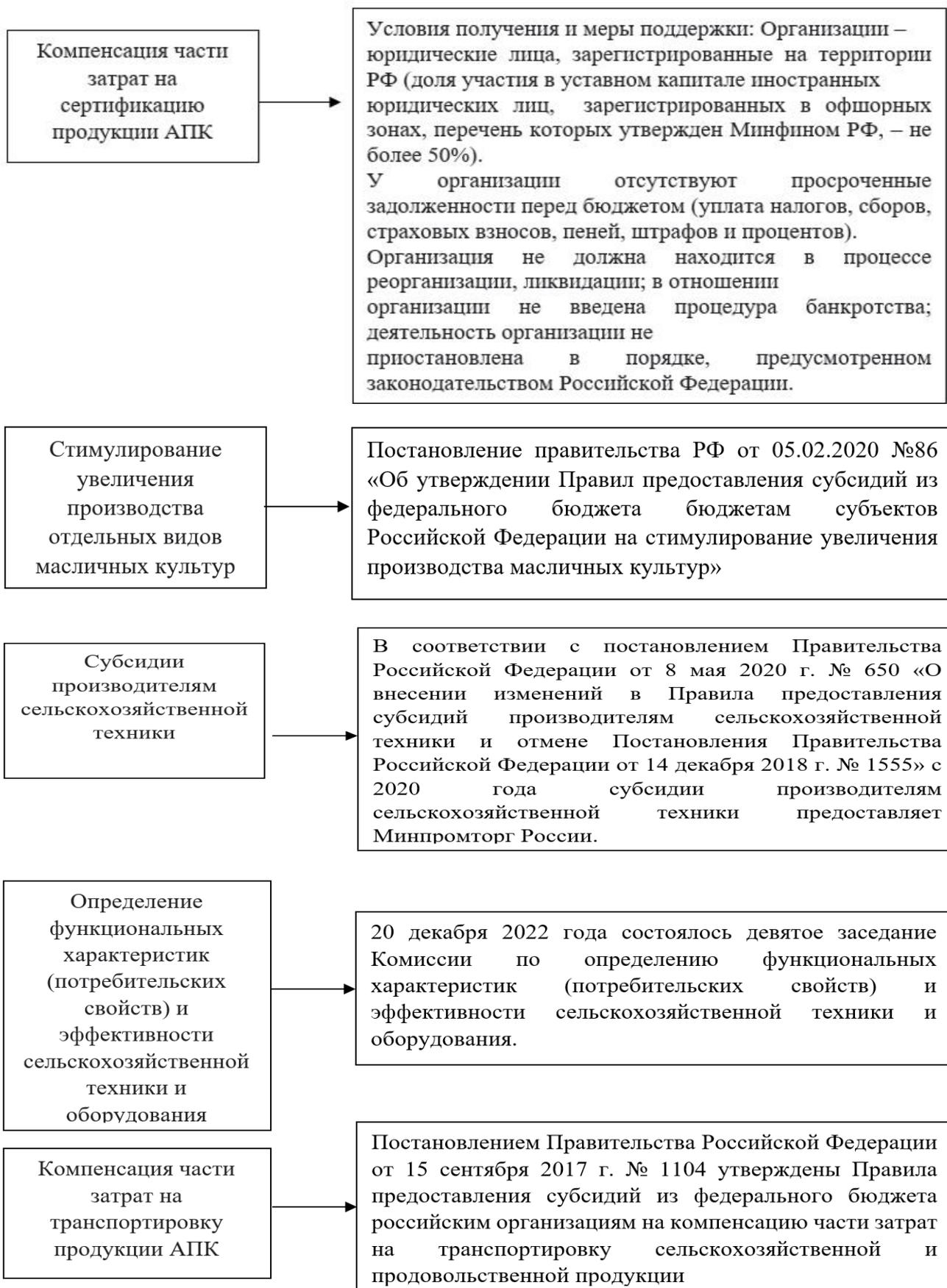
Отрицательная динамика обновления автотракторного парка сельскохозяйственных предприятий области незначительно, но компенсируется приобретением более новых энергонасыщенных и производительных комплектаций машинно-тракторных агрегатов, к которым можно отнести тракторы семейства К-744 и «Версатайл» различных модификаций. Однако трудности отечественного производства, ориентированного на поставку иностранных комплектующих и систем для этих машин, проецируются и на сельскохозяйственное производство, увеличивая как их начальную стоимость, так и стоимость последующей эксплуатации. Также эти тракторы имеют конструкционные ограничения по скорости движения, при работе на склонах, обладают большей, не всегда рационально используемой, массой, что увеличивает техногенные проявления при их масштабном использовании.

Наряду с этим тракторы марки Минского тракторного завода «МТЗ», собранные в основном из белорусских или русских комплектующих, на этом фоне обладают явным преимуществом перед отечественными производителями.

В настоящее время государственными структурами в лице Правительства РФ, Министерства сельского хозяйства РФ и Министерством промышленности и торговли РФ предпринимается ряд мер, способствующих стимулированию развития сельского хозяйства регионов: «Льготный тариф на перевозку железнодорожным транспортом сельскохозяйственной продукции, а также продукции для организации сельскохозяйственного производства»; «Льготное кредитование»; «Субсидия на возмещение части процентной ставки по инвестиционным кредитам, взятым до 1 января 2017 года»; «Компенсация части прямых понесенных затрат на создание и (или) модернизацию объектов АПК»; «Льготный лизинг»; «Возмещение сельхозтоваропроизводителям части расходов на мелиоративные мероприятия»; «Компенсация части затрат на сертификацию продукции АПК»; «Стимулирование увеличения производства отдельных видов масличных культур»; «Субсидии производителям сельскохозяйственной техники»; «Компенсация части затрат на транспортировку продукции АПК»; «Меры поддержки субъектов МСП в сфере переработки сельскохозяйственной продукции»; «Компенсация части затрат на приобретение семян». Более подробно меры поддержки представлены в виде схем на рисунке 1.18[1,2].







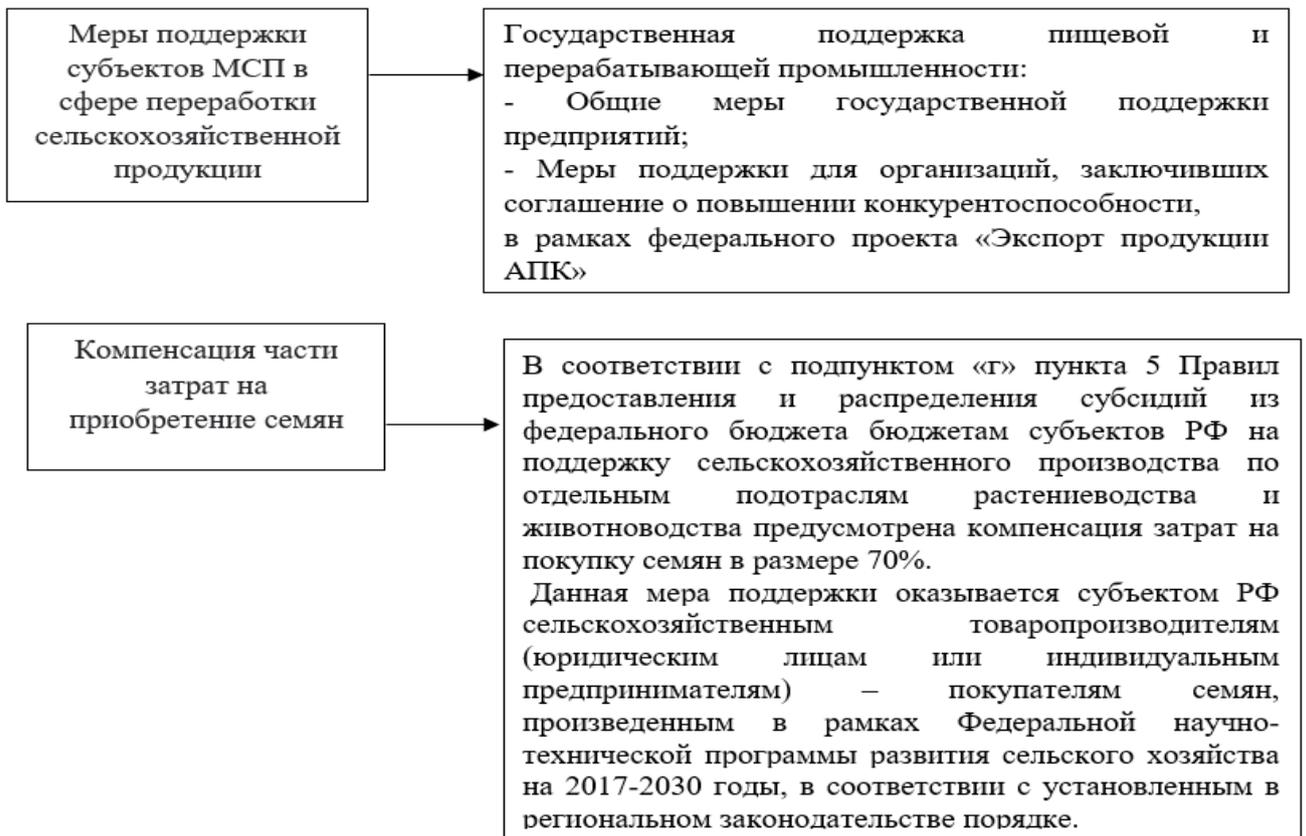


Рисунок 1.18 – Меры государственной поддержки агропромышленного комплекса Российской Федерации[1,2]

Таким образом, принятые меры, как планируется, позволят придать сельскому хозяйству страны достаточную динамику для достижения целевых результатов и показателей на долгосрочную перспективу.

1.3 Направления повышения эффективности сельскохозяйственного производства в КФХ области

Целевые ориентиры и плановые показатели, рекомендуемые к выполнению, требуют новых подходов к достижению максимальной эффективности имеющихся средств производства.

Как установлено ранее, основное количество КФХ области расположено в центральной сельскохозяйственной зоне, формируют машинно-тракторный парк на основе трактора марки МТЗ, следовательно, производят подбор шлейфа

сельскохозяйственных машин, исходя из тягового усилия энергетического средства в пределах 14-30 кН.

К основным этапам сельскохозяйственного производства в КФХ можно отнести следующие: основная почвенная обработка, перевозка семенной группы к месту посева, посев, перевозка и внесение удобрений, перевозка и внесение средств защиты и стимуляции роста растений, уборка, перевозка в места доработки урожая, отбор и хранение семенной группы, перевозка в места дальнейшей переработки или продажи урожая, сортировка, протравливание и подготовка семенной группы к посеву.

Схематично основные этапы сельскохозяйственного производства согласно показателей энергоёмкости, установленные методом хронометражных наблюдений, представлены на рисунке 1.19.



Рисунок 1.19- Основные этапы сельскохозяйственного производства согласно показателей энергоёмкости

Таким образом, наиболее энергоёмкими этапами являются основная обработка почвы и уборка урожая, что определяет основные направления научных исследований для нужд КФХ. Вместе с тем такие этапы, как перевозка семенной группы к месту посева, перевозка и внесение удобрений, перевозка и внесение средств защиты и стимуляции роста растений, перевозка в места

доработки урожая, отбор и хранение семенной группы, перевозка в места дальнейшей переработки или продажи урожая невозможны без применения транспортных работ, что значительно увеличивает влияние эффективности использования энергетических средств, и в частности тракторов, на уровень продуктивности сельскохозяйственного производства.

Учитывая, что основным энергетическим средством в КФХ, используемом при перевозке грузов, является колёсный трактор типа МТЗ, улучшение его параметрических характеристик является также действенным способом снижения трудоёмкости производства и увеличения производительности тракторно-транспортных агрегатов (ТТА) в КФХ. При этом в случае применения в КФХ, наряду с растениеводством, ещё и элементов технологии животноводства (птицеводства), уровень применения ТТА только возрастёт в связи с введением новых этапов воспроизводства, кормления и содержания скота или птицы.

На данный момент в Амурской области наблюдается практически полное отсутствие специализированных и низкоклиренсных колёсных, а также машин, 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.

Также хозяйственными наблюдениями установлено, что в процессе движения ТТА на базе колёсного трактора МТЗ, нередки случаи самостоятельного амплитудного отклонения звеньев агрегата (трактора и прицепа) от прямолинейного движения под воздействием неровностей поверхности движения, неустановившегося характера крюковой нагрузки, конструктивных особенностей и допусками элементов навески трактора, являющейся элементом тягово-сцепного устройства, фиксирующего трактор и прицеп. Таким образом, создающееся «волновое» движение ТТА вызывает необходимость постоянного подруливания, более напряжённого внимания

машиниста трактора, в связи с чем уменьшаются скоростные характеристики ТТА, а также увеличивается пройденный путь и расход топлива.

При движении же по склоновым полям и дорогам вследствие воздействия обозначенных факторов наблюдается эффект переворачивания ТТА, так как конструкционные особенности тягово-сцепного устройства (ТСУ) интегрированного с системой навески трактора не позволяют рационально распределять между осями трактора приходящий сцепной вес.

В связи с чем научным и производственным коллективам региона необходимо проведение более обширных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обозначенном направлении с последующим внедрением получаемых результатов производством в сокращённые сроки, при этом наиболее перспективным направлением представляется модернизация тягово-сцепного устройства трактора, как наиболее ответственный элемент системы сцепки звена «трактор-прицеп».

1.4 Классификация тягово-сцепных устройств и обоснование оптимальной конструкции ТСУ

В современном машиностроении тягово-сцепные устройства позволяют провести агрегатирование дополнительными тяговыми или транспортными средствами, не оборудованными двигателем, сформировать транспортные агрегаты высокой грузоподъёмности и обеспечить большую производительность автомобилей, тракторов или самоходных машин.

Предлагается тягово-сцепные устройства классифицировать по четырём основным категориям: по эксплуатационному назначению, по регулированию параметров агрегата, по применению, по типу размещения и видам выполняемых операций.

Ориентировочно расширенную классификацию ТСУ можно представить в виде схемы, предложенной на рисунке 1.20.



Рисунок 1.20- Расширенная классификация механических сцепных устройств мобильных энергетических средств

Согласно известной классификации, рисунок 1.21,



Рисунок 1.21- Категорийная классификация механических сцепных устройств[5]

Таким образом, согласно предложенной классификации, устройство ТСУ должно обладать следующими признаками: по эксплуатационному назначению- вид «тяговая вилка- тягово-цепное устройство; по регулированию параметров агрегата- с возможностью перераспределения сцепного веса, по применению- корректируемые, для многофункционального применения с составе ТТА(МТА), по типу размещения и видам выполняемых операций- навесные (нестандартные навесные системы (элементы и приспособления). Учитывая необходимый эффект стабилизации колебаний звеньев ТТА в движении проанализированы известные способы, рисунок 1.22.



Рисунок 1.22-Способы стабилизации звеньев ТТА

Таким образом, на основе анализа известных и прогнозируемых конструктивных схем к дальнейшему исследованию может быть принято «Буксирно-распределяющее устройство» по патенту РФ на изобретение № 2753047, как наиболее соответствующее приведённой классификации, обладающее возможностью корректирования сцепного веса, стабилизации горизонтальных колебаний в звене «трактор-прицеп», способствующее улучшению продольной и тракторной устойчивости ТТА.

1.5 Анализ исследований по повышению эффективности использования энергетических средств в сельском хозяйстве на полевых и транспортных работах

Современная система земледелия в регионе должна основываться на тщательном анализе и учете всех взаимосвязанных факторов, которые влияют на сельскохозяйственное производство. При планировании производственных показателей необходимо учитывать как техническое обеспечение предприятий и экономическую целесообразность сельскохозяйственного производства, так и влияние природных и климатических условий, ландшафтных особенностей, а также наличие квалифицированной рабочей силы.

Важно отметить, что перспективное техническое обеспечение предприятий, даже при его высоком уровне насыщенности и разнообразии моделей в зависимости от используемых технологических операций и темпа обновления, не может полностью раскрыть свой потенциал без эффективных и грамотных решений в области логистики, оптимизации и эксплуатации. Это относится как к материально-техническому обеспечению, так и к проведению почвообрабатывающих, уборочных и транспортных работ, а также использованию научного подхода в качестве основы для технологических операций.

Многие исследователи посвятили свои работы вопросам повышения эффективности использования энергетических ресурсов в сельском хозяйстве,

особенно в отношении полевых и транспортных работ, при различных природно-климатических условиях, ландшафтных особенностях и состоянии опорной поверхности. Эти факторы являются важной составляющей агротехнологических процессов.

Так повышению эффективности использования МЭС на транспортных работах посвящены исследования Н.В. Алдошина [7,8], А.Н. Баранского [9], Ю.А. Гуськова [10,11], Ф.С. Завалишина[12], С.А. Иофинова [13], А.Ю. Измайлова[14], З.Ф. Кривуцы [15], А.И. Новожилова[16], В.А. Петрушова [17], Н.Ф. Скурятина [18], С.Д. Сметнева [19], И.И. Трепененкова [20], В.С. Филонова [21] , других учёных [22,23,24,25,26,27].

Авторы многочисленных исследований [28,29,30,31,] 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[32,33].

Управляемость, теория поворота колесных машин с учетом динамических факторов последовательно разрабатывались Я.М. Певзнером [5], Я.Е. Фаробиним [34], Е.А. Чудаковым [35], Г.В. Зимелевым [36], Л.Л. Гинцбургом [37].

В работах авторами установлено, что внедрение в агропромышленное производство новых современных систем машин [38,39,40], формирование высокоэффективных транспортных комплексов[41,42,27,43], наряду с совершенствованием технологий почвообработки [44,45,46,47], ухода за посевами[48,49,50,51], уборочных мероприятий [52,53] и транспортировки сельскохозяйственных культур [51,54], предопределяется применением результативных логистических методов [55,47] при обеспечении оптимального согласования смежных транспортных и технологических операций [56, 57,58, 59,60,61].

Вопросы улучшения тягово-сцепных свойств тракторов сельскохозяйственного назначения с целью повышения их эффективности нашли отражение в трудах Д.С. Гапича [29], А.Н. Панасюка [62], Н.И. Селиванова [63], В.А. Скотникова [64], А.М. Емельянова [65], С.А. Шишлова [66], С.В. Щитова [14,13] и многих других авторов [67, 68,69,70,71].

На основе опытных исследований стабилизации движения сельскохозяйственных комплексов и формирования агрегатов, посвящены работы П.А. Амельченко [72], Е.М. Асманкина [73-75], А.В. Богданова [76], А.В. Войтикова [77], В.В. Гуськова [69,78,79], И.С. Житенко [70], Г.К. Каптюшина [46], В.М. Кильдюшкина [58], Г.М. Кутькова [80], И.П. Ксеневица [81-83], Я.М. Певзнера [5], Е.С. Поликутиной [84-85], В.И. Поддубного [86], Н.И. Селиванова [63], В.С. Стеновского [87,88], А.В. Сюмака [89], С.В. Тарасовой [90,91], Т.В. Хухуни [92] и других исследователей [93,94,95,96,97,98,99,100].

Исследованию факторов «устойчивости» ходовой системы автомобилей и тракторов посвятили свои работы такие ученые, как Д.А. Антонов [101], И.П. Здоровцов [102], Б.П. Демидович [103], С.А. Иофинов [13], [58], И.Н. Листопадов [104], Г.И. Мамити [105], Я.М. Певзнер [5], О.И. Поливаев [106], В.А. Скотников [64], Я.Е. Фаробин [34], Е.А. Чудаков [35] и прочие авторы [107,108]. Авторы делают общий вывод о необходимости учета показателей устойчивости агрегата и влияющих на него факторов, таких как тяговые и тормозные характеристики, управляемость и способность сопротивляться боковому скольжению, при планировании и выполнении как транспортных, так и сельскохозяйственных операций [109,110, 111,112,113, 47].

Устойчивость в движении колесных и гусеничных ходовых систем неразрывно связана с опасностью опрокидывания. Вопросами устойчивости против опрокидывания занимались и зарубежные [114,115,116,117,118,119], и отечественные исследователи: Ю.Г. Горшков [120], С.В. Бахмутов [121], А.К. Болотов [24], В.А. Петрушова [17], другие авторы [122,123,124,125,126]. Исследования, проведенные зарубежными и отечественными авторами,

позволяют обосновать технологические параметры движения и выполнения работ как с использованием колесных тракторов, так и специальных транспортных средств. Они также предлагают методы регулирования давления в шинах и способы стабилизации направления движения для повышения устойчивости.

Основы движения ТТА в условиях склоновых земель заложены и исследованы Е.А. Чудаковым [35], которым было предложено обоснование теории качения эластичного колеса и определены факторы, влияющие на устойчивость движения ТТА, такие как боковая составляющая веса агрегата, которая вызывает поперечные сдвиги почвы в пятне контакта и деформацию колёсного движителя. Дальнейшее 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.

В зонах рискованного земледелия, включая Амурскую область, сельскохозяйственное производство и соблюдение зональной технологии требуют тщательного подбора комплекса мероприятий, которые могут быть достаточно затратными с точки зрения агротехники и экономики. В данном контексте целесообразно оптимально использовать соответствующую современную агротехнику и внедрять новые технологии, связанные с улучшением энергетических средств и сельскохозяйственных машин [127,102,128, 129,130].

В связи с переходом агропромышленного комплекса России на энергетические средства с колесной ходовой системой, внимание производителей сосредоточено на многофункциональных энергосберегающих (МЭС) машинах с расширенным тяговым диапазоном. Техничко-экономический анализ показывает, что замена гусеничных тракторов (ДТ-75, ТТ-4) на колесные модели (МТЗ-80/82, 1221) с расширенным тяговым диапазоном приносит значительный экономический эффект. Производители придают

особое значение этому, учитывая современную тенденцию в агропромышленном комплексе [107].

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 [86].

При использовании технологий точного земледелия особенно важно обеспечить устойчивое и стабильное движение агрегатов. Это обусловлено более строгими требованиями к адаптивности техники, к различным агроландшафтам и природно-климатическим условиям. При этом проблему стабилизации траектории движения предлагается решать за счет внедрения подруливающих устройств и автопилотов [116], разработки и внедрения автоматических бесступенчатых трансмиссий, что наблюдается на примере продукции ведущих зарубежных фирм-производителей NEW HOLLAND, John Deere, Fendt [131].

В работах [72, 78, 81] авторами достоверно установлено, что начиная с уклона местности в $6-7^{\circ}$ происходит значительное снижение поступательной скорости ТГА. При этом при работе на склонах в $10^{\circ}-11^{\circ}$ полезная тяговая мощность трактора снижается на 25–27% [67,132,69].

Кроме того, горизонтальное боковое смещение ТГА от траектории движения приводит к увеличению маршрута, уменьшению урожайности, ухудшению условий труда механизатора и нарушению эргономических требований к технике при проведении работ [133,134].

Исследованная в рассматриваемой области техники большая часть научных работ [135, 136, 137, 83, 33, 138, 66,] посвящена исследованию влияния на устойчивость и управляемость автопоездов массово-геометрических характеристик, особенностей, связанных с конструкциями поворотных

устройств и ТСУ, характеристик пневматических шин. Различные факторы имеют разную степень влияния на устойчивость движения.

В связи с появлением в производстве тяговых и перевозочных средств инновационных моделей и конструкций общим заключением к проведённому анализу, в целях расширения массива научных и производственных знаний, может быть необходимость дальнейшего проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в направлении повышения эффективности применения ТТА в агропромышленном производстве.

1.6 Обзор предлагаемых методик 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 [139,32,34,140,141,142]. 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 [143,144, 133].

Использование балластировки колес [63], сдваивания движителей [134] и переоборудование универсального трактора в низкоклиренсный вариант посредством установки колёс уменьшенного диаметра с одновременным уширением колеи [81], 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 [117,99, 142]. 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 [91], стабилизации движения трактора посредством воздушной силы тяги [91] и регулирования положения центра масс посредством применения устройств, манипулирующих координатами её размещения [90].

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 [86] 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 ТГА, что позволило определить критические значения отклонений на установленном участке пути при любых ландшафтных характеристиках.

Жилейкин М.М. в работе [94], 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 ТТА по сравнению со случаем движения при отсутствии стабилизирующего управления и формулу для его вычисления:

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

Где $СКО_{y_{contr}}$ – среднеквадратическое отклонение координаты y_2 от нуля при движении, когда работает система, создающая стабилизирующее воздействие на трактор, $СКО_{y_o}$ – 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 [5], И.К. Пчелинина [146]. 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 [147] и [35], 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 ТГА, что подтверждается в работах [147,148], 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 $h_{ц}$:

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

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 [140] 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 формула подтверждает увеличение касательной силы тяги на крюке, а, соответственно, и стабилизацию курсовой устойчивости агрегата.

В работе [149] автором предложен количественный критерий оценки устойчивости движения в виде величины запаса устойчивости ρ . Для ТТА с навесным сельскохозяйственным орудием, при угловом отклонении от прямолинейного движения под действием возникающих моментов величина запаса устойчивости будет определяется 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 ТТА [96] с прицепным сельскохозяйственным агрегатом величину устойчивости рекомендуется оценивать по величине отклонения прицепной машины от прямолинейной траектории движения в зависимости от длины гона:

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

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 ТГА будет стабильнее.

Физико-структурные свойства почвы также оказывают непосредственное влияние на величины увода ТГА 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 [74], в котором полное поперечное смещение определяется по формуле:

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

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 [147,144,148] предлагают принимать параметры деформации шин, нагрузку на шину, давление воздуха в шине и её геометрические параметры. Предлагаемые 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, приведённый на рисунке 1.23, 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, и для нужд КФХ области в частности, требуется проведение необходимых научных исследований, концентрированных на поиск и применение конструкторских решений повышения продольной устойчивости, снижения опрокидывания и стабилизации движения серийных колёсных тракторов [143, 149,150].

1.7 Выводы

Проведенный обзор современного состояния регионального АПК, а также выполненных ранее теоретических и экспериментальных научных

исследований по обозначенной тематике, позволяет сделать следующие выводы:

1. Перспективы увеличения валового продукта растениеводства региона связаны с повышением урожайности используемых или расширения посевных площадей, что осуществимо на землях центральной и северной земледельческой зоны за счёт обработки залежей и временно неиспользуемых земель, 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 ТТА и ТТА, подтверждения выдвинутой научной гипотезы и получения результатов натурных экспериментов необходимо проведение дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА

2.1. Методологическое обоснование необходимости инженерного поиска и конструктивного исполнения технического решения задачи по повышению продольной устойчивости

В Амурской области на долю крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ) усреднённо по видам приходится до 24 % всей валовой сельскохозяйственной продукции региона. При этом необходимо отметить, что КФХ региона образовались в основном на базе ранее существующих сельскохозяйственных предприятий путем их реорганизации, которые в своё время, наряду с растениеводством занимались и животноводством, что определенным образом отразилось на формировании состава машинно-тракторного парка современных организаций.

В агропромышленном комплексе Советского Союза количество универсальных тракторов составляло до 43 %, а в отдельных хозяйствах, специализировавшихся на производстве именно продукции животноводства- и до 60% от их общего количества. Таким образом, приведённые данные значимо повлияли и на основной состав средств механизации вновь образованных КФХ, так как универсальные колёсные тракторы класса 1,4, и в частности моноблочной конструкции марки Минского тракторного завода (МТЗ), в силу своей надёжности, ремонтпригодности, долговечности и неприхотливости в эксплуатации до сих пор, несмотря на сроки использования более чем в 30 лет, находятся в составе машинно-тракторного парка многих хозяйств России.

В связи с чем организациям необходимо использовать их максимально эффективно, что возможно при использовании их на всех технологических операциях в сельском хозяйстве, как полевых, так и работах транспортно-

технологического обеспечения деятельности предприятия в составе тракторно-транспортных агрегатов (ТТА).

Одним из способов повышения эффективности использования ТТА на транспортных работах является их адаптация к условиям эксплуатации при различном состоянии и углах наклона поверхности движения. В частности одной из выявленных проблем при выполнении транспортных работ, учитывая особенности конструкции моноблочного колёсного трактора, является необходимость обеспечения продольно-поперечной устойчивости ТТА, что возможно за счёт корректирования сцепного веса в системе агрегата. Этот способ позволяет своевременно перераспределять нагрузку, приходящуюся на движители тракторно-транспортного агрегата, что в конечном счёте положительно влияет на его продольно-поперечную устойчивость, стабилизируя курсовую и траекторную устойчивость трактора при работе на склоновых поверхностях. Кроме этого, изменение нагрузки, приходящейся на движители ТТА в условиях недостаточных тягово-сцепных свойств энергетического средства, позволяет повышать его технологические характеристики за счёт лучшей реализации колёсным движителем перераспределяемого сцепного веса в звене «трактор-транспортируемый агрегат».

Таким образом, проведённый анализ обосновывает необходимость инженерного и патентного поиска эффективных средств, системных и малозатратных способов, предназначенных для решения обозначенной ранее технической задачи.

В результате проведённых исследований предложено конструктивное решение в формате дополнительного тягово-сцепного устройства, которое при применении в ходовой системе колёсного агрегата позволяет получить технический эффект в виде коррекции приходящей нагрузки на движители, повышающей тягово-сцепные свойства ТТА при работе колёсного агрегата на наклонных поверхностях движения и общей стабилизации продольно-поперечной, курсовой и траекторной устойчивости агрегата.

Полученная конструкция получила название «Буксирно-распределяющее устройство» соответствует всем условиям патентоспособности, предъявляемым к изобретению, в связи с чем на предлагаемой техническое решение получен патент РФ на изобретение № 2753047, МКИ В60В 11/02.

Предлагаемое устройство устанавливается в средней и тыльной части корпуса трактора и способно равномерно распределять весовую нагрузку прицепа на движители трактора в движении в целях снижения буксования, увеличения тягового усилия и агротехнической проходимости, повышения производительности и безопасности движения в ходе выполнения транспортных работ в условиях склоновых поверхностей. Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 1.

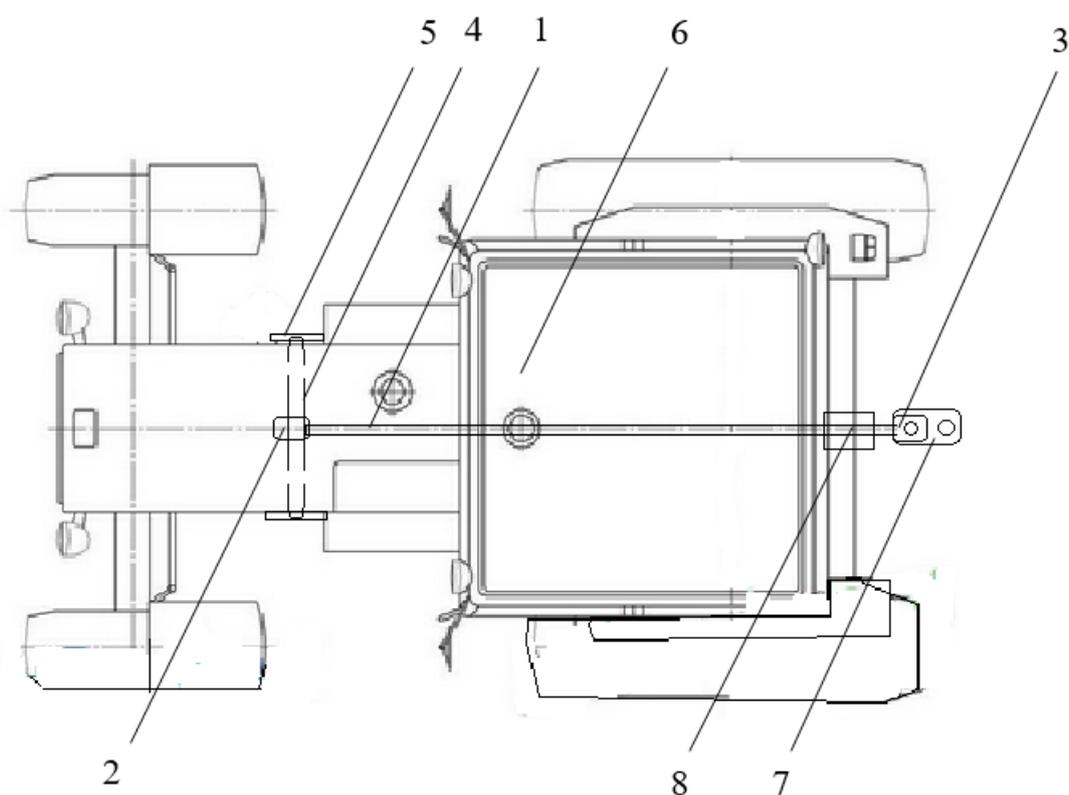


Рисунок 2.1- Принципиальная схема трактора с буксирно-распределяющим устройством (вид сверху):

1- подвесной кронштейн; 2- торсионная ось; 3- рессорная пружина; 4- торсионная ось; 5, 8- окончания рессорной пружины; 6- тягово-сцепное устройство; 7- опорный кронштейн

При движении тракторно-транспортных агрегатов в результате воздействия различных эксплуатационных критериев наблюдается постоянное изменение стабилизационных факторов. Для теоретической оценки их взаимного влияния предлагается ввести дополнительный объёмный коэффициент стабилизации движения, который бы учитывал воздействующие величины и при необходимости позволил определить размеры технической эффективности исследуемого устройства.

При этом также необходимо учесть, что для определения вводимого коэффициента следует определить основные возмущающие факторы, параметры которых влияют на стабилизацию движения агрегата и в целом на предлагаемый коэффициент. Результатырующую же оценку движения ТГА необходимо проводить в сравнении с серийным вариантом, используемым на перевозке грузов.

Таким образом, в ходе проведенных исследований и хронометражных наблюдений за работой тракторно-транспортных агрегатов (ТГА) в условиях АПК Амурской области, в частности центральной сельскохозяйственной зоны региона, установлено влияние на стабилизацию движения следующих факторов:

- поперечный уклон поверхности движения ТГА;
- продольный уклон поверхности движения ТГА;
- состояние поверхности по которой движется ТГА.

Вот наиболее существенные факторы влияющие на стабилизацию движения.

Рассмотрим каждый из назначенных факторов для поиска определённых граничных параметров для коэффициентов с целью дальнейшего определения общего коэффициента стабилизации, характеризующего движение тракторно-транспортного агрегата.

При движении по поверхности, имеющей поперечный уклон, возникает необходимость постоянного удержания ТГА при отклонении прямолинейности

движения за счёт бокового наклона, и с этой целью предлагается ввести коэффициент стабилизации поперечной устойчивости $K_{пу}$

$$K_{пу} = K_{пус} / K_{пуэ}, \quad (2.1)$$

где $K_{пус}$ - коэффициент стабилизации поперечной устойчивости серийного ТТА;

$K_{пуэ}$ - коэффициент стабилизации поперечной устойчивости экспериментального ТТА с установленным дополнительным устройством.

Или

$$K_{пу} = V_{пус} / V_{пуэ}, \quad (2.2)$$

где $V_{пус}$ - расстояние смещения центра тяжести серийного ТТА в поперечной плоскости, м;

$V_{пуэ}$ - расстояние смещения центра тяжести серийного экспериментального ТТА с установленным дополнительным устройством в поперечной плоскости, м.

При передвижении по поверхности, имеющей продольный уклон, при движении на подъём возникает эффект снижения устойчивости и управляемости в связи с уменьшением веса, приходящегося на передние управляемые колёса, который при определённых обстоятельствах может вызвать явление галопирования и переворачивания. С этой целью предлагается ввести коэффициент стабилизации продольной устойчивости при движении на подъём

$$K_{пруп} = K_{прупс} / K_{пруэ}, \quad (2.3)$$

где $K_{прупс}$ - коэффициент стабилизации продольной устойчивости серийного ТТА при движении на подъём;

$K_{пруэ}$ - коэффициент стабилизации продольной устойчивости экспериментального ТТА с установленным дополнительным устройством при движении на подъём.

Или

$$K_{пруп} = V_{прупс} / V_{пруэ}, \quad (2.4)$$

где $V_{прупс}$ - расстояние смещения центра тяжести серийного ТТА в продольной плоскости при движении на подъём, м;

$V_{\text{прупэ}}$ - расстояние смещения центра тяжести серийного экспериментального ТТА с установленным дополнительным устройством в продольной плоскости при движении на подъём, м.

При передвижении по поверхности, имеющей продольный уклон, при движении на спуске, также возникает эффект снижения устойчивости в связи с возникновением дополнительного поворачивающего момента от воздействия толкающего прицепа. С этой целью предлагается ввести коэффициент стабилизации продольной устойчивости при движении на спуске

$$K_{\text{прус}} = K_{\text{прусс}} / K_{\text{прусэ}}, \quad (2.5)$$

где $K_{\text{прусс}}$ - коэффициент стабилизации продольной устойчивости серийного ТТА при движении на спуске;

$K_{\text{прусэ}}$ - коэффициент стабилизации продольной устойчивости экспериментального ТТА с установленным дополнительным устройством при движении на спуске.

Или

$$K_{\text{пус}} = V_{\text{прусс}} / V_{\text{прусэ}}, \quad (2.6)$$

где $V_{\text{прусс}}$ - расстояние смещения точки соединения трактора с прицепом серийного ТТА в продольной плоскости при движении на спуске, м;

$V_{\text{прусэ}}$ - расстояние смещения точки соединения трактора с прицепом экспериментального ТТА с установленным дополнительным устройством в продольной плоскости при движении на подъём, м.

Оценку стабилизации движения тракторно-транспортного агрегата в целом предлагается оценивать обобщённым коэффициентом, равным произведению ранее полученных коэффициентов:

- для серийного ТТА

$$K_{\text{обс}} = K_{\text{пус}} K_{\text{прупс}} K_{\text{прусс}}, \quad (2.7)$$

- для экспериментального ТТА с установленным дополнительным буксирно-распределяющим устройством

$$K_{\text{обэ}} = K_{\text{пуэ}} K_{\text{прупэ}} K_{\text{прусэ}}, \quad (2.8)$$

В связи с чем предложенные выше уравнения (2.1...2.6) дают возможность проанализировать и определить необходимость в повышении того или иного коэффициента стабилизации движения ТТА, а уравнения (2.7 и 2.8) получить формулу общего коэффициента стабилизации движения в зависимости от определённых граничных параметров. При этом необходимо учитывать, что на величину общего коэффициента стабилизации движения значимое влияние оказывает механизм формирования нормальных реакций почвы на движители [151].

2.2 Обоснование механизма формирования нормальных реакций почвы на движители энергетического средства

Рассмотрим более подробно механизм формирования нормальных реакций почвы на опоры в зависимости от угла наклона поверхности движения при использовании предлагаемого выше устройства, используя схемы на рисунке 2.2. Для универсализации расчетов системы координат тягача и прицепа рассматриваем отдельно углы подъема и спуска колесного агрегата определяем углами α, γ .

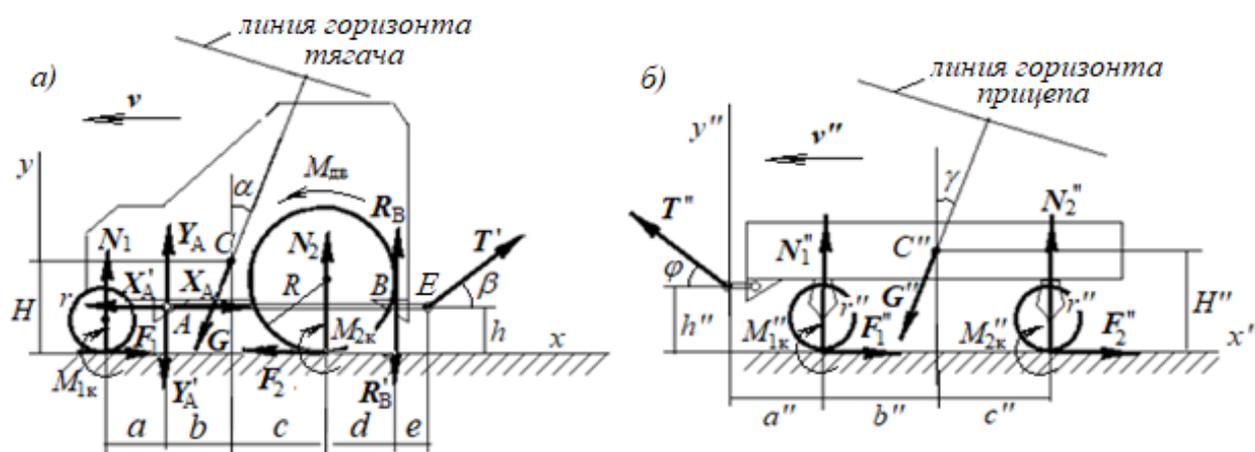


Рисунок 2.2- Схема сил, действующих на агрегат: а) силы, действующие на трактор и на тягу АВ; б) силы, действующие на прицеп

где: А, В – опоры тяги устройства: опора А – шарнирно неподвижная, реакция включает две неизвестные составляющие X'_A, Y'_A ($X_A = X'_A, Y_A = Y'_A$); опора В – шарнирно подвижная, реакция определяется одной неизвестной составляющей R'_B ($R_B = R'_B$), Н; С, С'' – центры тяжести тягача и прицепа, точки приложения сил тяжести G, G'' при любом угле наклона α, γ направления движения v, v'' относительно линии горизонта; r, R, r'' – радиусы колес тягача и прицепа; a, b, c, d, e, H, h – размеры трактора (тягача), м; a'', b'', c'', H'', h'' – размеры прицепа, Н; β, φ – углы направления сил тяги T', T'' ($T' = T''$) по отношению к направлениям движения тягача и прицепа, град; N_1, N_2, N_1'', N_2'' – нормальные реакции шероховатой поверхности для тягача и прицепа, Н; F_1, F_2, F_1'', F_2'' – силы трения скольжения (сцепления) колес тягача и прицепа, Н; $M_{1k}, M_{2k}, M_{1k}'', M_{2k}''$ – моменты трения качения в колесах тягача и прицепа, Н; f, δ – коэффициенты трения скольжения (покоя) и трения качения, Н; $M_{дв}$ – силовой момент двигателя, кВт.

При определении нормальных реакций почвы на движители примем некоторые допущения:

- для совместности выполнения условия равенства, $T' = T''$ необходимо согласование углов, $\alpha + \beta = \gamma - \varphi$;

- при определении нормальных реакций шероховатой поверхности для тягача и прицепа считаем движение безотрывным, поэтому вертикальные составляющие нормальных реакций должны быть направлены вверх;

- силы трения скольжения (сцепления) колес тягача и прицепа направлены в сторону, противоположную предполагаемому относительному проскальзыванию соприкасающихся поверхностей;

- моментами трения качения в колесах тягача и прицепа в приближенных расчетах ими можно пренебречь, если это не противоречит уравнениям движения;

- коэффициенты трения скольжения (покоя) и трения качения считаем, что они одинаковы для всех колес тягача и прицепа, зависят от качества грунта, состояния колес и погодных условий при этом, если трением качения пренебрегаем, то полагаем $\delta = 0$;

- силовой момент двигателя действует на ось ведущего колеса радиусом R , определяет движущую силу трения (сцепления) F_2 , но сам относится к внутренним силам и в уравнения движения агрегата не включается.

Если обозначить $\mu_r = \min(f \cdot r, \delta)$, $\mu_R = \min(f \cdot R, \delta)$, $\mu_r'' = \min(f \cdot r'', \delta)$ - параметры трения, то во время движения вперед тягача с прицепом для сил сопротивления имеем:

$$|F_1| = \frac{\mu_r}{r} N_1, \quad |F_2| = \frac{M_{\text{дв}}}{R} - \frac{\mu_R}{R} N_2 \leq f \cdot N_2, \quad |F_1''| = \frac{\mu_r''}{r''} N_1'', \quad |F_2''| = \frac{\mu_r''}{r''} N_2'',$$

$$M_{1k} = \mu_r N_1, \quad M_{2k} = \mu_R N_2, \quad M_{1k}'' = \mu_r'' N_1'', \quad M_{2k}'' = \mu_r'' N_2'';$$

Для безотрывности движения необходимо выполнение условия:

- не отрицательности нормальных реакций, $N_1 \geq 0$, $N_2 \geq 0$, $N_1'' \geq 0$, $N_2'' \geq 0$;

- для реализации движения вперед необходимо $M_{\text{дв}} > \mu_R N_2$;

-отсутствие проскальзывания (пробуксовки) движителя гарантируется неравенством $|F_2| < f \cdot N_2$.

В случае если $\frac{M_{\text{дв}}}{R} - \frac{\mu_R}{R} N_2 > f \cdot N_2$, то следует считать $F_2 = f \cdot N_2$ с сохранением направления силы трения F_2 .

Направления остальных сил сопротивления (сил трения и моментов трения качения) сохраняются в случае перемещения агрегата вперед, и меняются на противоположные при сползании назад (как это допускается в случаях, изображенных на рисунках 2 г, д). Конкретная реализация определяется из уравнений баланса всех внешних сил.

В частности, если пренебречь трением качения, считать $\delta = 0$, то

$$F_1 = 0, \quad |F_2| = \frac{M_{\text{дв}}}{R} \leq f \cdot N_2, \quad F_1'' = F_2'' = 0, \quad M_{1k} = M_{2k} = M_{1k}'' = M_{2k}'' = 0.$$

Для установившегося рабочего движения трактора можно считать, что силы, действующие на элементы агрегата, находятся в равновесии. Выбираем в качестве координатных осей: оси x, y для трактора и тяги, оси x'', y'' для прицепа.

Уравнения равновесия тяги АВ:

$$\sum F_{ix} = 0; -X'_A + T' \cos \beta = 0; \quad (2.9)$$

$$\sum F_{iy} = 0; -Y'_A - R'_B + T' \sin \beta = 0; \quad (2.10)$$

$$\sum M_{Ai} = 0; -R'_B \cdot AB + T' \sin \beta \cdot AE = 0. \quad (2.11)$$

при $AB = b + c + d$, $AE = b + c + d + e$.

Уравнения равновесия для опор трактора (тягача):

$$\sum F_{ix} = 0; F_1 - F_2 + X_A - G \cdot \sin \alpha = 0; \quad (2.12)$$

$$\sum F_{iy} = 0; N_1 + N_2 + Y_A + R_B - G \cdot \cos \alpha = 0; \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} \sum M_{Ai} = 0; -M_{1k} - M_{2k} + F_1 h - F_2 h + R_B \cdot AB - N_1 a + \\ + N_2 (b + c) + G((H - h) \sin \alpha - b \cos \alpha) = 0. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Уравнения равновесия для опор прицепа:

$$\sum F''_{ix} = 0; -T'' \cos \varphi + F''_1 - G'' \sin \gamma + F''_2 = 0; \quad (2.15)$$

$$\sum F''_{iy} = 0; T'' \sin \varphi + N''_1 - G'' \cdot \cos \gamma + N''_2 = 0; \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned} \sum M''_{Pi} = 0; -M''_{1k} - M''_{2k} + T''(h'' \cos \varphi - a'' \sin \varphi) + \\ + G''(H'' \sin \gamma - b'' \cos \gamma) + N''_2(b'' + c'') = 0. \end{aligned}$$

(2.17)

Уравнения (2.9)-(2.17) представляют собой систему девяти линейных алгебраических уравнений относительно девяти неизвестных:

$$X_A, Y_A, R_B, N_1, N_2, F_2 (M_{об}), T' (T''), N''_1, N''_2.$$

Обозначим $T = T' = T''$. Будем считать, что состав движется вперед без пробуксовки, $F_2 = \frac{M_{об}}{R} - \frac{\mu_R}{R} N_2 < f \cdot N_2$. Тогда из уравнений (2.15)-(2.17) сначала

находим

$$T = \frac{\mu_r'' \cos \gamma - r'' \sin \gamma}{\mu_r'' \sin \varphi + r'' \cos \varphi} G'' \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} N_2'' &= \frac{(\mu_r'' + b'') \cos \gamma - H'' \sin \gamma}{b'' + c''} G'' + \frac{(a'' - \mu_r'') \sin \varphi - h'' \cos \varphi}{b'' + c''} T = \\ &= \frac{\mu_r'' [(a'' + b'') \cos \gamma \sin \varphi - (H'' - r'') \sin \gamma \sin \varphi - (h'' - r'') \cos \gamma \cos \varphi]}{(b'' + c'')(\mu_r'' \sin \varphi + r'' \cos \varphi)} G'' - \\ &\quad - \frac{r'' [(H'' - h'') \sin \gamma \cos \varphi - b'' \cos \gamma \cos \varphi + a'' \sin \gamma \sin \varphi]}{(b'' + c'')(\mu_r'' \sin \varphi + r'' \cos \varphi)} G'' \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned} N_1'' &= \frac{r'' \cos(\varphi - \gamma)}{\mu_r'' \sin \varphi + r'' \cos \varphi} G'' - N_2'' = \\ &= \frac{r'' [(H'' - h'') \sin \gamma \cos \varphi + (a'' + b'') \sin \gamma \sin \varphi + c'' \cos(\varphi - \gamma)]}{(b'' + c'')(\mu_r'' \sin \varphi + r'' \cos \varphi)} G'' - \\ &\quad - \frac{\mu_r'' [(a'' + b'') \cos \gamma \sin \varphi - (H'' - r'') \sin \gamma \sin \varphi - (h'' - r'') \cos \gamma \cos \varphi]}{(b'' + c'')(\mu_r'' \sin \varphi + r'' \cos \varphi)} G'' \end{aligned} \quad (2.20)$$

Затем из уравнений (2.9)-(2.11) находим

$$X_A = X'_A = T \cos \beta = \frac{\mu_r'' \cos \gamma - r'' \sin \gamma}{\mu_r'' \sin \varphi + r'' \cos \varphi} G'' \cos \beta \quad (2.21)$$

$$R_B = R'_B = \frac{AE}{AB} \cdot T \sin \beta = \frac{b + c + d + e}{b + c + d} \cdot \frac{\mu_r'' \cos \gamma - r'' \sin \gamma}{\mu_r'' \sin \varphi + r'' \cos \varphi} G'' \sin \beta \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} Y_A = Y'_A &= T \sin \beta - R_B = \left(1 - \frac{AE}{AB}\right) \cdot T \sin \beta = \\ &= -\frac{e}{b + c + d} \cdot \frac{\mu_r'' \cos \gamma - r'' \sin \gamma}{\mu_r'' \sin \varphi + r'' \cos \varphi} G'' \sin \beta \end{aligned} \quad (2.23)$$

Из уравнений (2.12)-(2.15) получаем

$$N_1 = \frac{G[(c - \mu_r) \cos \alpha + H \sin \alpha] - T[h \cos \beta - (d + e + \mu_r) \sin \beta]}{a + b + c + \mu_r - \mu_R} \quad (2.24)$$

$$\begin{aligned} N_2 &= -N_1 + G \cos \alpha - T \sin \beta = \frac{G[(a + b + \mu_r) \cos \alpha - H \sin \alpha]}{a + b + c + \mu_r - \mu_R} + \\ &\quad + \frac{T[h \cos \beta - (a + b + c + d + e + \mu_r) \sin \beta]}{a + b + c + \mu_r - \mu_R} \end{aligned} \quad (2.25)$$

$$\begin{aligned}
F_2 &= -G \sin \alpha + X_A + F_1 = -G \sin \alpha + T \cos \beta + \frac{\mu_r}{r} N_1 = \\
&= \frac{T[(a+b+c+\mu_r-\mu_R)r \cos \beta + (d+e+\mu_R)\mu_r \sin \beta - \mu_r h \cos \beta]}{a+b+c+\mu_r-\mu_R} - \\
&\quad - \frac{G[(a+b+c+\mu_r-\mu_R)r \sin \alpha - (c-\mu_R)\mu_r \cos \alpha - \mu_r H \sin \alpha]}{a+b+c+\mu_r-\mu_R} .
\end{aligned} \tag{2.26}$$

В частности, если пренебрегать трением качения, $\delta = 0$, то

$$T = -\frac{\sin \gamma}{\cos \varphi} G'' . \tag{2.27}$$

$$N_1'' = \frac{r''[(H''-h'') \sin \gamma \cos \varphi + (a''+b'') \sin \gamma \sin \varphi + c'' \cos(\varphi-\gamma)]}{(b''+c'')r'' \cos \varphi} G'' . \tag{2.28}$$

$$N_2'' = \frac{r''[b'' \cos \gamma \cos \varphi - (H''-h'') \sin \gamma \cos \varphi - a'' \sin \gamma \sin \varphi]}{(b''+c'')r'' \cos \varphi} G'' . \tag{2.29}$$

$$X_A = -\frac{\sin \gamma}{\cos \varphi} G'' \cos \beta . \tag{2.30}$$

$$R_B = -\frac{b+c+d+e}{b+c+d} \cdot \frac{\sin \gamma}{\cos \varphi} G'' \sin \beta . \tag{2.31}$$

$$Y_A = \frac{e}{b+c+d} \cdot \frac{\sin \gamma}{\cos \varphi} G'' \sin \beta . \tag{2.32}$$

$$N_1 = \frac{G[c \cdot \cos \alpha + H \sin \alpha] - T[h \cos \beta - (d+e) \sin \beta]}{a+b+c} . \tag{2.33}$$

$$N_2 = \frac{G[(a+b) \cos \alpha - H \sin \alpha] + T[h \cos \beta - (a+b+c+d+e) \sin \beta]}{a+b+c} . \tag{2.34}$$

$$F_2 = T \cos \beta - G \sin \alpha . \tag{2.35}$$

Различные случаи сочетания значений углов $\alpha, \beta, \gamma, \varphi$ ($\alpha + \beta = \gamma - \varphi$) при движении агрегата по наклонным поверхностям движения в различных сочетаниях ГТА представлены на рисунке 2.3.

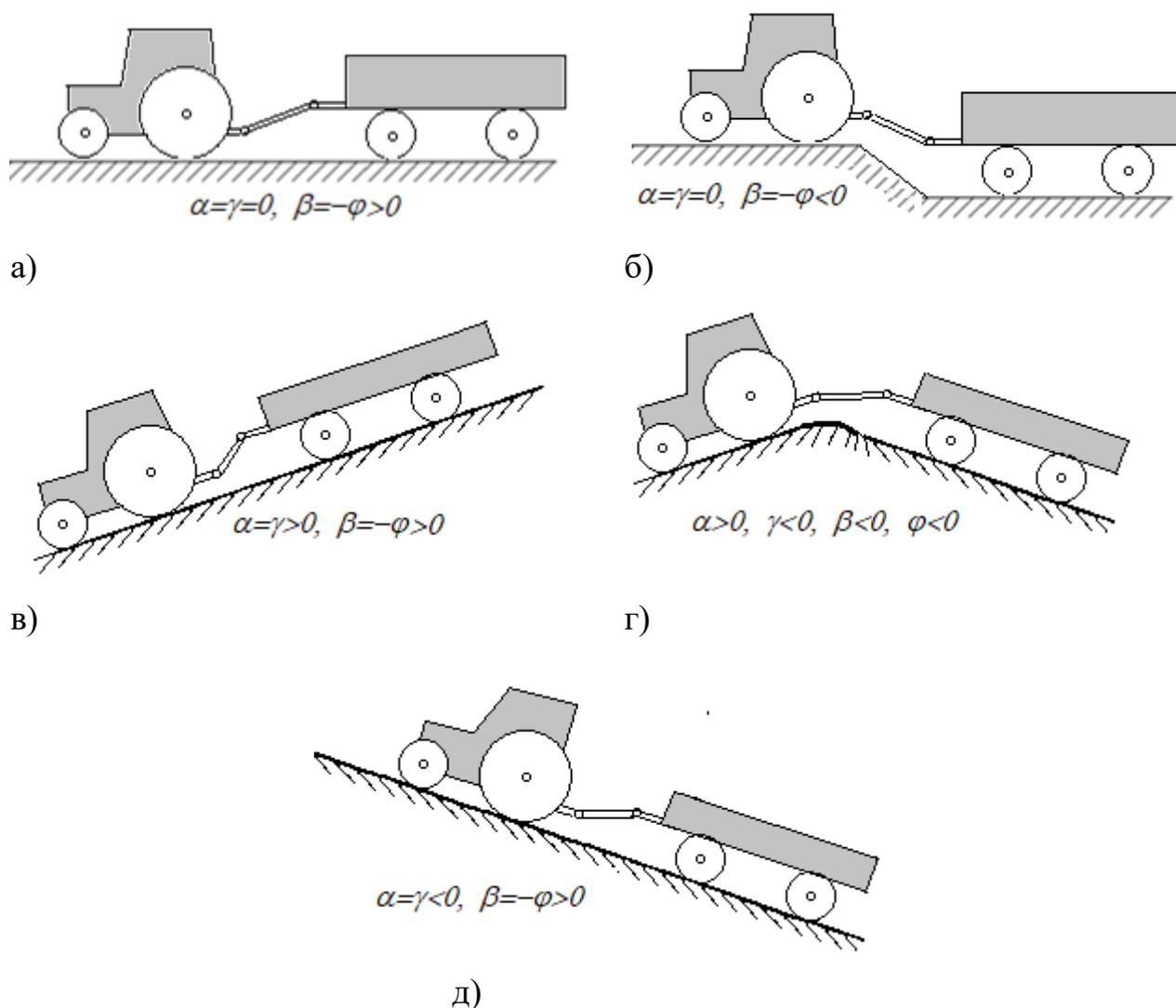


Рисунок 2.3- Различные случаи сочетания значений углов $\alpha, \beta, \gamma, \varphi$ ($\alpha + \beta = \gamma - \varphi$) при движении агрегата по наклонным поверхностям движения

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что использование тягово-сцепного устройства предлагаемой конструкции позволяет равномерно распределять нагрузку, приходящуюся на двигатели энергетического средства и прицепа, а также повысить тягово-сцепные свойства ТТА, стабилизировать курсовую и траекторную устойчивость трактора при работе на склоновых поверхностях. Для дальнейшего теоретического обоснования работы ТТА с предлагаемым буксирно-распределяющим устройством рассмотрим более подробно работу агрегата в различных условиях сочетания режимов движения [152].

2.3 Распределение нагрузки звеньев агрегата при движении ТТА на подъём

В целях теоретического обоснования конструктивных и технологических параметров предлагаемого устройства определим условия распределения весовой нагрузки на опоры буксирующего колёсного трактора, для чего составим уравнений равновесия, описывающие процессы перераспределения нагрузки в ходовой системе ТТА.

Для упрощения расчёта рассмотрим тракторно-транспортный агрегат как составную конструкцию:

- без буксирно-распределяющего устройства (БРУ) трактор + прицеп;
- с буксирно-распределяющим устройством трактор + торсионная ось + плоская рессорная пружина + прицеп.

Покажем все силы, действующие на составные части конструкции без буксирно-распределяющего устройства (БРУ) трактор + прицеп и рассмотрим равновесие вертикальных реакций опор каждой части в отдельности согласно схеме на рисунке 2.4.

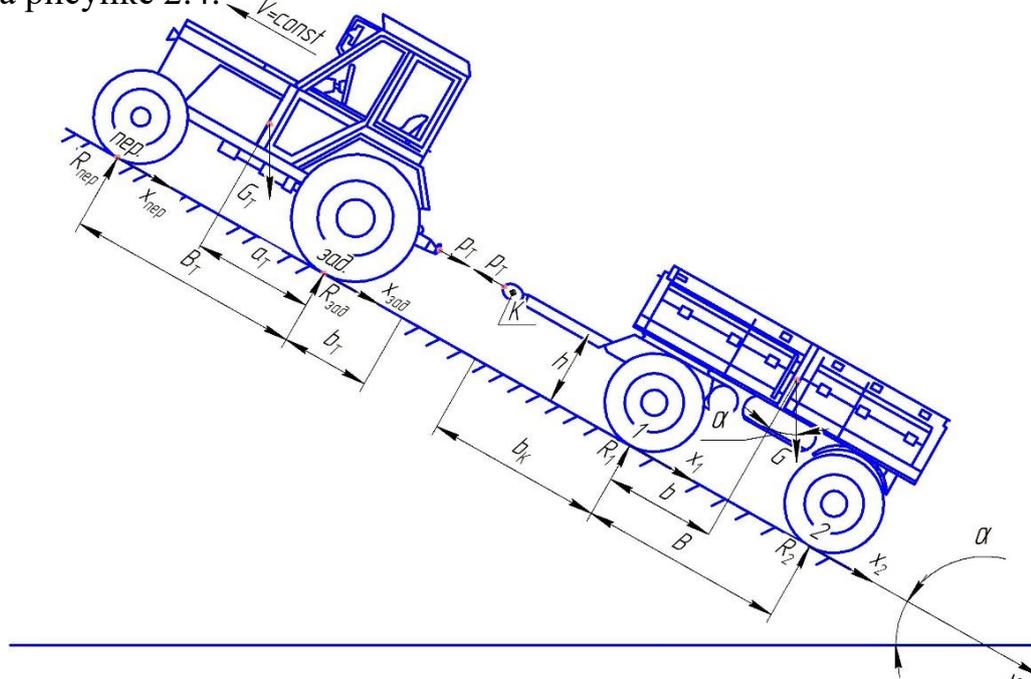


Рисунок 2.4 - Схема действия сил к определению вертикальных составляющих реакций поверхности на опоры ТТА без работы БРУ

Где B_T – колёсная база трактора, м; a_T – расстояние от центра тяжести трактора до опоры заднего колеса трактора, м; b_T – расстояние от сцепной

петли буксирного устройства до опоры заднего колеса трактора, м; h – расстояние от дышла до поверхности земли, м; G – вес прицепа, Н; G_T – вес трактора, Н; R_1 и R_2 – вертикальные составляющие реакции поверхности под опорами (колёсными движителями) прицепа, Н; x_1 и x_2 – горизонтальные составляющие силовой реакции опор прицепа, Н; P_T – тяговое усилие трактора, Н; $R_{\text{пер}}$ и $R_{\text{зад}}$ – вертикальные составляющие силовой реакции поверхности под опорами (колёсными движителями) трактора, Н; $X_{\text{пер}}$ и $X_{\text{зад}}$ – горизонтальные составляющие силовой реакции поверхности под опорами (колёсными движителями) трактора, Н; B – колёсная база прицепа, м; b – расстояние от центра тяжести прицепа до опоры направляющего колеса прицепа, м; b_k – расстояние от сцепной петли до опоры направляющего колеса прицепа, м; α – угол подъёма, град.

Составим уравнения равновесия для прицепа

$$\left. \begin{aligned} \sum M_1(F_k) = 0 & \quad R_2 \cdot B - G \cdot \cos\alpha \cdot b + P_T \cdot h = 0. \\ \sum M_2(F_k) = 0 & \quad -R_1 \cdot B + G \cdot \cos\alpha \cdot (B - b) + P_T \cdot h = 0. \\ \sum F_{ky} = 0 & \quad -G \cdot \cos\alpha + R_1 + R_2 = 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.36)$$

$$\text{Тогда} \quad R_2 = \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot b - P_T \cdot h}{B}. \quad (2.37)$$

$$R_1 = \frac{G \cdot \cos\alpha (B - b) + P_T \cdot h}{B}. \quad (2.38)$$

Составим уравнение равновесия для реакций поверхности под опорами (колёсными движителями) трактора

$$\left. \begin{aligned} \sum M_{\text{пер}}(F_k) = 0 & \quad R_{\text{зад}} \cdot B_T - G_T \cdot \cos\alpha (B_T - a_T) = 0 \\ \sum M_{\text{зад}}(F_k) = 0 & \quad -R_{\text{пер}} \cdot B_T + G_T \cdot \cos\alpha \cdot a_T = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.39)$$

$$\text{Тогда} \quad R_{\text{зад}} = \frac{G_T \cdot \cos\alpha \cdot (B_T - a_T)}{B_T}. \quad (2.40)$$

$$R_{\text{пер}} = \frac{G_T \cdot \cos\alpha \cdot a_T}{B_T}. \quad (2.41)$$

Горизонтальные составляющие реакции поверхности под опорами прицепа и трактора определять не будем, так как БРУ влияет только на вертикальные составляющие реакций поверхности.

Рассмотрим составную конструкцию с буксирно-распределяющим устройством в работе.

Разбиваем на составные части конструкции:

трактор + поперечная торсионная ось крепления БРУ + плоская рессорная пружина БРУ + прицеп.

Покажем все силы, действующие на рассматриваемую составную конструкцию (рисунок 2.5).

Схемы (рисунок 2.4 и рисунок 2.5) позволяют предположить, что действие сил на прицеп не поменялось, следовательно выражения (2.37) и (2.38) справедливы при рассмотрении ТТА с БРУ.

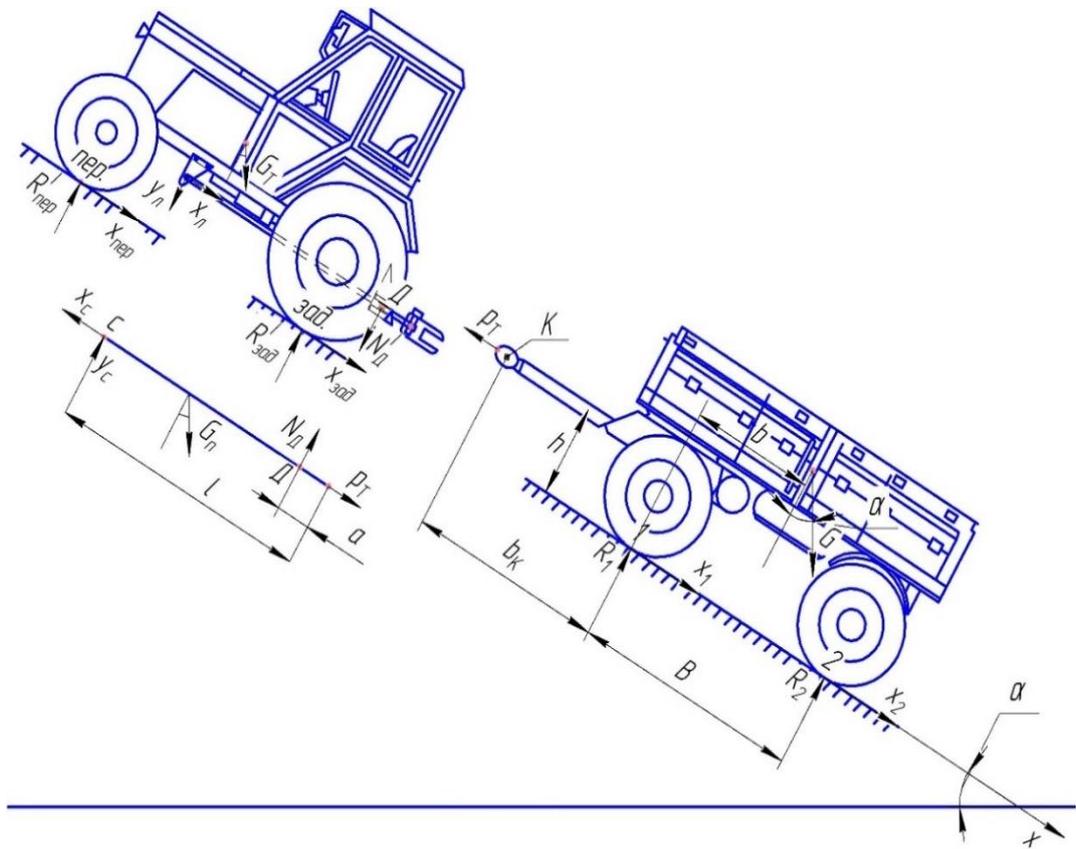


Рисунок 2.5 - Схема действующих сил к определению вертикальных составляющих реакций поверхности земли ТТА с БРУ

Составляем уравнения равновесия для каждого звена агрегата, используя схему рисунке 2.6.

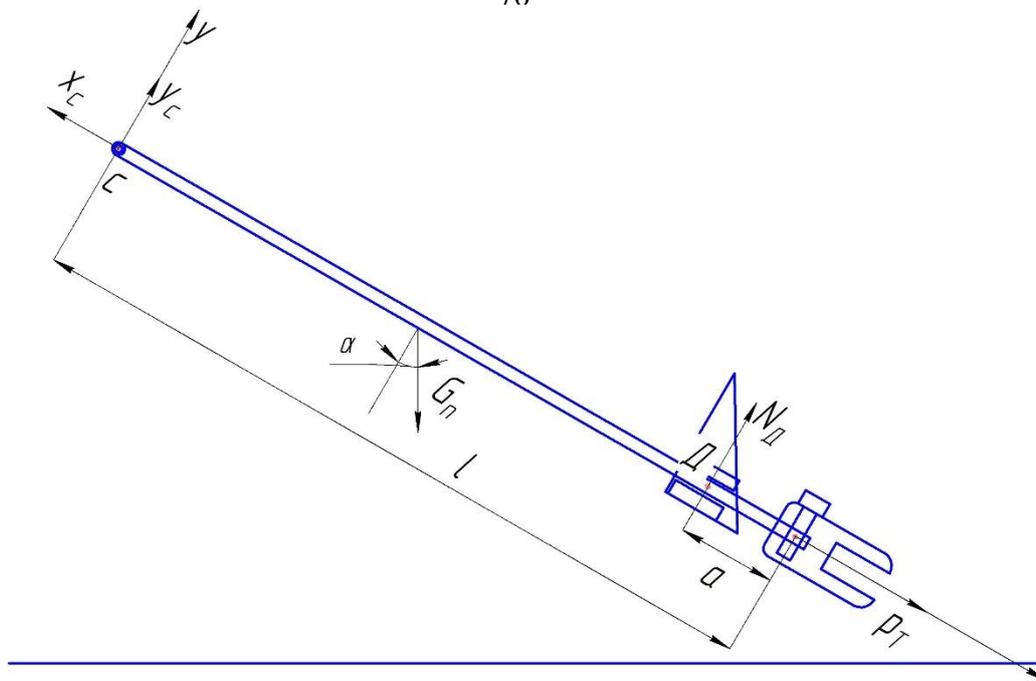


Рисунок 2.6 - Схема к определению реакции опор плоской рессорной пружины БРУ

a – расстояние от тягово-цепного устройства, м; l – длина рессорной пружины, м; N_D – реакция демпфера, Н; P_T – тяговое усилие, Н; y_c и x_c – реакции в точке c , Н; G_n – вес плоской рессорной пружины, Н.

$$\left. \begin{aligned} \sum F_{kx} = 0 & \quad -x_c + P_T = 0 \\ \sum M_c(F_k) = 0 & \quad -G_n \cdot \cos\alpha \cdot \frac{l}{2} + N_D \cdot (l - a) = 0 \\ \sum M_D(F_k) = 0 & \quad -y_c \cdot (l - a) + G_n \cdot \cos\alpha \cdot \left(\frac{l}{2} - a\right) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.42)$$

где $x_c = P_T$

$$\text{Тогда} \quad N_D = \frac{G_n \cdot \cos\alpha \cdot \frac{l}{2}}{l - a}. \quad (2.43)$$

$$y_c = \frac{G_n \cdot \cos\alpha \left(\frac{l}{2} - a\right)}{l - a}. \quad (2.44)$$

Так как точка c находится в срединной части торсионной оси, то можно считать, что $x_l = x_n$ и $y_l = y_n$, тогда уравнения равновесия рассматриваем в двух плоскостях согласно схемы на рисунке 2.7:

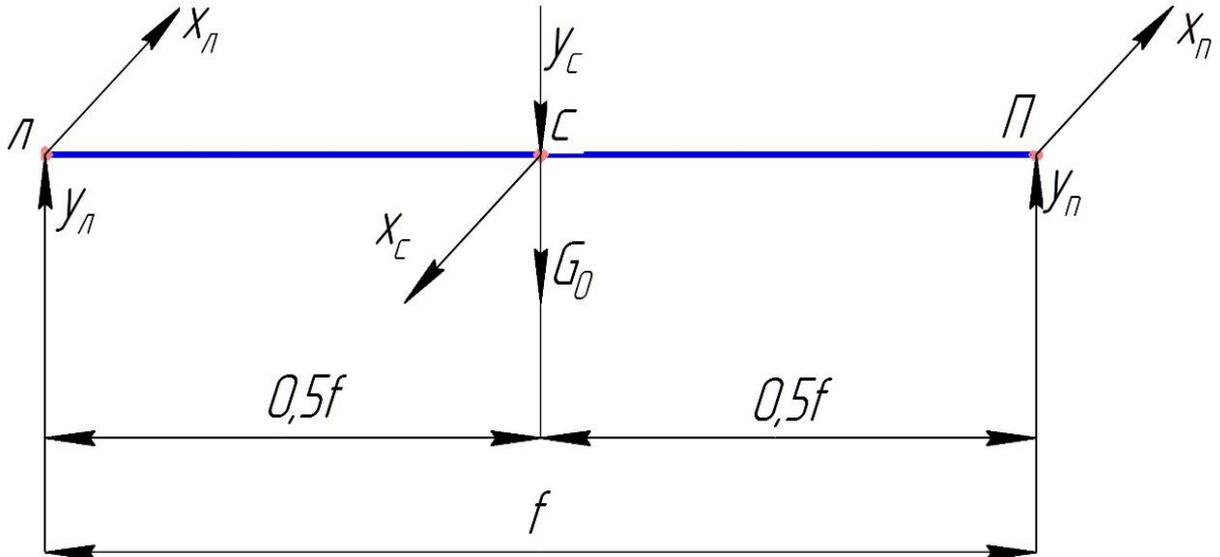


Рисунок 2.7- Схема к определению реакций в поперечной торсионной оси БРУ
Где G_0 – вес торсионной оси, Н; x_l и y_l ; x_p и y_p – реакции левой и правой опоры, Н; f – длина торсионной оси, м.

- в горизонтальной плоскости

$$\sum M_l(F_k) = 0 \quad - x_c \cdot 0,5f + x_p f = 0, \quad (2.45)$$

при $x_p = x_l = 0,5x_c$

- в вертикальной плоскости

$$\sum M_l(F_k) = 0 \quad - y_c \cdot 0,5f - G_0 \cdot \cos\alpha \cdot 0,5f + y_p \cdot f = 0, \quad (2.46)$$

При $y_p = y_l = 0,5(y_c - G_0 \cdot \cos\alpha)$

с учётом выражений (2.42) и (2.44) получаем

$$x_p = x_l = 0,5 \cdot P_T. \quad (2.47)$$

$$y_p = y_l = 0,5 \cdot \left(\frac{G_n \cdot \cos\alpha (0,5l - a)}{l - a} - G_0 \cdot \cos\alpha \right). \quad (2.48)$$

Схема сил, действующих на трактор, для определения вертикальных составляющих реакции поверхности на опоры трактора, представлена в виде схемы на рисунке 2.8.

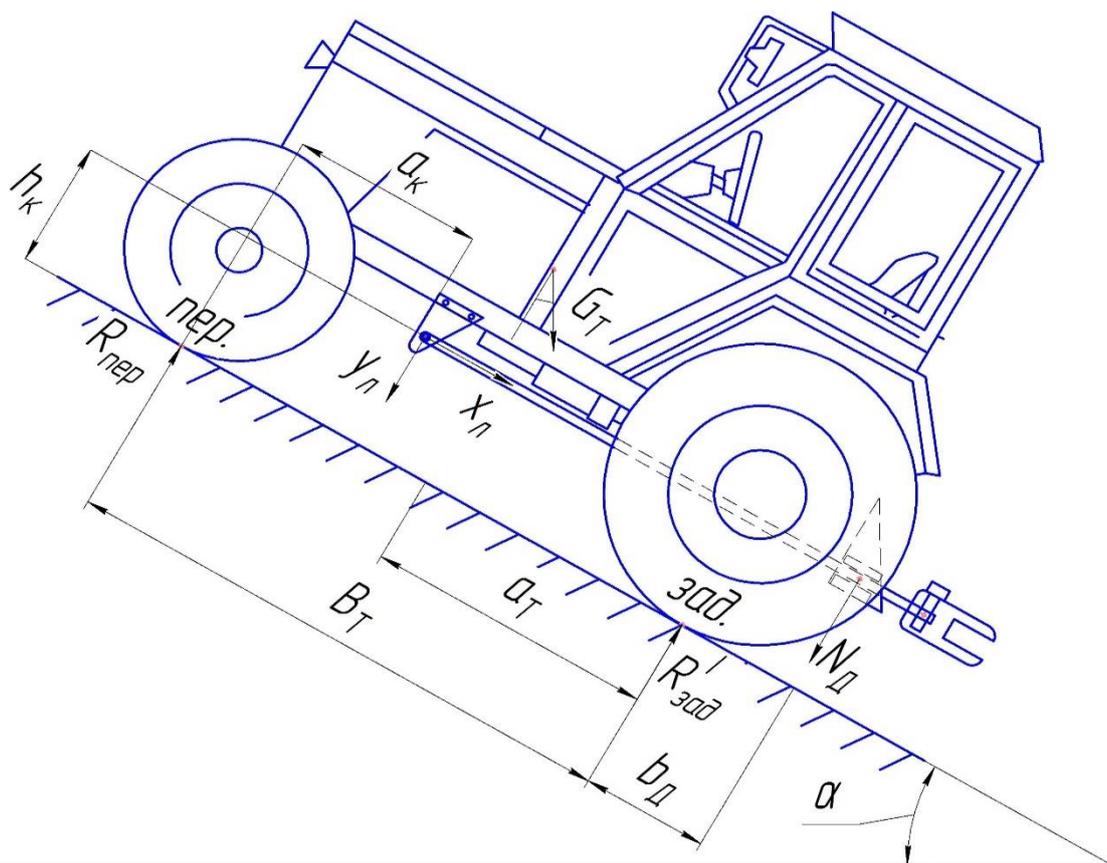


Рисунок 2.8- Схема действия сил к определению вертикальных составляющих реакции поверхности земли на трактор

Где b_D – расстояние от опоры заднего колеса до линии действия силы N_D , м; a_k – расстояние от опоры переднего колеса до линии действия силы y_l , м; h_k – расстояние от поверхности земли до точки соединения кронштейна и торсионной оси БРУ, м.

Составляем уравнения равновесия согласно схемы на рисунке 2.8.

$$\left. \begin{aligned} \sum M_{\text{пер}} = 0 & - y_l \cdot a_k - x_l \cdot h_k - G_T \cdot \cos\alpha (B_T - a_T) - \\ & - N_D (B_T + b_D) + R'_{\text{зад}} \cdot B_T = 0, \\ \sum M_{\text{зад}} (F_k) = 0 & - R'_{\text{пер}} \cdot B_T + y_l (B_T - a_k) - x_l \cdot h_k + \\ & + G_T \cdot \cos\alpha \cdot a_T - N_D \cdot b_D = 0, \end{aligned} \right\} (2.49)$$

Тогда

$$R'_{\text{зад}} = \frac{G_T \cdot \cos\alpha (B_T - a_T) + N_D (B_T + b_D) + y_l \cdot a_k + x_l \cdot h_k}{B_T} = \frac{G_T \cdot \cos\alpha (B_T - a_T)}{B_T} + \frac{N_D (B_T + b_D) + y_l \cdot a_k + x_l \cdot h_k}{B_T}. \quad (2.50)$$

$$R'_{\text{пер}} = \frac{G_T \cdot \cos \alpha \cdot a_T + y_L (B_T - a_K) - x_L \cdot h_K - N_D \cdot b_D}{B_T} = \frac{G_T \cdot \cos \alpha \cdot a_T}{B_T} + \frac{y_L (B_T - a_K) - x_L \cdot h_K - N_D \cdot b_D}{B_T}. \quad (2.51)$$

Анализ выражений (2.50), (2.51) и (2.40), (2.41) показывает изменения вертикальных составляющих реакций поверхности под опорами трактора, которые составят:

для задней опоры (колёсного движителя) серийного трактора

$$\Delta_{\text{зад}} = \frac{N_D (B_T + b_D) + y_L \cdot a_K + x_L \cdot h_K}{B_T}. \quad (2.52)$$

для передней опоры (колёсного движителя) серийного трактора

$$\Delta_{\text{пер}} = \frac{y_L (B_T - a_K) - x_L \cdot h_K - N_D \cdot b_D}{B_T}. \quad (2.53)$$

С учётом выражений (2.43), (2.47), (2.48) получаем изменения вертикальных реакций для опор трактора с БРУ

$$\Delta_{\text{зад}} = \frac{1}{2} \left(\frac{G_n \cdot \cos \alpha}{(l-a)B_T} (l(B_T + b_D + 0,5a_K) - a \cdot a_K) - \frac{G_0 \cdot \cos \alpha \cdot a_K}{B_T} + \frac{P_T \cdot h_K}{B_T} \right). \quad (2.54)$$

$$\Delta_{\text{пер}} = \frac{1}{2} \left(\frac{G_n \cdot \cos \alpha}{(l-a)B_T} ((0,5l - a)(B_T - a_K) - l \cdot b_D) - G_0 \cdot \cos \alpha \left(1 - \frac{a_K}{B_T} \right) - \frac{P_T \cdot h_K}{B_T} \right) \quad (2.55)$$

Анализ полученных выражений (2.54) и (2.55) позволяет сделать вывод, что в результате работы БРУ задняя ось трактора с БРУ в работе загружается, а передняя- разгружается.

Проведенные теоретические исследования, с учётом конструктивных особенностей ТТА, позволяют предположить, что установка буксирно-распределяющего устройства способствует распределению сцепного веса в ходовой системе экспериментального трактора, что позволяет догрузить управляемый мост трактора в пределах 20...23% по сравнению с серийным агрегатом при движении ТТА с БРУ на подъём [153].

2.4 Распределение нагрузки звеньев агрегата при движении ТТА на спуске

Покажем все силы, действующие на составные части конструкции по

типу А (рисунок 2.9), и рассмотрим равновесие вертикальных реакций опор каждой части (звена) агрегата в отдельности.

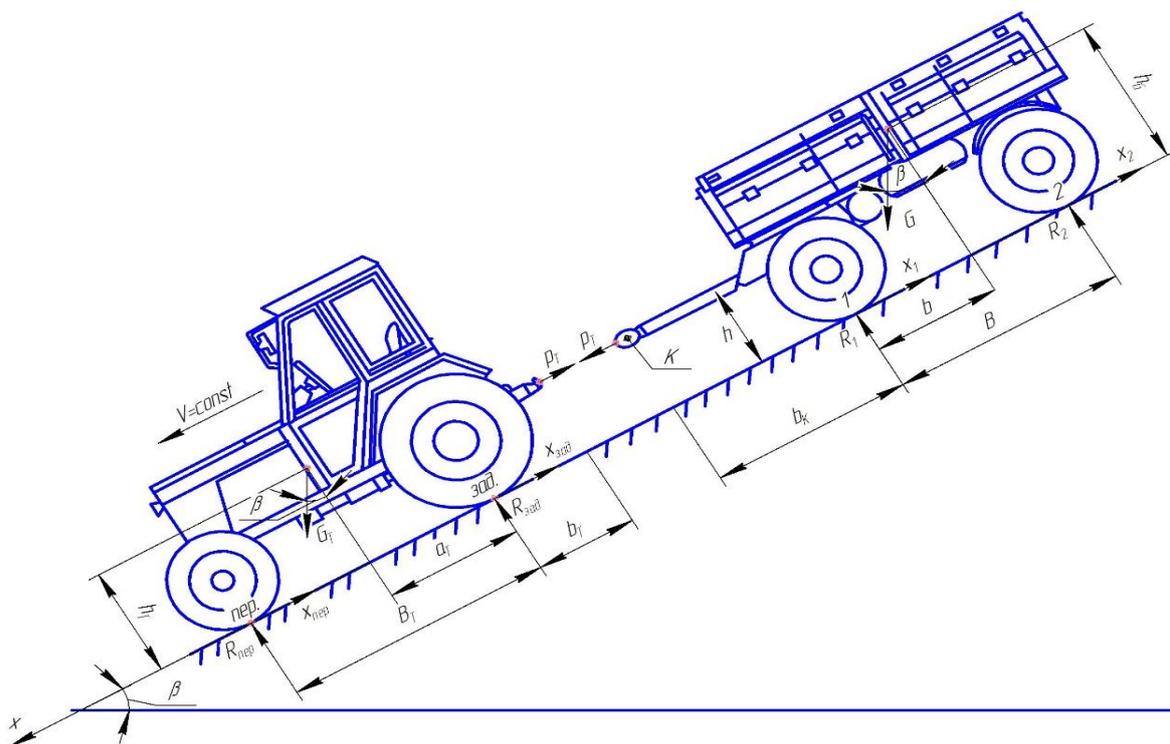


Рисунок 2.9- Схема действия сил к определению вертикальных составляющих реакций поверхности движения на ТТА без БРУ

где: B_T – колёсная база трактора, м; h_T – высота расположения центра тяжести трактора, м; h_G – высота расположения центра тяжести прицепа, м; a_T – расстояние от центра тяжести трактора до опоры заднего колеса трактора, м; b_T – расстояние от сцепной петли буксирного устройства до опоры заднего колеса трактора, м; h – расстояние от дышла до поверхности земли, м; G – вес прицепа, Н; G_T – вес трактора, Н; R_1 и R_2 – вертикальные составляющие реакции поверхности под опорами (колёсными движителями) прицепа, Н; x_1 и x_2 – горизонтальные составляющие силовой реакции опор прицепа, Н; P_T – тяговое усилие трактора, Н; $R_{пер}$ и $R_{зад}$ – вертикальные составляющие силовой реакции поверхности под опорами (колёсными движителями) трактора, Н; $x_{пер}$ и $x_{зад}$ – горизонтальные составляющие силовой реакции поверхности под опорами (колёсными движителями) трактора, Н; B – колёсная база прицепа, м. b – расстояние от центра тяжести прицепа до опоры направляющего колеса

прицепа, м; b_k – расстояние от сцепной петли до опоры направляющего колеса прицепа, м, β – угол движения трактора, °.

Составим уравнения равновесия для прицепа

$$\left. \begin{aligned} \sum M_1(F_k) = 0 \quad R_2 \cdot B - G \cdot \cos\beta \cdot b + P_T \cdot h + G \cdot \sin\beta \cdot h_G = 0 \\ \sum M_2(F_k) = 0 \quad -R_1 \cdot B - G \cdot \cos\beta \cdot (B - b) + P_T \cdot h + G \cdot \sin\beta \cdot h_G = 0 \end{aligned} \right\} (2.56)$$

$$R_2 = \frac{G \cdot \cos\beta \cdot b - P_T \cdot h - G \cdot \sin\beta \cdot h_G}{B}$$

$$R_1 = \frac{G \cdot \sin\beta \cdot h_G + P_T \cdot h - G \cos\beta \cdot (B - b)}{B} \quad (2.57)$$

Составим уравнение равновесия для реакций поверхности под опо (2.58)

(колёсными движителями) трактора

$$\left. \begin{aligned} \sum M_{\text{пер}}(F_k) = 0 \quad G_T \cdot \sin\beta \cdot h_T - G_T \cdot \cos\beta (B_T - a_T) - P_T \cdot h + R_{\text{зад}} \cdot B_T = 0 \\ \sum M_{\text{зад}}(F_k) = 0 \quad -R_{\text{пер}} \cdot B_T + G_T \cdot \sin\beta \cdot h_T + G_T \cdot \cos\beta \cdot a_T - P_T \cdot h = 0 \end{aligned} \right\} (2.59)$$

$$R_{\text{пер}} = \frac{G_T \cdot \sin\beta \cdot h_T + G_T \cdot \cos\beta \cdot a_T - P_T \cdot h}{B_T}$$

$$R_{\text{зад}} = \frac{G_T \cdot \cos\beta \cdot (B_T - a_T) - G_T \cdot \sin\beta \cdot h_T + P_T \cdot h}{B_T} \quad (2.60)$$

Составляем уравнения равновесия для каждой конструкции используя рисунок 2.10.

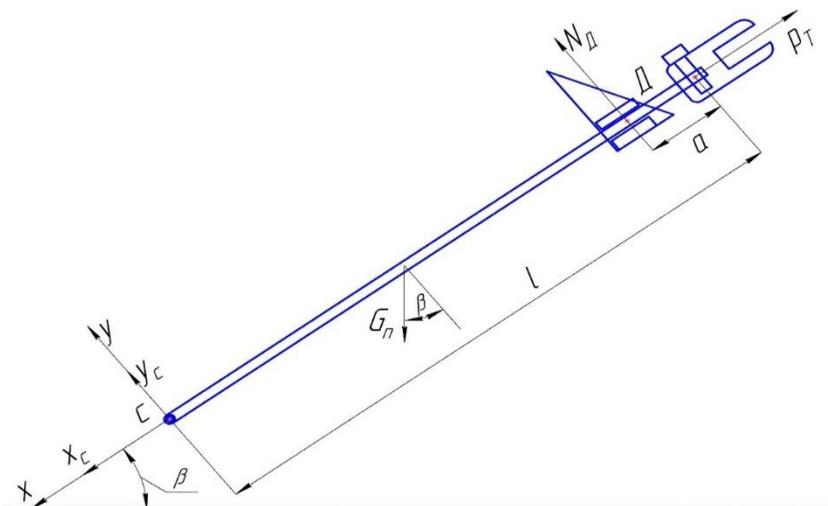


Рисунок 2.10 - Схема к определению реакции опор плоской рессорной пружины БРУ

Где: a – расстояние от тягово-сцепного устройства, м; l – длина рессорной пружины, м; N_d – реакция демпфера,; P_T – тяговое усилие, Н; y_c и x_c – реакции в

точке c , Н; G_n – вес плоской рессорной пружины, Н; β – угол поверхности движения, °.

$$\left. \begin{aligned} \sum F_{kx} = 0 & \quad x_c - P_T + G_n \cdot \sin\beta = 0 \\ \sum M_c(F_k) = 0 & \quad -G_n \cdot \cos\beta \cdot \frac{l}{2} + N_D \cdot (l - a) = 0 \\ \sum M_D(F_k) = 0 & \quad -y_c \cdot (l - a) + G_n \cdot \cos\beta \cdot \left(\frac{l}{2} - a\right) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.61)$$

$$x_c = P_T - G_n \cdot \sin\beta. \quad (2.62)$$

$$N_D = \frac{G_n \cdot \cos\beta \cdot \frac{l}{2}}{l - a}. \quad (2.63)$$

$$y_c = \frac{G_n \cdot \cos\beta \cdot \left(\frac{l}{2} - a\right)}{l - a}. \quad (2.64)$$

Схема силовых реакций торсионная оси БРУ представлена на рисунке 2.11.

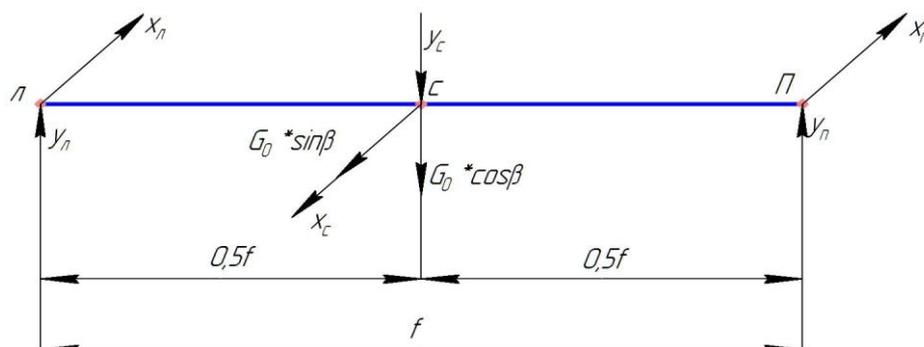


Рисунок 2.11 - Схема к определению реакций связи поперечной торсионной оси БРУ

Где: G_0 – вес торсионной оси, Н; $x_{л}$ и $y_{л}$; $x_{п}$ и $y_{п}$ – реакции левой и правой опоры, Н; f – длина торсионной оси, м.

Так как точка c находится в срединной части торсионной оси, можно считать $x_{л} = x_{п}$ и $y_{л} = y_{п}$, тогда уравнения равновесия рассматриваем в двух плоскостях (рисунок 2.11):

в горизонтальной плоскости

$$\sum M_{л} = 0 \quad -x_c \cdot 0,5f + x_{п}f - G_0 \cdot \sin\beta \cdot 0,5f = 0 \quad (2.65)$$

$$\text{при } x_{п} = x_{л} = x_c \cdot 0,5 + G_0 \cdot \sin\beta \cdot 0,5 = 0,5(P_T - G_n \cdot \sin\beta + G_0 \cdot \sin\beta) \quad (2.66)$$

в вертикальной плоскости

$$\sum M_{л} = 0 \quad -y_c \cdot 0,5f - G_0 \cdot \cos\beta \cdot 0,5f + y_{п} \cdot f = 0 \quad (2.67)$$

$$\text{При } y_{\text{п}} = y_{\text{л}} = 0,5(y_c - G_0 \cdot \cos\beta) = 0,5 \left(\frac{G_n \cdot \cos\beta \left(\frac{l}{2} - a\right)}{l - a} + G_0 \cdot \cos\beta \right) \quad (2.68)$$

Составляем уравнения равновесия для звена ТТА «трактор», используя схему на рисунке 2.12.

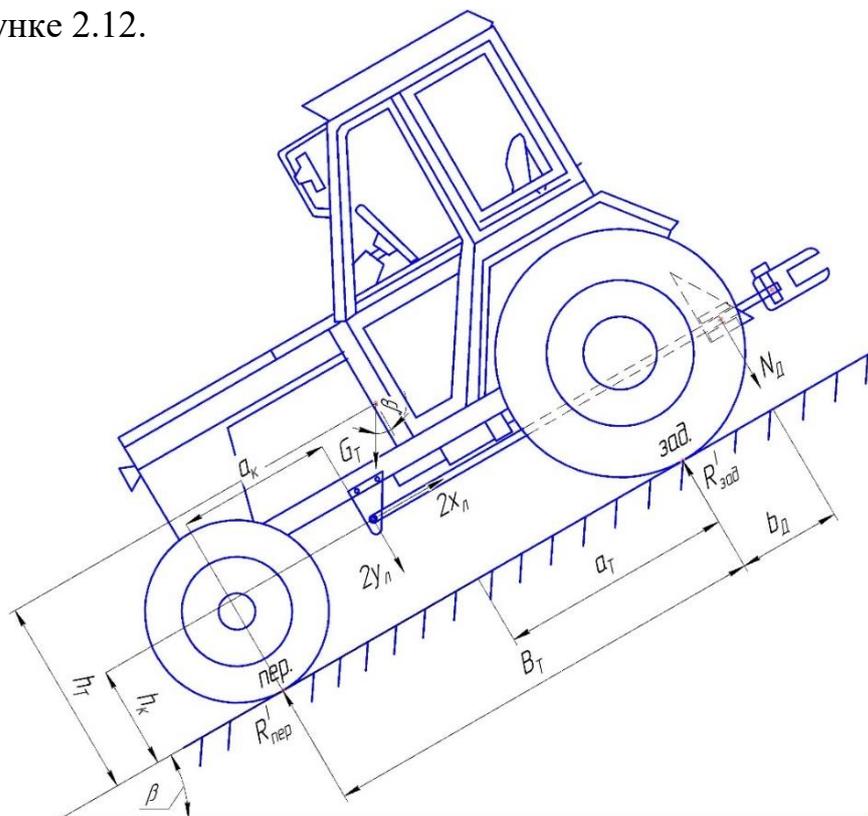


Рисунок 2.12 - Схема действия сил к определению вертикальных составляющих реакции поверхности земли на трактор

Где: b_D – расстояние от опоры заднего колеса до линии действия силы N_D , м;

a_k – расстояние от опоры переднего колеса до линии действия силы $u_{\text{л}}$, м;

h_k – расстояние от поверхности земли до точки соединения кронштейна и торсионной оси БРУ, м;

h_T – высота расположения центра тяжести трактора, м

Составляем уравнения равновесия согласно схемы на рисунке 2.12.

$$\begin{aligned} \sum M_{\text{пер}} = 0 & \quad G_T \cdot \sin\beta \cdot h_T - G_T \cdot \cos\beta (B_T - a_T) + R'_{\text{зад}} \cdot B_T - \\ & \quad - N_D (B_T + b_D) - 2y_{\text{л}} \cdot a_k - 2x_{\text{л}} \cdot h_k = 0 \\ \sum M_{\text{зад}} = 0 & \quad - R'_{\text{пер}} \cdot B_T + G_T \cdot \sin\beta \cdot h_T + G_T \cdot \cos\beta \cdot a_T + \\ & \quad + 2y_{\text{л}} (B_T - a_k) - 2x_{\text{л}} \cdot h_k - N_D \cdot b_D = 0 \end{aligned} \quad (2.69)$$

$$R'_{\text{зад}} = \frac{G_T \cdot \cos\beta (B_T - a_T) - G_T \cdot \sin\beta \cdot h_T + N_D (B_T + b_D)}{B_T} + \frac{2y_{\text{л}} \cdot a_k + 2x_{\text{л}} \cdot h_k}{B_T} \quad (2.70)$$

$$R'_{\text{пер}} = \frac{G_T \cdot \cos\beta \cdot a_T + G_T \cdot \sin\beta \cdot h_T + 2y_L(B_T - a_K) - 2x_L \cdot h_K - N_D \cdot b_D}{B_T}. \quad (2.71)$$

Подставим в выражения (2.71) и (2.72) формулы (2.64), (2.67) и (2.69).

$$R'_{\text{пер}} = \frac{G_T \cdot \sin\beta \cdot h_T + G_T \cdot \cos\beta \cdot a_T - P_T \cdot h_K}{B_T} + \frac{G_n \cdot \cos\beta \left(\left(\frac{l}{2} - a \right) - b_D \right) \cdot (B_T - a_K)}{(l-a)B_T} + \frac{G_0(\cos\beta(B_T - a_K) - h_K \cdot \sin\beta)}{B_T} + \frac{G_n \cdot \sin\beta \cdot h_K}{B_T} \quad (2.72)$$

$$R'_{\text{зад}} = \frac{G_T \cdot \cos\beta \cdot (B_T - a_T) - G_T \cdot \sin\beta \cdot h_T + P_T \cdot h_K}{B_T} + \frac{G_n \cdot \cos\beta \left(\frac{l}{2}(B_T + b_D) + \left(\frac{l}{2} - a \right) \cdot a_K \right)}{(l-a)B_T} + \frac{G_0(\cos\beta \cdot a_K + \sin\beta \cdot h_K)}{B_T} - \frac{G_n \cdot \sin\beta \cdot h_K}{B_T} \quad (2.73)$$

Получаем изменения вертикальных реакций для опор трактора с БРУ

$$\Delta_{\text{пер}} = \frac{G_n \cdot \cos\beta \left(\left(\frac{l}{2} - a \right) - b_D \right) \cdot (B_T - a_K)}{(l-a)B_T} + \frac{G_0(\cos\beta(B_T - a_K) - h_K \cdot \sin\beta)}{B_T} + \frac{G_n \cdot \sin\beta \cdot h_K}{B_T} \quad (2.74)$$

$$\Delta_{\text{зад}} = \frac{G_n \cdot \cos\beta \left(\frac{l}{2}(B_T + b_D) + \left(\frac{l}{2} - a \right) \cdot a_K \right)}{(l-a)B_T} + \frac{G_0(\cos\beta \cdot a_K + \sin\beta \cdot h_K)}{B_T} - \frac{G_n \cdot \sin\beta \cdot h_K}{B_T} \quad (2.75)$$

Анализ полученных выражений (2.57) и (2.58), а также (2.74) и (2.75) позволяет сделать вывод, что в результате работы БРУ задняя ось и передняя ось трактора с БРУ в работе загружаются.

Проведенные теоретические исследования, с учётом конструктивных особенностей ТТА, позволяют предположить, что установка буксирно-распределяющего устройства способствует распределению сцепного веса в ходовой системе экспериментального трактора, что позволяет стабилизировать ходовую систему ТТА и дополнительно догрузить управляемый мост трактора в пределах 12...16% по сравнению с серийным агрегатом, что не повлечёт потери управляемости при равномерном поступательном движении на спуске [154].

2.5 Распределение нагрузки при движении ТТА с БРУ по горизонтальной поверхности

Для определения условий распределения весовой нагрузки на опоры буксирующего колёсного трактора и составления уравнений равновесия, описывающих процессы перераспределения, рассмотрим тракторно-

транспортный агрегат (ТТА) как составную конструкцию в следующих вариантах:

-вариант А: Трактор без устройства + прицеп;

-вариант Б: Трактор с устройством + торсионная ось крепления

устройства+ плоская рессорная пружина с установленным тягово-сцепным устройством (ТСУ) + прицеп.

Для этого покажем все силы, действующие на составные части конструкции по варианту А (рисунок 2.13) и рассмотрим равновесие

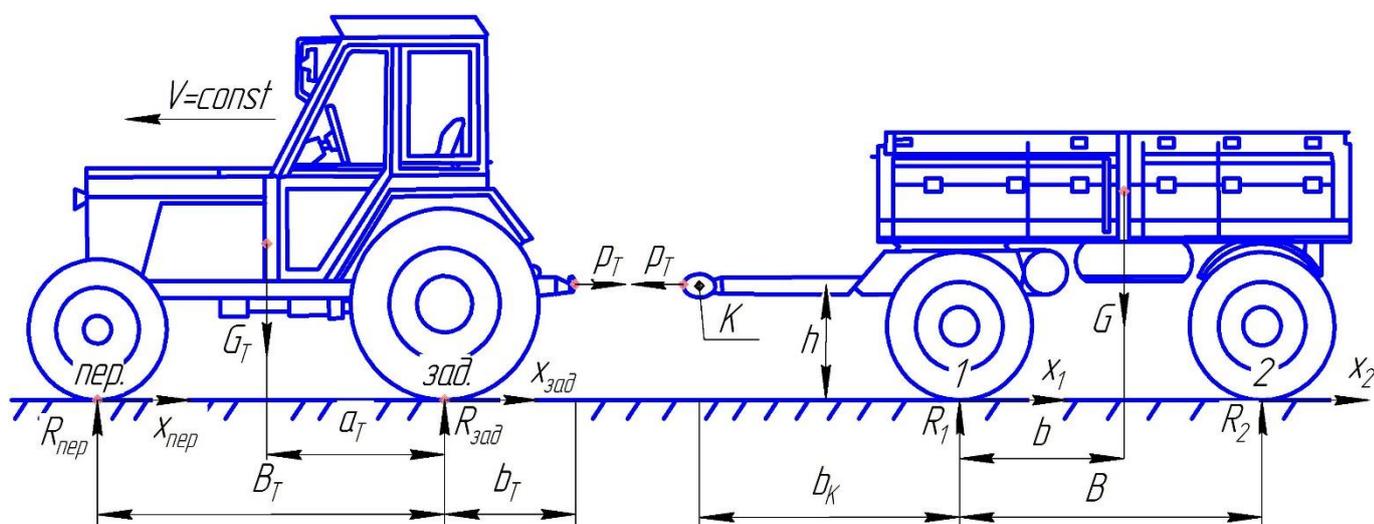


Рисунок 2.13- Схема действия сил к определению вертикальных составляющих реакций поверхности по варианту А

Где: B_T – колёсная база трактора, м; a_T – расстояние от центра тяжести трактора до опоры заднего колеса трактора, м; b_T – расстояние от сцепной петли буксирного устройства до опоры заднего колеса трактора, м; h – расстояние от дышла до поверхности движения, м; G – вес прицепа, Н; G_T – вес трактора, Н; R_1 и R_2 – вертикальные составляющие реакции поверхности под опорами (колёсными движителями) прицепа, Н; x_1 и x_2 – горизонтальные составляющие силовой реакции опор прицепа, Н; P_T – тяговое усилие трактора, Н; $R_{пер}$ и $R_{зад}$ – вертикальные составляющие силовой реакции поверхности движения под опорами (колёсными движителями) трактора, Н; $x_{пер}$ и $x_{зад}$ – горизонтальные составляющие силовой реакции поверхности под опорами (колёсными движителями) трактора, Н; B – колёсная база прицепа, м; b – расстояние от центра тяжести прицепа до опоры направляющего колеса

прицепа, м; b_k – расстояние от сцепной петли до опоры направляющего колеса прицепа, м.

Составим уравнения равновесия для прицепа:

$$\left. \begin{aligned} \sum M_1(F_k) = 0 & \quad R_2 \cdot B - G \cdot b + P_T \cdot h = 0 \\ \sum M_2(F_k) = 0 & \quad -R_1 \cdot B + G \cdot (B - b) + P_T \cdot h = 0 \\ \sum F_{ky} = 0 & \quad -G + R_1 + R_2 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.76)$$

$$\text{тогда} \quad R_2 = \frac{G \cdot b - P_T \cdot h}{B}. \quad (2.77)$$

$$R_1 = \frac{G(B - b) + P_T \cdot h}{B}. \quad (2.78)$$

Составим уравнение равновесия для реакций поверхности движения под опорами (колёсными движителями) трактора:

$$\left. \begin{aligned} \sum M_{\text{пер}}(F_k) = 0 & \quad R_{\text{зад}} \cdot B_T - G_T(B_T - a_T) = 0 \\ \sum M_{\text{зад}}(F_k) = 0 & \quad -R_{\text{пер}} \cdot B_T + G_T \cdot a_T = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.79)$$

$$\text{тогда} \quad R_{\text{зад}} = \frac{G_T \cdot (B_T - a_T)}{B_T}. \quad (2.80)$$

$$\text{тогда} \quad R_{\text{пер}} = \frac{G_T \cdot a_T}{B_T}. \quad (2.81)$$

Горизонтальные составляющие реакции поверхности движения под опорами прицепа и трактора определять не будем, так как устройство оказывает влияние только на вертикальные составляющие реакции поверхности.

Рассмотрим составную конструкцию с буксирно-распределяющим устройством по варианту Б.

Разбиваем конструкцию ТТА на составные части:

трактор + поперечная торсионная ось крепления устройства + плоская рессорная пружина устройства с установленным ТСУ + прицеп

Покажем все силы, действующие на рассматриваемые части составной конструкции (рисунок 2.14).

Схемы (рисунок 2.13 и рисунок 2.14) позволяют предположить, что действие сил на прицеп не изменилось, следовательно выражения (2.77) и (2.78) справедливы при рассмотрении ТТА с установленным предлагаемым устройством.

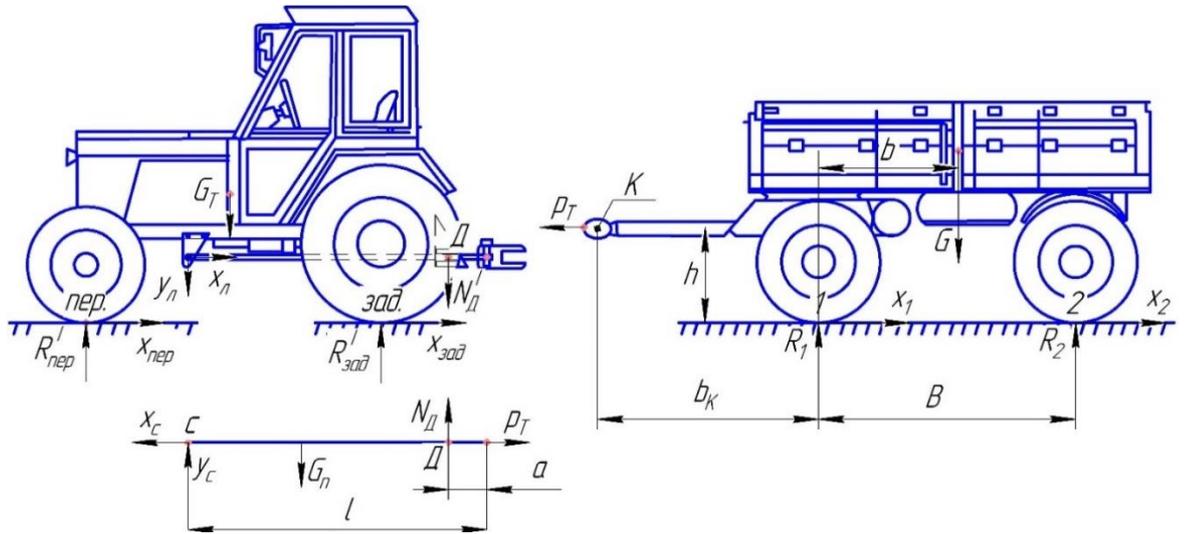


Рисунок 2.14- Схема действующих сил к определению вертикальных составляющих реакций поверхности движения ТТА с устройством по варианту

Б

Схема к определению реакций опор плоской рессорной пружины устройства с ТСУ представлена на рисунке 2.15.

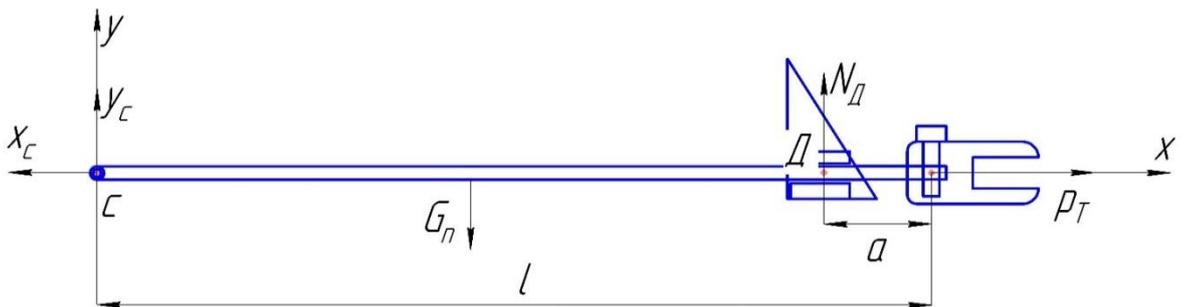


Рисунок 2.15 - Схема к определению реакции опор плоской рессорной пружины БРУ

где: a – расстояние от тягово-сцепного устройства, м; l – длина рессорной пружины, м; D – реакция демпфера, Н; P_T – тяговое усилие, Н; y_c и x_c – реакции в точке c , Н; G_n – вес плоской рессорной пружины, Н.

Составляем уравнения равновесия для каждой части конструкции, используя схему на рисунке 2.15.

$$\left. \begin{aligned} \sum F_{kx} = 0 & \quad -x_c + P_T = 0 \\ \sum M_c(F_k) = 0 & \quad -G_n \cdot \frac{l}{2} + N_D \cdot (l - a) = 0 \\ \sum M_D(F_k) = 0 & \quad -y_c \cdot (l - a) + G_n \cdot \left(\frac{l}{2} - a\right) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.82)$$

$$\text{тогда } x_c = P_T. \quad (2.83)$$

$$\text{тогда } N_D = \frac{G_n \cdot \frac{l}{2}}{l-a}. \quad (2.84)$$

$$\text{тогда } y_c = \frac{G_n(\frac{l}{2}-a)}{l-a}. \quad (2.85)$$

Для дальнейших расчётов используем схему на рисунке 2.11

Так как точка C находится в срединной части торсионной оси, можно считать, что $x_l = x_{II}$ и $y_l = y_{II}$, тогда уравнения равновесия рассматриваем в двух плоскостях:

- в горизонтальной плоскости

$$\sum M_l(F_k) = 0 \quad - x_c \cdot 0,5f + x_{II}f = 0. \quad (2.86)$$

$$\text{тогда } x_{II} = x_l = 0,5x_c. \quad (2.87)$$

- в вертикальной плоскости

$$\sum M_l(F_k) = 0 \quad - y_c \cdot 0,5f - G_0 \cdot 0,5f + y_{II} \cdot f = 0. \quad (2.88)$$

$$\text{тогда } y_{II} = y_l = 0,5(y_c - G_0). \quad (2.89)$$

с учётом выражений (2.82) и (2.84) получаем:

$$x_{II} = x_l = 0,5 \cdot P_T. \quad (2.90)$$

$$y_{II} = y_l = 0,5 \cdot \left(\frac{G_n(0,5l-a)}{l-a} - G_0 \right). \quad (2.91)$$

Рассмотрим силовые реакции горизонтальной поверхности на опоры трактора согласно схеме на рисунке 2.16.

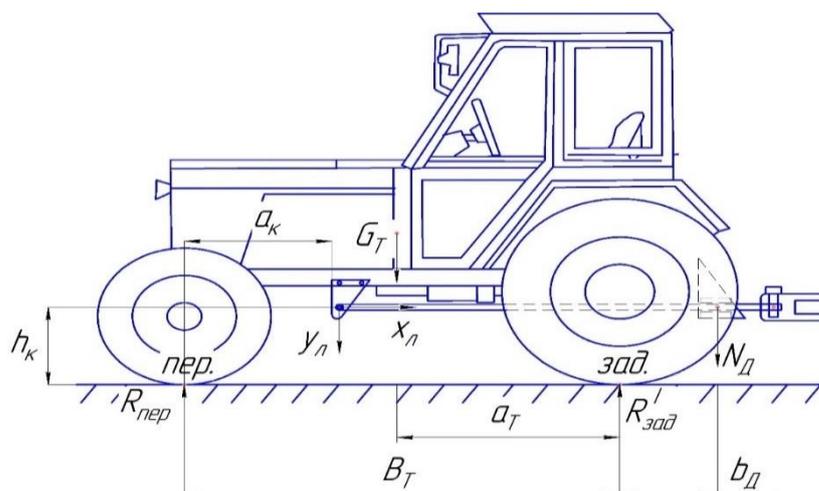


Рисунок 2.16 - Схема к определению вертикальных составляющих силовых реакций поверхности движения на трактор

где: b_D – расстояние от опоры заднего колеса до вертикальной проекции действия силы N_D , м; a_K – расстояние от опоры переднего колеса до линии действия силы y_L , м; h_K – расстояние от поверхности земли до точки соединения кронштейна и торсионной оси устройства, м.

Составляем уравнения равновесия согласно схемы на рисунке 2.16.

$$\left. \begin{aligned} \sum M_{\text{пер}} = 0 & \quad - y_L \cdot a_K - x_L \cdot h_K - G_T(B_T - a_T) - \\ & \quad - N_D(B_T + b_D) + R'_{\text{зад}} \cdot B_T = 0 \\ \sum M_{\text{зад}}(F_K) = 0 & \quad - R'_{\text{пер}} \cdot B_T + y_L(B_T - a_K) - \\ & \quad - x_L \cdot h_K + G_T \cdot a_T - N_D \cdot b_D = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.92)$$

$$R'_{\text{зад}} = \frac{G_T(B_T - a_T) + N_D(B_T + b_D) + y_L \cdot a_K + x_L \cdot h_K}{B_T} = \frac{G_T(B_T - a_T)}{B_T} + \frac{N_D(B_T + b_D) + y_L \cdot a_K + x_L \cdot h_K}{B_T}. \quad (2.93)$$

$$R'_{\text{пер}} = \frac{G_T \cdot a_T + y_L(B_T - a_K) - x_L \cdot h_K - N_D \cdot b_D}{B_T} = \frac{G_T \cdot a_T}{B_T} + \frac{y_L(B_T - a_K) - x_L \cdot h_K - N_D \cdot b_D}{B_T}. \quad (2.94)$$

Анализ выражений (2.93), (2.94) и (2.80), (2.81) показывает, что происходят изменения вертикальных составляющих силовых реакций поверхности под опорами трактора, которые составят:

для задней опоры (колёсного движителя) экспериментального трактора

$$\Delta_{\text{зад}} = \frac{N_D(B_T + b_D) + y_L \cdot a_K + x_L \cdot h_K}{B_T}. \quad (2.95)$$

для передней опоры (колёсного движителя) экспериментального трактора

$$\Delta_{\text{пер}} = \frac{y_L(B_T - a_K) - x_L \cdot h_K - N_D \cdot b_D}{B_T}. \quad (2.96)$$

С учётом выражений (2.95), (2.88), (2.91) получаем изменения вертикальных реакций для опор трактора с устройством

$$\Delta_{\text{зад}} = \frac{1}{2} \left(\frac{G_n}{(l-a)B_T} (l(B_T + b_D + 0,5a_K) - a \cdot a_K) - \frac{G_0 \cdot a_K}{B_T} + \frac{P_T \cdot h_K}{B_T} \right). \quad (2.97)$$

$$\Delta_{\text{пер}} = \frac{1}{2} \left(\frac{G_n}{(l-a)B_T} ((0,5l - a)(B_T - a_K) - l \cdot b_D) - G_0 \left(1 - \frac{a_K}{B_T} \right) - \frac{P_T \cdot h_K}{B_T} \right). \quad (2.98)$$

Анализируя выражения (2.97) и (2.98) делаем вывод, что задняя ось трактора с устройством в работе загружается, а передняя управляемая-разгружается.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают, что изменение веса, приходящегося на колёса трактора, корректирует положение центра тяжести, что позволит в общем случае увеличить тягово-сцепные свойства трактора [154].

2.6 Теоретические исследования по повышению устойчивости тракторно-транспортного агрегата с БРУ против опрокидывания при галопировании

Одной из особенностей при передвижении транспортных агрегатов по дорогам, имеющим значительные показатели крутизны продольного уклона поверхности движения, особенно при движении на подъём, является воздействие агрегируемого прицепа на стабилизацию ходовой системы трактора.

Как отмечалось ранее, производственными наблюдениями установлено, что при движении под уклон в холмистых участках местности динамический фактор прицепа производит догрузку передней оси трактора, ухудшая управляемость. При движении же на подъём прицепной агрегат уменьшает сцепной вес трактора, смещая центр масс в направлении задней оси, снижает продольную устойчивость, увеличивая опасность переворачивания вследствие галопирования трактора, то есть неконтролируемого поднятия передней оси управляемой трактора. Особенно значительно эти зависимости проявляются при эксплуатации тракторов моноблочной компоновки с колёсами различного диаметра, в связи с чем они имеют ограничения по использованию в условиях склонных ландшафтов

Таким образом, существует необходимость теоретических изысканий в направлении воздействия предлагаемого устройства-БРУ, на галопирование и переворачивание трактора вокруг задней оси.

Для реализации поставленной цели и проведения теоретического обоснования, основываясь на работы авторов примем тракторно-транспортный агрегат, как механическую систему, состоящую из элементов: трактор, буксирно-распределяющее устройство, прицеп и используем схемы на рисунках 2.11, 2.14, 2.15.

Рассмотрим опрокидывание трактора относительно задней опоры для серийного трактора. Для этого составим уравнение равновесия относительно задней опоры (рисунок 2.14). При опрокидывании, отрыве переднего моста от поверхности $R_{\text{пер}} = 0$.

$$\sum M_{\text{зад}}(F_k) = 0 - R_{\text{пер}} \cdot B_T + G_T \cdot a_T = P_T \cdot h_k = 0, \quad (2.99)$$

$$R_{\text{пер}} = \frac{G_T \cdot a_T}{B_T} - \frac{P_T \cdot h_k}{B_T}, \quad (2.100)$$

При опрокидывании получаем (2.98)

$$G_T \cdot a_T - P_T \cdot h_k = 0. \quad (2.101)$$

при условии $G_T \cdot a_T < P_T \cdot h_k$

Рассмотрим опрокидывание трактора относительно задней опоры при работе с устройством. Для этого составим уравнения равновесия относительно задней опоры экспериментального трактора с установленным с буксирно-распределяющим устройством согласно схеме на рисунке 2.14 при отрыве передних колёс от поверхности движения и переворачивания трактора.

$$\sum M_{\text{зад}}(F_k) = 0 - R'_{\text{пер}} \cdot B_T + y_L(B_T - a_k) - x_L \cdot h_k + G_T \cdot a_T - N_D \cdot b_D = 0. \quad (2.102)$$

$$\text{Тогда } R'_{\text{пер}} = \frac{G_T \cdot a_T + y_L(B_T - a_k) - x_L \cdot h_k - N_D \cdot b_D}{B_T} = \frac{G_T \cdot a_T}{B_T} + \frac{y_L(B_T - a_k) - x_L \cdot h_k - N_D \cdot b_D}{B_T}. \quad (2.103)$$

Так как при опрокидывании $R'_{\text{пер}} = 0$

$$\frac{G_T \cdot a_T}{B_T} + \frac{y_L(B_T - a_k) - x_L \cdot h_k - N_D \cdot b_D}{B_T} = 0. \quad (2.104)$$

$$G_T \cdot a_T + y_L (B_T - a_K) - x_L \cdot h_k - N_D \cdot b_D = 0. \quad (2.105)$$

Получаем условия опрокидывания при галопировании экспериментального трактора

$$G_T \cdot a_T + y_L (B_T - a_K) < x_L \cdot h_k - N_D \cdot b_D. \quad (2.106)$$

Согласно ранее полученным формулам (2.102-2.105)

$$G_T \cdot a_T + \frac{G_{\Pi}(0,5\ell-a)}{\ell-a} (B_T - a_K) < P_T \cdot h_k + \frac{0,5G_{\Pi}}{\ell-a} \cdot B_D \quad (2.107)$$

$$\text{Или } G_T \cdot a_T + \frac{G_{\Pi}(0,5\ell-a)}{\ell-a} (B_T - a_K) < P_T h_k + \frac{0,5G_{\Pi}}{\ell-a} \cdot B_D + G_0 (B_T - a_K). \quad (2.108)$$

С учётом взаимодействующих величин получена, при сравнении формул (2.101) и (2.108) получена величина увеличения параметров, уменьшающих вероятность опрокидывания, для экспериментального трактора

$$\Delta = \frac{G_{\Pi}(0,5\ell-a)}{\ell-a} (B_T - a_K) - \frac{0,5G_{\Pi}}{\ell-a} \cdot B_D - G_0 (B_T - a_K). \quad (2.109)$$

Таким образом, сформированный математический аппарат подтверждает научную гипотезу о том, что при использовании предлагаемого устройства вероятность опрокидывания трактора при галопировании уменьшается за счёт перемещения воздействующей внешней нагрузки в точку, расположенную ближе к передней опоре трактора. Следовательно, применение устройства предложенной конструкции- БРУ, позволяет добиться не только стабилизации ходовой системы трактора, но и повысить устойчивость колёсного энергетического средства против опрокидывания при проявлении эффекта галопирования.

2.7 Применение эмулирования и 3-D моделирования предлагаемой конструкции и производственных процессов при теоретических исследованиях

Актуальные научные исследования требуют применения инновационных методов и современных подходов к формированию лабораторно-приборного комплекса. Так применение программных продуктов для создания как

статических, так и динамических моделей методом эмуляции взаимодействия процессов и механизмов представляется значимым и перспективным направлением при теоретических научных исследованиях, учитывая, что развитие современных технологий позволяет проектировать как сложные, так и простые объекты в электронной среде.

При этом некоторые среды для 3D моделирования позволяют не только создать электронную цифровую модель объекта, но и провести эмуляцию работы агрегата, учитывая его конструкцию, технологические характеристики и физические свойства почв в заданных параметрах. Наиболее оптимальным для проектирования сельскохозяйственных агрегатов выбрано программное обеспечение Blender, позволяющее работать не только с простыми формами, но и со сложными геометрическими фигурами, а также задавать физические свойства и условия объектам в 3D пространстве.

Применение программного обеспечения, позволяющего исследовать физические свойства для отдельных элементов 3D сцены, также дает возможность проверки эффективности применения внедряемых устройств в производственных условиях до производства их в металле, что значительно экономит материальные и финансовые средства.

Исследования проведены для определения геометрических размеров устройства (рисунок 2.17-2.20), соотношения параметров движения транспортного агрегата в различных условиях местности с переменной нагруженностью предлагаемого устройства до достижения пределов переворачивания или опрокидывания ТГА (рисунок 2.21-2.27), а также технологических и колебательных характеристик агрегата (рисунок 2.28-2.30) при формировании опытного устройства по патенту РФ № 2753047 «Буксирно-распределяющее устройство»

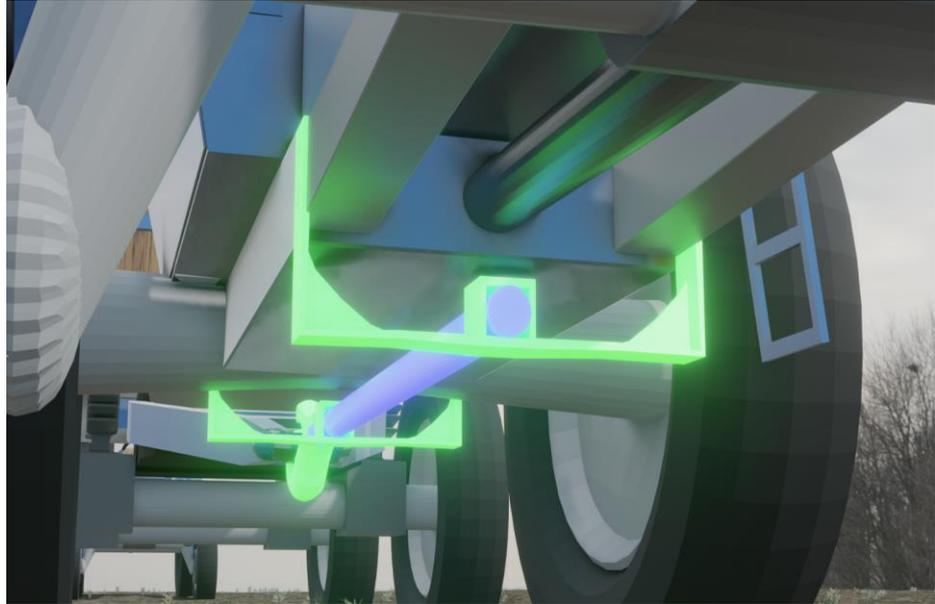


Рисунок 2.17- Фрагменты эмуляции установочных элементов и крепления передней части устройства на раме трактора

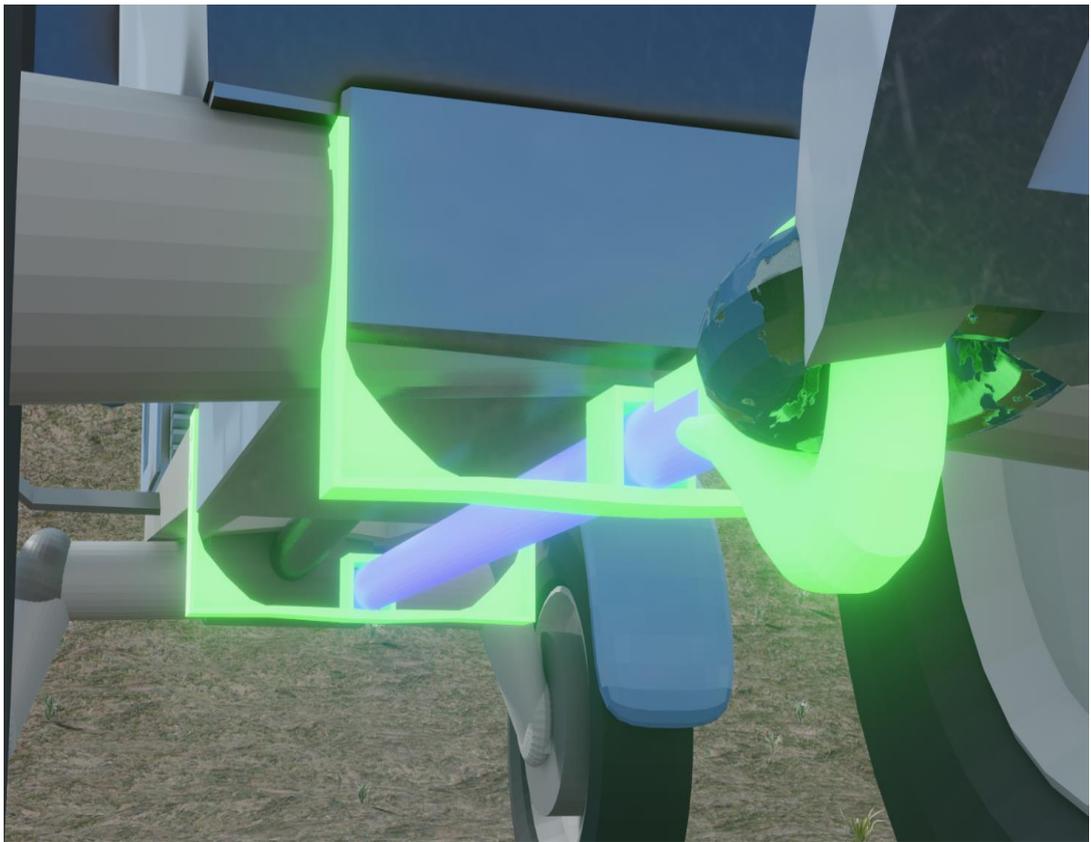


Рисунок 2.18- Фрагменты эмуляции установочных элементов и крепления тыльной части устройства на раме трактора

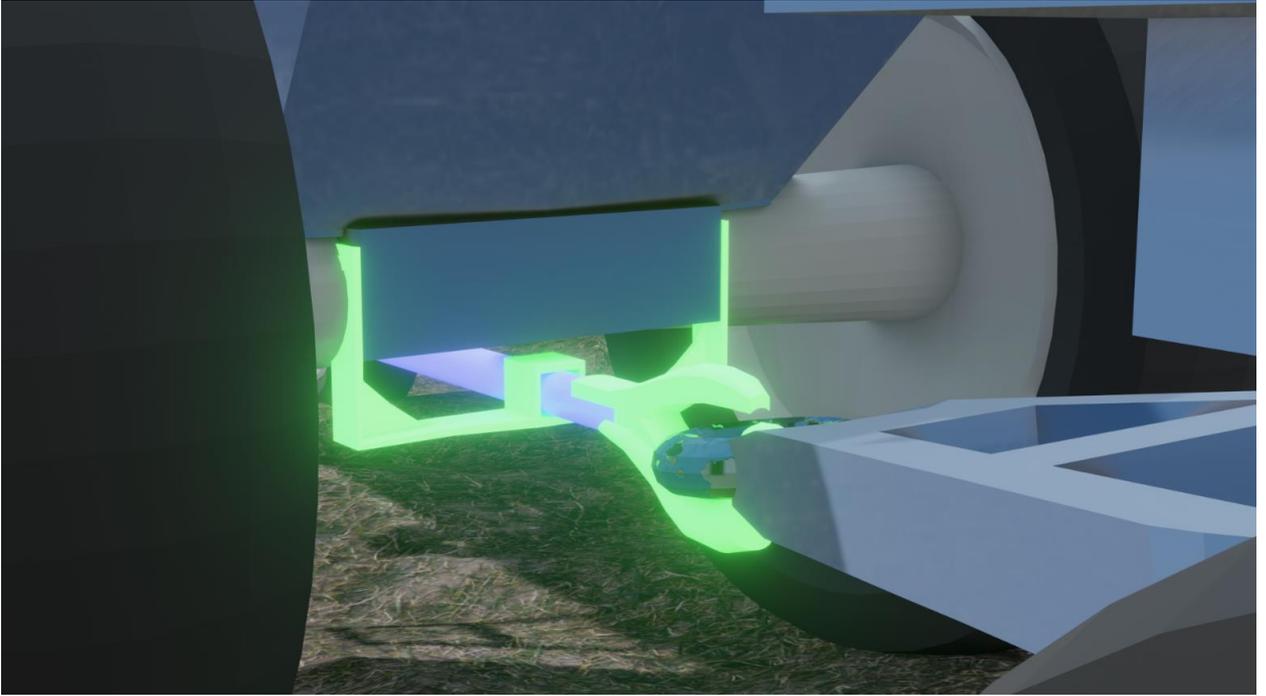


Рисунок 2.19- Фрагменты эмуляции элементов перспективного буксирно-распределяющего устройства

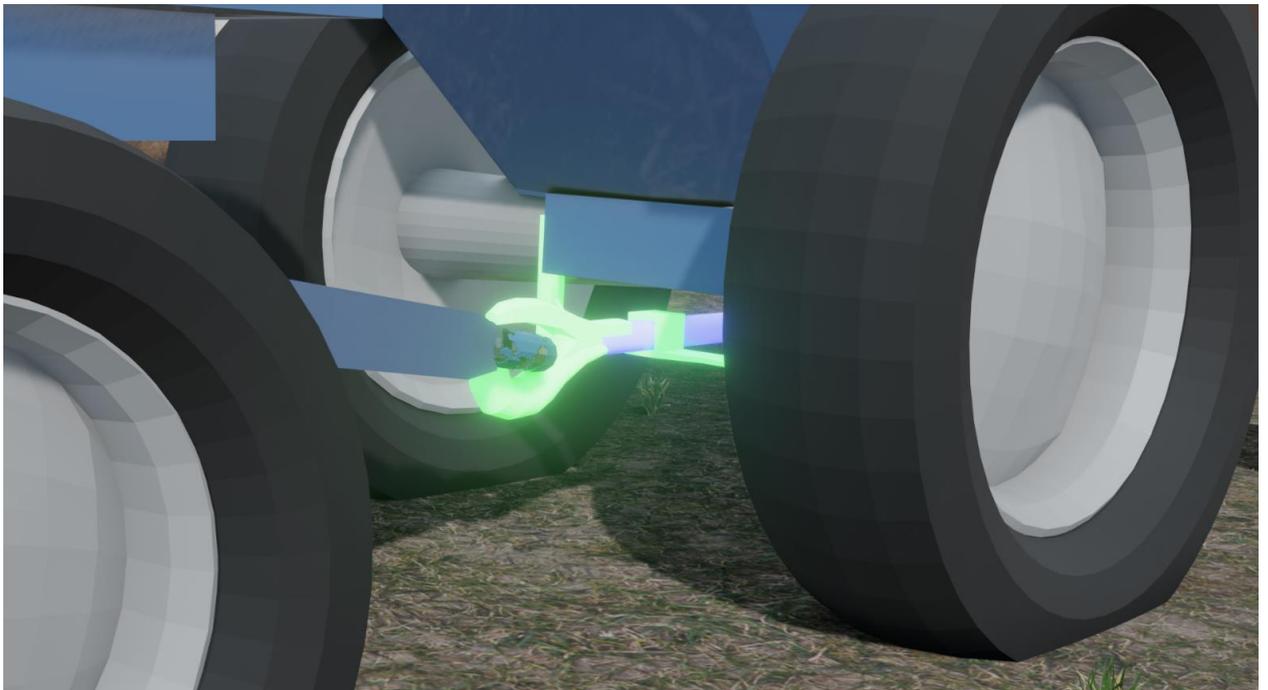


Рисунок 2.20- Фрагменты эмуляции установочного узла перспективного буксирно-распределяющего устройства



Рисунок 2.21- Фрагменты эмуляции опрокидывания при движении серийного ТГА на подъем



Рисунок 2.22- Фрагменты эмуляция движения экспериментального ТГА на подъем



Рисунок 2.23- Фрагменты эмуляции движения серийного ТТА на спуске

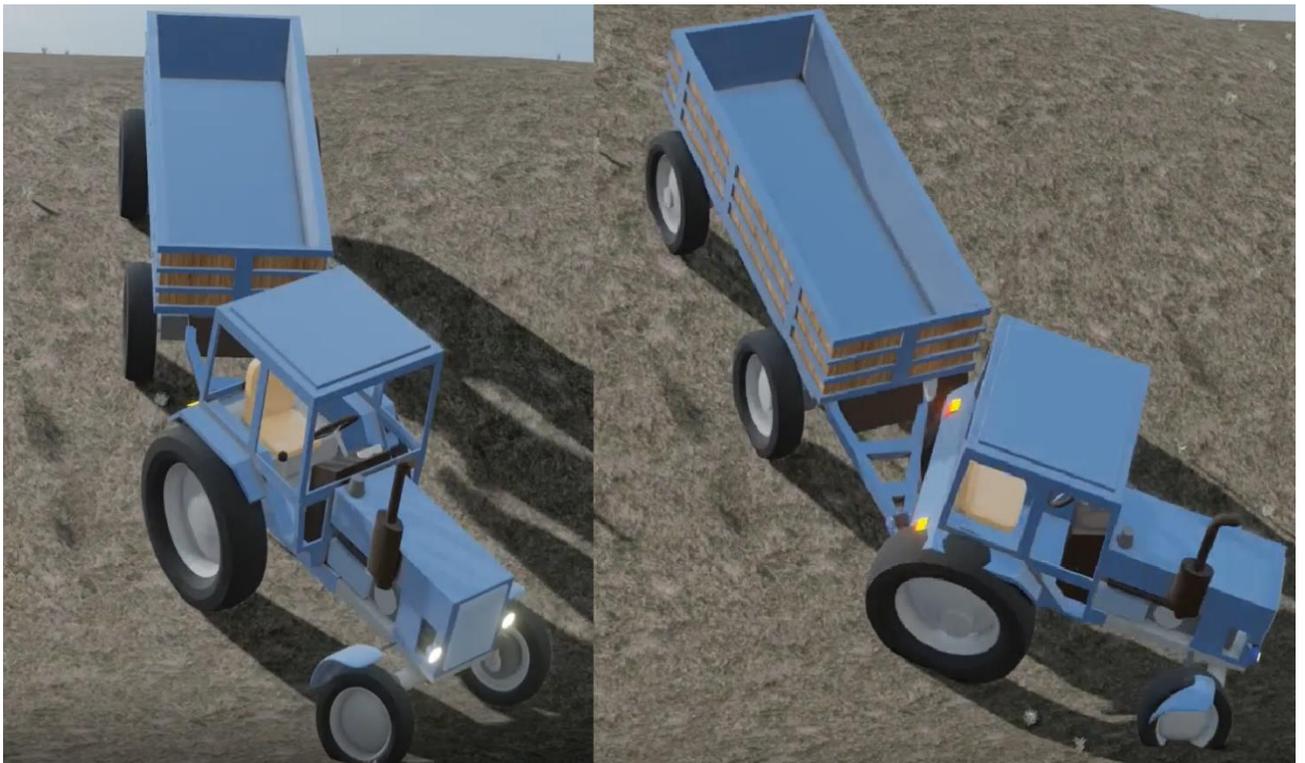


Рисунок 2.24- Фрагменты эмуляции процесса, предшествующего опрокидыванию серийного ТТА при движении на спуске

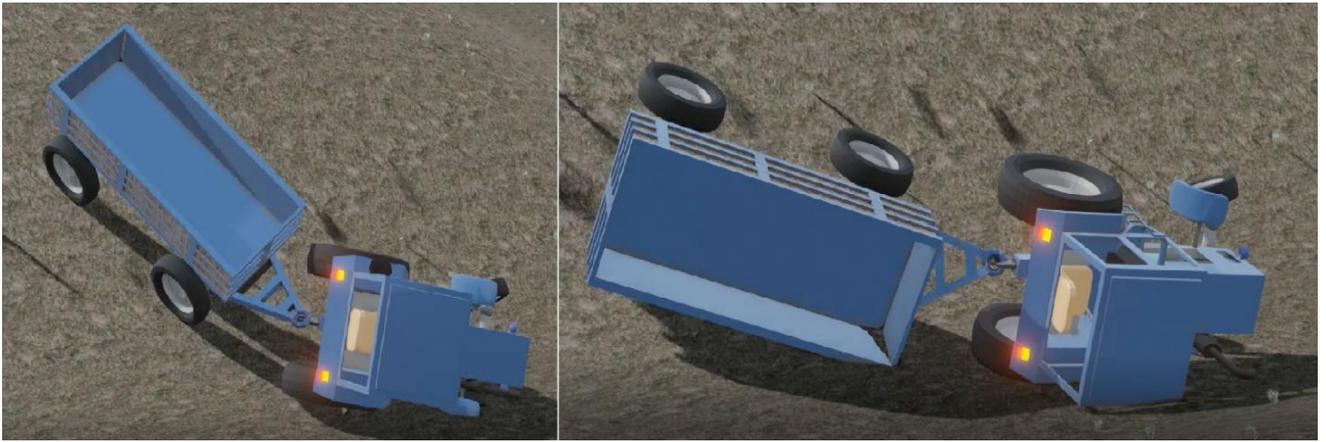


Рисунок 2.25- Фрагменты эмуляции опрокидывания при движении серийного ТТА на спуске



Рисунок 2.26- Фрагменты эмуляции движения экспериментального ТТА на спуске



Рисунок 2.27- Фрагменты эмуляции движения экспериментального ТТА на спуске



Рисунок 2.28- Фрагменты эмуляции движения экспериментального ТТА на спуске



Рисунок 2.29- Фрагменты эмуляции движения при определении технологических и колебательных характеристик серийного агрегата



Рисунок 2.30- Фрагменты эмуляции движения при определении технологических и колебательных характеристик экспериментального агрегата

Программное обеспечение и полученные результаты позволили подтвердить научную гипотезу и теоретические исследования в том, что при

передвижении ТТА будет происходить перераспределение сцепного веса не только на задние движители, но и на центральную и переднюю часть трактора, что позволит увеличить тягово-сцепные свойства, достичь более высоких агротехнических скоростей, улучшить показатели проходимости и снизить параметры опрокидывания агрегата. Однако в среде 3D моделирования нужной степени упругости рессорной пружины удалось добиться только придав ей цилиндрическую форму, что немного отходит от проектируемого прототипа внешне. Это решение не повлияло на результат при практическом применении, но позволило сформировать более технологичную конструкцию при последующей модернизации устройства. На последующее техническое решение получен патент на изобретение № 2780711 «Буксирно-сцепное устройство с вертикальным регулированием».

2.8 Теоретические исследования по расчёту показателей производительности экспериментального агрегата

Как известно, производительность любого транспортного средства в основном зависит от трех основных показателей:

- количество перевозимого груза;
- пройденный путь;
- время работы агрегата.

При этом необходимо отметить, что эти показатели зависят от ряда факторов, которые сложно соблюсти в производственной деятельности и добиться их постоянных величин. Так, на количество перевозимого груза напрямую влияет коэффициент использования грузоподъёмности, на пройденный путь- коэффициент использования пробега, а на время работы- коэффициент использования времени смены. В нашем случае при сравнении работы ТТА первые два показателя условно должны быть одинаковыми, так как иначе мы не получим адекватных условий эксплуатации. В связи с чем

проанализируем более подробно последний показатель, а именно время нахождения в пути, которое предлагается определить по формуле

$$t_{\text{обс}} = \frac{L_{rc}}{\varphi \cdot V_{\text{срт}}} + t_{\text{пр}} \quad (2.110)$$

где L_{rc} - путь, пройденный транспортным средством с грузом, км; φ - коэффициент использования пробега, $V_{\text{срт}}$ - средняя техническая скорость транспортного средства, км/ч; $t_{\text{пр}}$ - время простоя транспортного средства под загрузкой и разгрузкой, ч.

Анализируя более подробно формулу (2.110) можно отметить, что основной показатель, который влияет на время нахождения в пути при прочих равных условиях, это пройденный путь.

Для лучшего анализа эффективности работы ТТА воспользуемся ранее полученными формулами (ф. 2.7 и 2.8). С учётом того, что при работе ТТА характер движения носит волнообразный характер, рисунок 2.31.

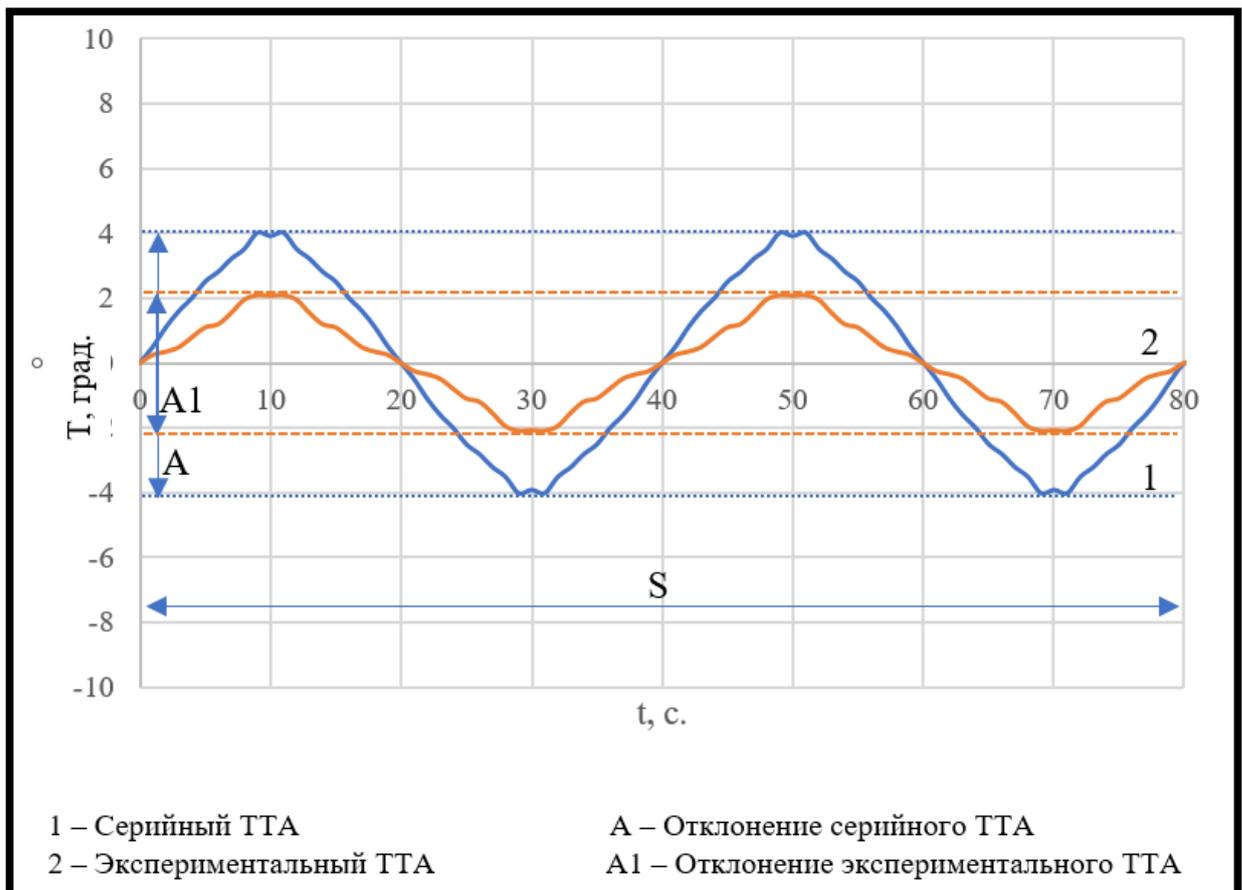


Рисунок 2.31- Условная траектория пути ТТА

проанализируем полученные показатели с точки зрения численного значения через коэффициент улучшения стабилизации движения, т.е

$$K_{y.c} = K_{обс} / K_{обэ} = L_{гсс} / L_{гсэ} = t_{обс} / t_{обэ} , \quad (2.111)$$

где $L_{гсс}$ $L_{гсэ}$ – соответственно пройденный путь серийным и экспериментальным ТТА; $t_{обс}$ $t_{обэ}$ - соответственно время в пути серийного и экспериментального ТТА. Схема (рисунок 2.30) показывает, что в нашем случае пройденный путь серийного и экспериментального ТТА будет различный, а следовательно и время выполнения работы будет разное.

Иными словами, выполняются следующие условия

$$L_{гсс} > L_{гсэ} \quad (2.112)$$

и

$$t_{обс} > t_{обэ} \quad (2.113)$$

Анализируя выражение (2.112) необходимо отметить, что в связи с этим время на выполнение работы экспериментальным ТТА будет меньше при одном и том же объёме перевозимого груза, следовательно будет иметь место следующее условие

$$W_э > W_c , \quad (2.114)$$

где $W_э$, W_c - соответственно производительность экспериментального и серийного ТТА.

На основании изложенного выше можно сделать вывод, что использование предлагаемого технического решения позволит повысить эффективность работы ТТА за счёт стабилизации движения при выполнении транспортных работ. Для подтверждения приводимых неравенств необходимо проведения экспериментальных исследований в реальных условиях эксплуатации.

2.9 Выводы по главе

Проведенные теоретические научные изыскания, программное обеспечение и выявленные особенности применённого математического

аппарата, предназначенного для исследования параметров стабилизации устойчивости ТТА в различных режимах и условиях движения, позволяют сформулировать следующие обоснованные выводы:

1. В результате патентного поиска и применения современных инженерных решений предложена высокоэффективная и малозатратная конструкция «Буксирно-распределяющего устройства» по патенту на РФ № 2753047 на изобретение, способствующая реализации технической задачи по повышению тягово-сцепных свойств и стабилизации колебаний тракторно-транспортного агрегата, состоящего из колёсного трактора моноблочной компоновки с колёсами различного диаметра и сельскохозяйственного прицепа.

2. Предложенное теоретическое обоснование подтверждает эффективность разработанной перспективной конструкции. Установлено, что применение предлагаемого устройства стабилизирует продольную, курсовую и траекторную устойчивость ТТА, улучшает свойства колёсного энергетического средства против опрокидывания при проявлении эффекта галопирования.

3. Учитывая промышленную значимость определяемых параметров необходим подбор высокоэффективных приборно-лабораторных средств исследования эксплуатационно-технологических характеристик конструкции устройства согласно предложенного математического аппарата.

4. В целях подтверждения полученных зависимостей необходимо изготовление экспериментального устройства- «Буксирно-распределяющего устройства» по патенту на РФ № 2753047 на изобретение, его экспериментальное внедрение в технологии сельскохозяйственных перевозок и опытная проверка получаемых данных при проведении эксплуатационных испытаний.

3 МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Объекты и задачи, общая методика проведения экспериментальных исследований

Одним из основных критериев достоверности проведения теоретических исследований является их сходимость с экспериментальными исследованиями. Для подтверждения полученных результатов теоретических разработок проводятся экспериментальные исследования, которые могут быть проведены в следующих условиях.

Лабораторные исследования проводятся чаще всего для того, чтобы подтвердить или определить какой-то определенный параметр и они не всегда приемлемы при исследовании непосредственно работы энергетического средства, так как тяжело воспроизвести влияние окружающей среды на его технологические характеристики. В связи с чем наибольшее распространение получили производственные испытания, которые проводятся в реальных условиях использования. При этом для определения эффективности предложенных технических решений экспериментальные исследования проводят с использованием метода сравнения экспериментального образца с серийным вариантом. Проведение исследований в таких случаях проводят в реальных условиях эксплуатации методом сравнительно-хозяйственных испытаний при этом в обязательном порядке ставятся задачи для исследований.

В связи с чем были сформулированы следующие задачи экспериментальных исследований:

1. Экспериментально проверить влияние предлагаемого устройства на продольную, курсовую, траекторную устойчивость и галопирование, перераспределение нагрузки на оси при движении тракторно-транспортного агрегата.

2. Провести сравнительные хозяйственные испытания экспериментального и серийного тракторно-транспортного агрегата.

3. Выполнить экономическую и топливно-энергетическую оценку использования экспериментального тракторно-транспортного агрегата на транспортных работах.

3.2 Объекты и условия проведения экспериментальных исследований

Объектами исследования были выбраны следующие транспортные средства:

- трактор МТЗ-82 и прицеп 2ПТС-4 в серийном исполнении (рисунок 3.1);
- трактор МТЗ-82 и прицеп 2ПТС-4 с установленным буксирно-распределяющим устройством (рисунок 3.2);



А)



Б)

Рисунок 3.1-Серийный тракторно-транспортный агрегат (А-проведение испытаний в летне-осенний период, Б-проведение испытаний в зимне-весенний период)



А)



Б)

Рисунок 3.2-Экспериментальный тракторно-транспортный агрегат (А-проведение испытаний в осенний уборочный период, Б-проведение испытаний в зимний период)

Для стабилизации продольно-поперечной устойчивости и прямолинейности движения было изготовлено и установлено на трактор буксирно-распределяющее устройство по патенту № 2739635 (рисунок 3.3-3.6)

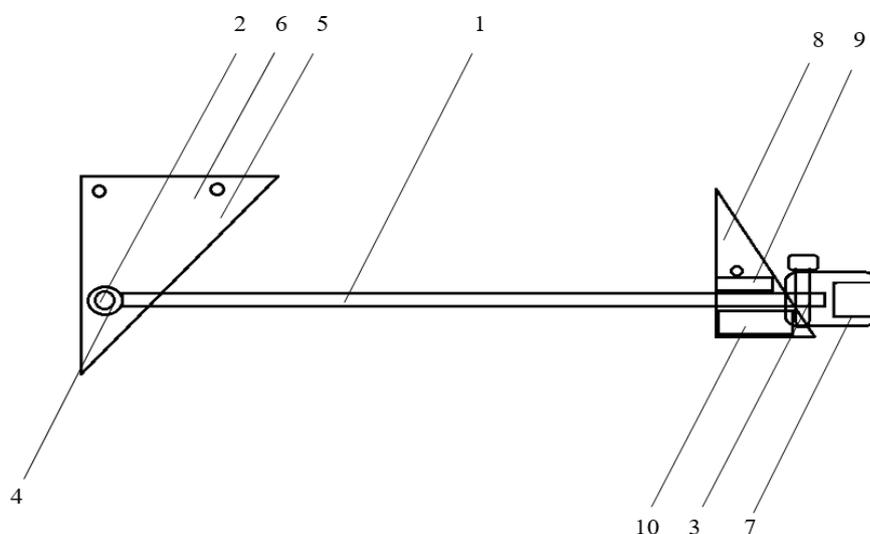


Рисунок 3.3- Принципиальная схема буксирно-распределяющего устройства:

1- плоская рессорная пружина; 2,3-проушины; 4-торсионная ось, 5-уголковый подвесной кронштейн; 6-рама трактора, 7-тяговая вилка; 8- рамочный опорный кронштейн; 9,10-резинометаллический демпфер

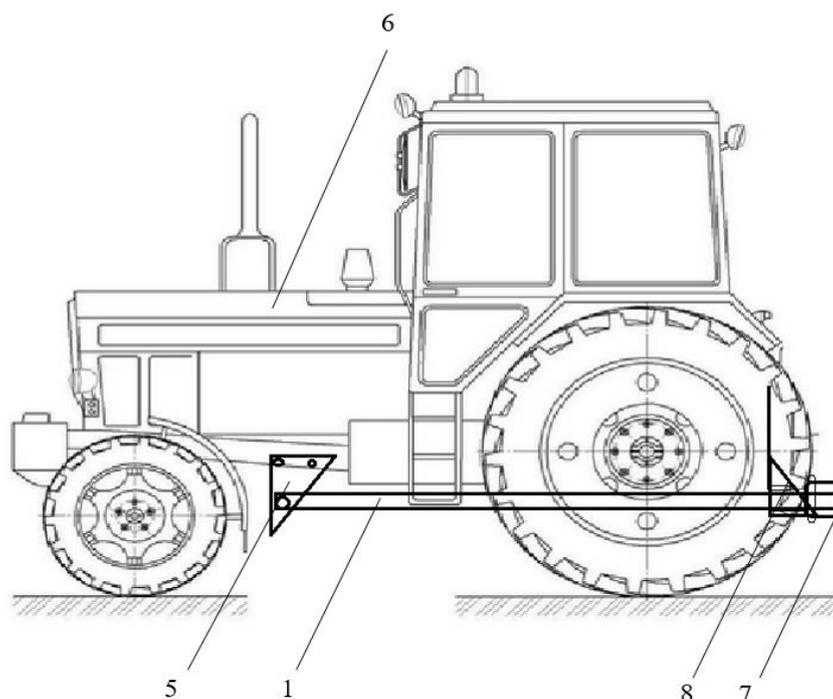


Рисунок 3.4- Принципиальная схема трактора с установленным буксирно-распределяющим устройством (вид профильный)

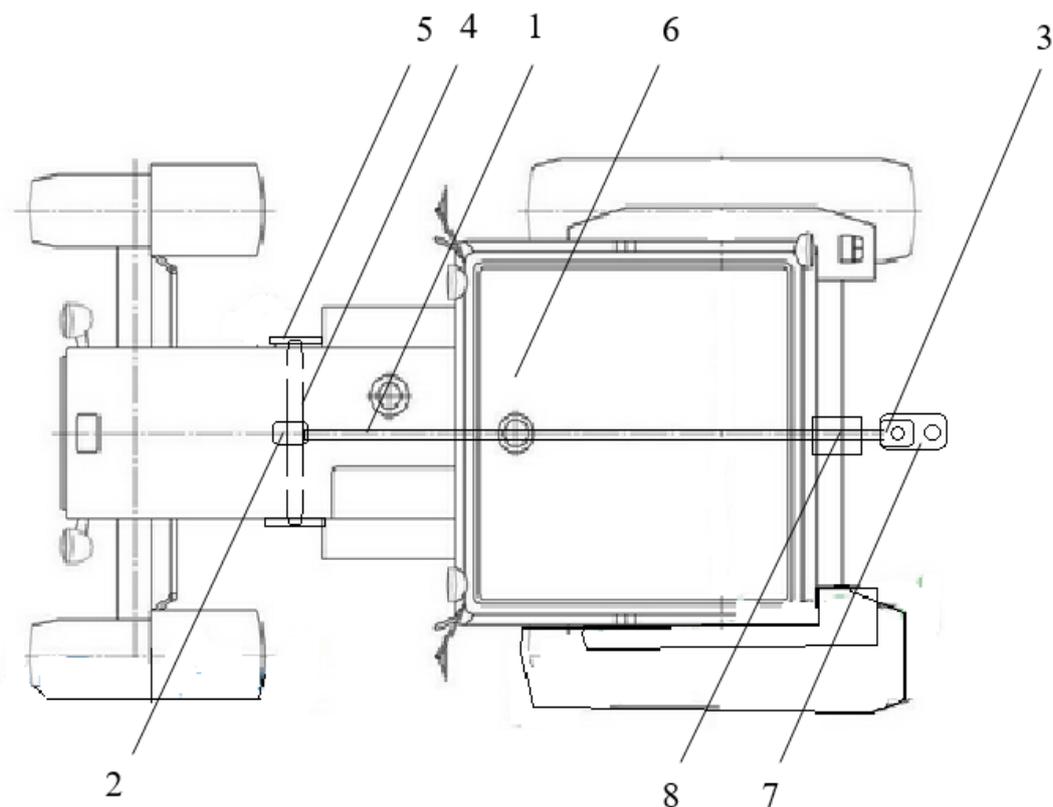


Рисунок 3.5- Принципиальная схема трактора с установленным буксирно-распределяющим устройством (вид сверху)

Буксирно-распределяющее устройство выполнено в виде конструкции (рисунок 3.6), состоящей из рессорной пружины 1 с окончаниями 2 и 3 (рисунок 3.7), зафиксированной одним окончанием 2 в срединной части торсионной оси 4 (рисунок 3.8), проходящей через уголкового подвесные кронштейны 5 (рисунок 3.9), закрепленные побортно на раме трактора 6 (рисунок 3.10), а в последующем окончании 3 рессорной пружины 1 шарнирно установлено тягово-цепное устройство 7 типа «тяговая вилка» (рисунок 3.11 и 3.12) и рамочного опорного кронштейна 8 (рисунок 3.13) с верхним и нижним резинометаллическими демпфером 9 и 10 (рисунок 3.14), фиксированного болтовым соединением в кормовой части остова трактора 6, при этом плоская рессорная пружина 1 проходит между демпферами 9 и 10 опорного кронштейна 8.



Рисунок 3.6- Общий вид предлагаемой конструкции



Рисунок 3.7- Плоская рессорная пружина (тяга)



Рисунок 3.8 -Торсионная ось в процессе сборки конструкции



Рисунок 3.9- Угловый подвесной кронштейн



Рисунок 3.10- Угловые кронштейны, установленные на тракторе



Рисунок 3.11- Тяговая вилка



Рисунок 3.12- Общий вид соединения рессорной пружины и тяговой вилки



Рисунок 3.13 -Рамочный опорный кронштейн



Рисунок 3.14-Резино-металлический демпфер

Устройство работает следующим образом: При передвижении тракторно-транспортного агрегата (ТТА), состоящего из буксирующего колёсного трактора и прицепа, равномерно и прямолинейно по горизонтальным участкам местности, за счёт силового воздействия прицепа через тягово-сцепное устройство 7 происходит перераспределение силовой нагрузки через плоскую рессорную пружину 1 не только на кормовую часть трактора и задние движители, но и на торсионную ось 4 и подвесные кронштейны 5, что позволяет рационально загрузить как задние, так и передние колёса трактора, и ведёт к снижению буксования, увеличению тягового усилия и повышению агротехнической проходимости.

При работе ТТА на склоновых поверхностях:

- в движении под уклон, за счёт силового воздействия прицепа на тягово-сцепное устройство 7 и плоскую рессорную пружину происходит перераспределение силовой нагрузки не только на кормовую часть трактора 6 и задние движители, но и на торсионную ось 4 и подвесные кронштейны 5, что

загружает передний управляемый мост трактора 6, увеличивая управляемость ТТА, стабилизируя безопасность его движения, траекторную и курсовую устойчивость, и позволяет повысить скоростные характеристики и производительность транспортного агрегата.

- в движении на подъём, за счёт силового воздействия прицепа на тягово-сцепное устройство 7 и плоскую рессорную пружину 1 происходит перераспределение силовой нагрузки не только с кормовой части трактора 6, но и с его переднего управляемого моста, при этом наблюдается прижатие управляемого моста к поверхности движения, что снижает момент опрокидывания трактора, стабилизируя его конструкцию и повышая безопасность его использования в рассматриваемых условиях.

Экспериментальные исследования проводились в реальных условиях эксплуатации на следующий видах дорожного покрытия:

- асфальто - бетонное покрытие;
- гравийное покрытие;
- грунтовая дорога;
- заснеженная грунтовая дорога.

Исследования проводились в осенне-зимний период при наличии снежного покрова и гололёда (рисунок 3.15), а также в летне-осенний период (рисунок 3.16), при слабой несущей способности почвы из за переувлажнения на участках, имеющих продольно-поперечный уклон, а также на горизонтальных участках поверхности движения.



Рисунок 3.15-Фрагмент проведения испытаний в зимний период



Рисунок 3.16-Фрагмент проведения испытаний в летне-осенний период

3.3 Средства измерений экспериментальных параметров

С целью выявления влияния естественно-производственных условий на эксплуатационные показатели транспортных средств, определения параметров перераспределения сцепного веса между мостами прицепа и автомобиля в

реальных условиях эксплуатации были проведены сравнительные хозяйственные испытания. При этом замерялись следующие параметры агрегата:

- пройденный путь, скорость движения (частота вращения ведущих колёс), время опыта, время движения – приборный комплекс MAGENE C406 Pro (рисунок 3.17);

- масса перевозимого груза, масса транспортного средства (переносные подкладные весы типа CAS RW-10 (15) P (рисунок 3.18);

- передача автомобиля;

- расход топлива- контроллер расхода топлива ZJ-LCD-M с сенсором US211M модели OF 052AT (рисунок 3.19);

- амплитудные колебания при взаимных отклонениях и перемещении звеньев агрегата в движении -цифровой инклинометр BWT901CL (рисунок 3.20);

- угол наклона поверхности движения- цифровой инклинометр Absolute Digital Protractor (рисунок 3.21)



Рисунок 3.17 – Приборный комплекс GPS-навигатор MAGENE C406 Pro измерения пройденного расстояния, времени движения, скорости движения (частоты вращения ведущих колёс)



Рисунок 3.18 - Общий вид измерительной аппаратуры весоизмерительного комплекса CAS RW-10 (15) P



Рисунок 3.19 - Общий вид измерительной аппаратуры комплекса - контроллер расхода топлива ZJ-LCD-M с сенсором US211M модели OF 052AT



Рисунок 3.20 - Цифровой инклинометр с указанием осей вращения



Рисунок 3.21- Инклинометр Absolute Digital Protractor

Таким образом, модельный ряд и технические характеристики подобранного приборного комплекса позволяют провести углублённые экспериментальные исследования и получение практических результатов высокой точности, способствующих оптимальному набору информации и данных для последующей математической обработки.

3.4 Определение и измерение технологических параметров

3.4.1 Определение пройденного пути, скорости движения и частоты вращения ведущих колёс

Для измерения пройденного пути, скорости движения агрегата, частоты вращения ведущих колёс, времени опыта и времени движения использовался приборный комплекс MAGENE C406 Pro с комплектом измерительных датчиков (рисунок 3.22, рисунок 3.23).

Прибор и датчики поддерживают беспроводные протоколы связи Bluetooth 4.0 и ANT+ и используются как датчик скорости и датчик частоты вращения колеса, можно использовать с большинством приложений для смартфонов и головных устройств GPS.



A)

9:41		Filter ▾	
Activities			
April 2021 ▾			
Time (min): 195		Records: 3	
April.8 10:34:28			
Match: knight hill		[Race]	
01:34:07	Distance: 96.2km	TSS [®] : 22.5	
April.4 09:36:19			
Ride		[Others]	
00:42:30	Distance: 37.1km	Climb: 226m	
April.2 18:36:12			
Endurance Base 1		[Cycling Training]	
00:58:10	Distance: 86.2km		
March 2021 ▾			
Time (min): 137		Records: 3	
March.31 14:14:28			
Ride		[Others]	
01:31:09	Distance: 66.7km	TSS [®] : 21.5	

B)

В) Рисунок 3.22 – Приборный комплекс GPS-навигатор MAGENE C406 Pro измерения пройденного расстояния, времени движения, скорости движения (частоты вращения ведущих колёс): А) с измерительными датчиками Bluetooth, Б). Настраиваемый фильтр параметров и рабочее поле прибора

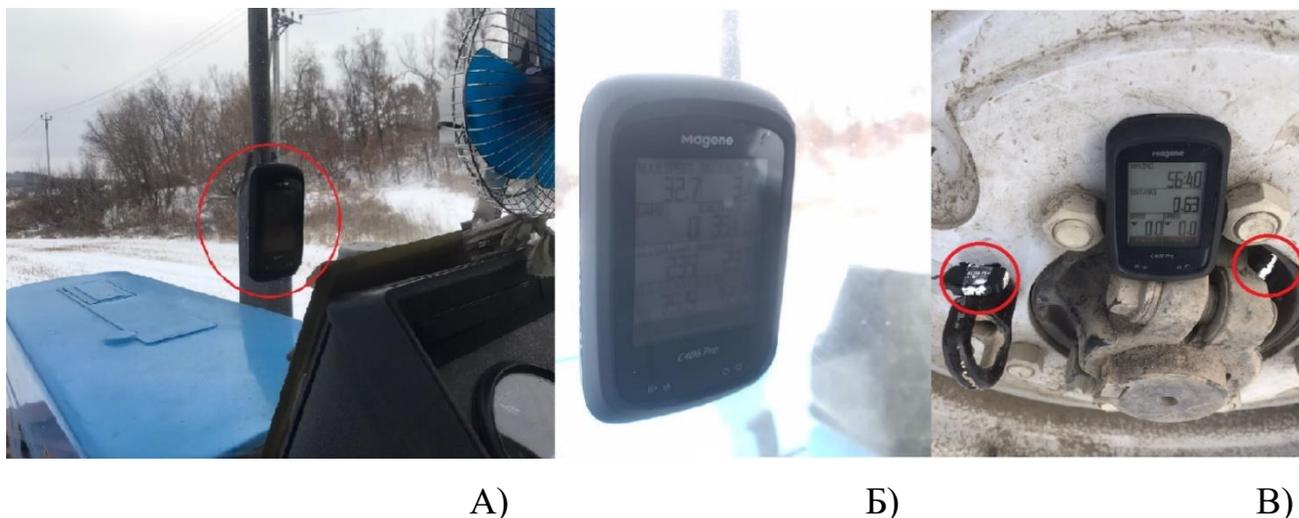


Рисунок 3.23 – Экспериментальные исследования с применением приборного комплекса MAGENE C406 Pro измерения пройденного расстояния, времени движения, скорости движения (частоты вращения ведущих колёс): А, Б) Настраиваемый фильтр параметров и рабочее поле прибора; В) Установка измерительных датчиков Bluetooth

Измерение частоты вращения ведущего колеса транспортного средства проводилось по методике, изложенной в работе [140].

При этом теоретическая скорость определялась по формуле

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

где r_k - радиус качения ведущего колеса; t - время опыта; n_k - частота вращения ведущего колеса автомобиля.

Радиус качения определялся следующим образом. На колесе делалась отметка и трактор проезжал без нагрузки 10 оборотов колеса. После этого замерялся пройденный путь определялся радиус колеса по формуле

$$L = 2 \pi r_k n, \quad (3.2)$$

Где n -число оборотов колеса равное 10.

Пройденный путь определялся с помощью измерительных датчиков Bluetooth и фиксировался приборного комплекса MAGENE C406 Pro.

Математически, с целью сверки показаний прибора пройденный за опыт путь определялся по формуле

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

где n – число оборотов путеизмерительного колеса транспортного средства; r'_k – радиус качения путеизмерительного колеса транспортного средства, м. где n – количество оборотов колеса согласно показаний прибора комплекса.

Средняя рабочая скорость ТТА определялась по выражению

$$V_p = \frac{L}{t} \quad (3.4)$$

Буксование ведущих колес транспортного средства определялась по общеизвестной формуле

$$\delta = \frac{V_T - V_P}{V_T} \quad (3.5)$$

3.4.2 Определение массы перевозимого груза, массы транспортного средства

Определение массы перевозимого груза, массы транспортного средства проводилось при помощи переносных подкладных весов типа CAS RW-10 (15) P (рисунок 3.24, рисунок 3.25).

В состав весов входят тензометрические датчики типа СРА, имеющие цилиндрическую форму, в связи с чем геометрическое положение центра приложения нагрузки на платформе определяется в зависимости от места остановки колеса. Если равнодействующая нагрузки отклоняется от центра платформы, то распределение усилия по датчикам будет зависеть от угловой жесткости весов по отношению к поворотам из плоскости платформы.

Определение происходило при использовании способа наезда – съезда колеса звена агрегата на платформу. Колесо всегда останавливалось точно в центре платформы, как в целях точности замера, так и учитывая то, что запас прочности тензодатчиков фирмы КАС обычно составляет не более 1,5. Таким образом, соблюдение равномерности распределения нагрузки по площадке замера является обязательным и необходимым условием.



Рисунок 3.24 – Определение массы транспортного средства проводилось при помощи переносных подкладных весов типа CAS RW-10 (15) P



Рисунок 3.25 – Определение массы перевозимого груза, массы транспортного средства проводилось при помощи переносных подкладных весов типа CAS RW-10 (15) P

Чтобы нагрузка распределялась равномерно, опорные поверхности всех датчиков при эксперименте лежали в одной плоскости, причем, учитывая, что допуск на установку датчиков по высоте существенно меньше осадки датчика, величины соблюдались в долях миллиметра. Более того, площадка для установки весов имела допуск на плоскостность такого же порядка. Таким образом, при исследованиях соблюдались требования к площадке: плоскостность – до 3 мм, уклон – до 10 мм, что определялось сопутствующим измерительным прибором - плоскостным аналоговым инклинометром Absolute Digital Protractor.

3.4.3 Определение расхода топлива трактором

Определение расхода топлива агрегата в движении определялось контроллером расхода топлива ZJ-LCD-M с сенсором US211M модели OF 052AT, которые монтировались непосредственно в системе питания транспортного средства и измеряют текущий уровень топлива в баке. Подключение прибора производилось согласно схемы, предложенной предприятием-изготовителем, приведённой на рисунке 3.26.

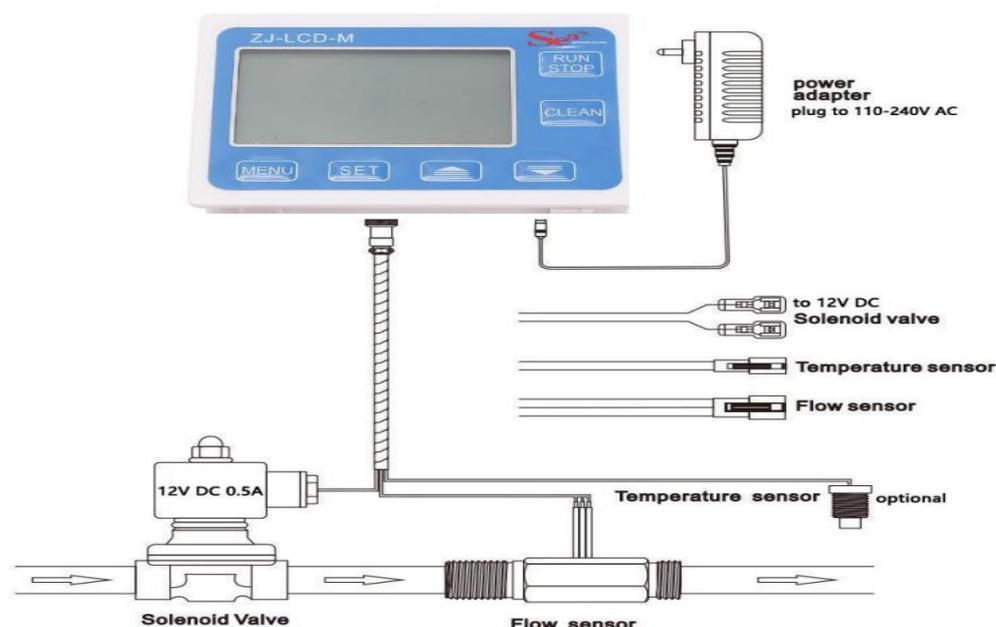


Рисунок 3.26- Схема подключения контроллера расхода топлива ZJ-LCD-

Точность прибора составляет порядка 1%. Датчик снабжён электромагнитным клапаном и датчиком Холла US211M. Для каждого датчика расхода холла существует формула для расчета расхода на основе импульса в виде

$$F=KQ(L/M), \quad (3.6)$$

где K - константа, заводское значение для каждого датчика, F - импульсный сигнал в секунду, шт, Q - текущая скорость потока, л/мин.

Позиция установки датчика и сенсоров показана на рисунке 3.27.



Рисунок 3.27- Позиция установки датчика и сенсоров в топливной системе трактора

Фрагменты эксперимента по определению расхода топлива ТТА показаны на рисунке 3.28.



Рисунок 3.28- Фрагменты эксперимента по определению расхода топлива ТТА

3.4.4 Измерение амплитудных колебаний при взаимных отклонениях и перемещении звеньев агрегата в движении

Измерение амплитудных колебаний при взаимных отклонениях и перемещении звеньев агрегата в движении производилось цифровым высокоточным инклинометром BWT901CL, прибором для измерения угла наклона объектов относительно гравитационного поля планеты, с возможностью записи параметров по беспроводной связи при помощи Bluetooth, который показал высокую степень эффективности при проведении экспериментальных исследований.

Предлагаемый прибор имеет возможность измерения и визуализации следующих параметров:

- угол наклона;
- угловая скорость;
- магнитное поле (индукция магнитного поля);
- кватернион (трёхмерная графика).

Программное обеспечение – оригинальная программа MiniMU, при чём при установке и подключении прибора проводится его автоматическая калибровка, что позволяет получать наиболее верные результаты экспериментов. Калибровочная схема представлена на рисунке 3.29.



Рисунок 3.29- Калибровочная схема инклинометра BWT90

Для лучшей визуализации принципа действия и положений фиксации параметров трактора средствами программного обеспечения в цифровой среде

проведена эмуляция агрегата с наложением конструкции трактора на фиксируемые параметры кватерниона, представленные рисунках 3.30-3.32.



Рисунок 3.30- Эмуляция отклонения трактора по оси X кватерниона

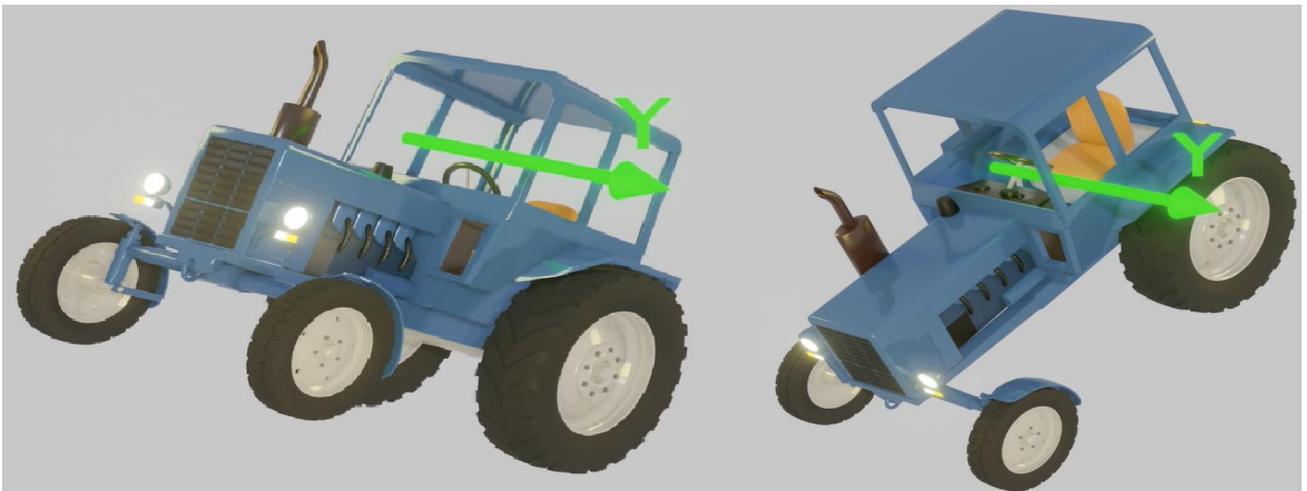


Рисунок 3.31- Эмуляция отклонения трактора по оси Y кватерниона

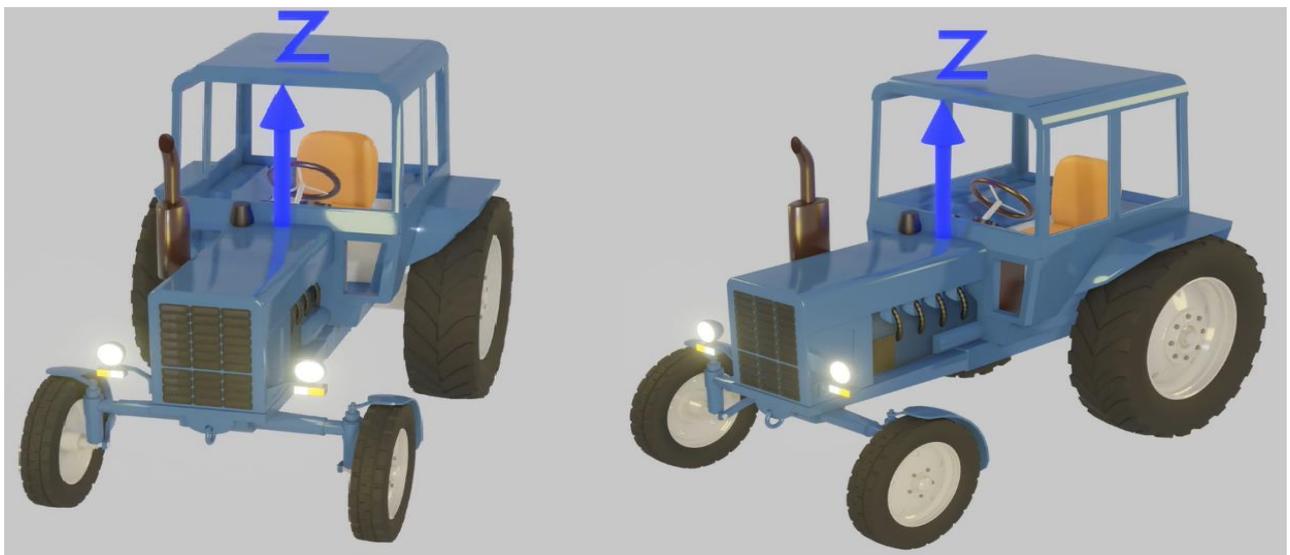


Рисунок 3.32- Эмуляция отклонения трактора по оси Z кватерниона

Для решения поставленных задач и экспериментального подтверждения теоретических результатов разработана специальная методика применения цифрового инклинометра при проведении экспериментальных исследований тракторно-транспортного агрегата. Прибор устанавливался в ключевых точках снятия параметров на агрегатах ТТА (рисунок 3.33): дышло прицепа (рисунок 3.34), задний мост и кормовая часть трактора (рисунок 3.35), передний мост трактора (рисунок 3.36)



Рисунок 3.33- Ключевые точки измерения основных колебательных параметров звеньев агрегата в движении



Рисунок 3.34- Фрагмент проведения исследований по отклонению от прямолинейного движения дышла прицепа (слева-серийный трактор, справа-экспериментальный трактор)



Рисунок 3.35- Фрагмент проведения исследований по отклонению от прямолинейного движения заднего моста и кормовой части трактора (слева-серийный трактор, справа-экспериментальный трактор)



Рисунок 3.36- Фрагмент проведения исследований по отклонению от прямолинейного движения переднего моста трактора (слева-серийный трактор, справа-экспериментальный трактор)

Фрагмент матрицы планирования и результаты экспериментов, проведённых при помощи инклинометра BWT901CL для одной из установочных точек приводится на рисунке 3.37.

Record Time:	ax :	ay :	az :	wx :	wy :	wz :	AngleX :	AngleY :	AngleZ :	hx :	hy :	hz :
2021-09-15 12:37:24	-0,072	0,133	0,883	-4,333	0,183	0,000	-5,08	8,39	141,39	130	-131	-724
2021-09-15 12:37:24	0,073	0,010	1,058	0,549	-1,404	-0,122	-4,63	8,51	141,71	136	-131	-718
2021-09-15 12:37:25	-0,525	0,409	0,820	-1,526	0,305	0,244	-4,76	8,33	141,10	130	-133	-719
2021-09-15 12:37:25	-0,309	-0,493	0,755	-1,465	-0,854	0,732	-4,89	8,37	141,90	130	-134	-718
2021-09-15 12:37:26	0,018	0,160	1,085	-0,488	0,122	-0,610	-5,27	7,84	141,27	132	-135	-719
2021-09-15 12:37:26	-0,174	0,111	1,285	-3,540	-1,526	0,610	-4,88	7,61	140,47	130	-139	-721
2021-09-15 12:37:27	0,165	0,037	0,792	1,221	0,671	-0,427	-4,74	8,22	141,36	131	-136	-719
2021-09-15 12:37:27	-0,034	-0,169	0,950	1,221	-1,282	0,061	-4,51	8,36	141,75	130	-137	-719
2021-09-15 12:37:28	0,012	0,045	1,065	1,587	0,244	-0,671	-4,69	8,28	141,16	136	-137	-719
2021-09-15 12:37:28	0,060	0,069	1,154	2,319	-0,977	-0,244	-4,78	7,87	140,39	133	-131	-725
2021-09-15 12:37:29	0,075	0,054	1,085	1,282	0,427	-0,427	-4,62	7,29	138,78	132	-137	-722
2021-09-15 12:37:29	0,210	-0,183	1,048	1,587	1,648	-1,099	-4,67	6,67	137,55	130	-130	-723
2021-09-15 12:37:30	0,518	-0,126	1,233	0,671	-0,305	-0,732	-4,65	6,68	136,05	133	-132	-722
2021-09-15 12:37:30	0,212	0,080	0,906	2,563	3,235	-0,061	-4,31	6,51	136,43	133	-137	-720
2021-09-15 12:37:31	0,227	0,060	1,052	-2,502	2,197	-0,488	-4,25	6,58	135,62	129	-132	-726
2021-09-15 12:37:31	0,067	0,092	1,248	1,160	0,244	-0,977	-4,33	6,39	134,19	133	-135	-725
2021-09-15 12:37:32	0,105	-0,218	0,971	1,465	1,343	1,709	-4,40	6,98	135,25	134	-135	-723
2021-09-15 12:37:32	-0,317	-0,038	0,548	-1,648	1,221	1,221	-4,30	6,64	136,05	132	-129	-722
2021-09-15 12:37:33	-0,084	0,012	0,722	-0,122	-0,610	0,244	-4,21	7,28	136,47	133	-127	-716
2021-09-15 12:37:33	-0,064	0,087	1,066	-1,282	-1,282	1,465	-3,98	6,49	134,88	132	-130	-720
2021-09-15 12:37:34	-1,240	0,190	0,662	-1,221	-1,099	0,366	-4,29	6,82	135,55	132	-132	-719
2021-09-15 12:37:34	-0,173	-0,162	1,126	0,183	-0,122	1,343	-4,99	6,91	136,21	131	-132	-722
2021-09-15 12:37:35	0,398	0,105	0,977	-3,174	0,610	1,343	-5,26	6,83	136,16	136	-134	-720
2021-09-15 12:37:35	-0,396	-0,271	0,723	-1,221	0,244	2,197	-5,15	6,36	136,41	131	-127	-722
2021-09-15 12:37:36	-0,127	-0,022	1,198	-0,122	0,732	0,793	-5,09	6,72	137,31	135	-131	-717
2021-09-15 12:37:36	-0,064	-0,025	1,270	2,869	0,793	-0,549	-5,43	6,87	137,65	132	-130	-716
2021-09-15 12:37:37	-0,116	0,049	1,197	-0,854	1,099	1,221	-4,95	7,03	137,93	126	-128	-720

Рисунок 3.37- Фрагмент матрицы планирования и результаты экспериментов, проведённых при помощи инклинометра, для одной из установочных точек

3.4.5 Измерение углов наклона поверхности движения

При измерении углов наклона поверхности движения использовался аналоговый инклинометр Absolute Digital Protractor.

Краткая характеристика используемого инклинометра Absolute Digital Protractor приведена в виде таблицы на рисунке 3.38.

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

Фрагменты проведения исследований по измерению углов наклона поверхности движения представлен на рисунке 3.38.



Рисунок 3.38- Фрагмент проведения исследований измерению углов наклона поверхности движения

3.5 Методика проведения сравнительных хозяйственных испытаний

Проведение хронометражных наблюдений включала в себя следующие этапы:

- подготовка к проведению наблюдений;

- проведение замеров;
- обработка хронометражных замеров;
- анализ полученных данных.

В качестве основных эксплуатационно-технологических показателей были приняты:

- производительность за 1 ч. эксплуатационного или сменного времени;
- качество выполнения рабочей операции;
- удельный расход топлива;
- количество обслуживающего персонала.

При этом измерялись:

- время основной работы;
- затраты времени работы по элементам технологической операции;
- объём перевезённого груза;
- количество израсходованного топлива.

В общее время работы ТГА входили следующие элементы:

- время, затрачиваемое на основную работу;
- время на повороты;
- время на проведение технологического обслуживания;
- время на устранение технологических отказов;
- время на проведение периодического технического обслуживания;
- время на устранение технических отказов.

Производительность за 1 ч. эксплуатационного и сменного времени определяли по известным и рекомендуемым методикам ВИМ [155-175].

При определении эффективности транспортно-технологического обеспечения уборочного процесса проводились эксплуатационные испытания методом хронометражного наблюдения, так как он является одним из основных методов при эксплуатационных испытаниях. Полученные в результате данные позволяют провести сравнения по следующим параметрам:

- производительность в час времени движения;
- производительность в час чистого рабочего времени и за смену;

- скорость движения;
- коэффициент использования времени движения; коэффициент использования времени смены;
- расход топлива на единицу выполненной работы.

Надежной формой наблюдения является проведение сплошного хронометража, при этом хронометражист неотлучно находился в кабине автомобиля в течение всего рабочего времени.

Расход топлива учитывался по показаниям контроллера расхода топлива ZJ-LCD-M.

3.6 Методика математической обработки экспериментальных данных

3.6.1 Оценка точности измерений

Проведение производственных испытаний всегда сопровождаются рядом неизбежных ошибок среди них наиболее распространенные: 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 обработке полученных результатов исследований учитывали относительную суммарную погрешность. Например, при определении пройденного пути суммарная погрешность будет состоять из следующих составляющих

$$P = P_{\text{дк}} + P_{\text{пп}} + P_{\text{ик}} + P_{\text{оп}} , \quad (3.7)$$

где $P_{\text{дк}}$ - относительная погрешность допущенная при тарировки датчика оборотов «пятого колеса»; $P_{\text{пп}}$ - относительная погрешность из-за относительной неровности поверхности; $P_{\text{ик}}$ - относительная погрешность регистрирующего прибора бортового измерительного комплекса; $P_{\text{оп}}$ - 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, %
Масса перевозимого груза	3,9-4,7
Масса транспортного средства	4,2- 4,5
Масса прицепа	4,1-4,4
Буксование	4,3-4,5
Теоретическая скорость движения	3,1-3,7
Рабочая скорость движения	3,8-4,2
Время опыта	4,1-4.4
Нагрузка на движитель	3,9-4,2
Угол наклона	3,8-4,3
Пройденный путь	4,1 -4,4

3.6.2 Статистическая обработка экспериментальных данных

Все методы математико-статистического анализа условно делятся на первичные и вторичные. Первичными называют методы, с помощью которых можно получить показатели, непосредственно отражающие результаты производимых в эксперименте измерений. Соответственно под первичными статистическими показателями имеются в виду те, которые применяются в самих психодиагностических методиках и являются итогом начальной статистической обработки результатов психодиагностики. Вторичными называются методы статистической обработки, с помощью которых на базе первичных данных выявляют скрытые в них статистические закономерности [176,177].

К первичным методам статистической обработки относят, например, определение выборочной средней величины, выборочной дисперсии, выборочной моды и выборочной медианы. В число вторичных методов обычно

включают корреляционный анализ, регрессионный анализ, методы сравнения первичных статистик у двух или нескольких выборок.

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 при выборке проводится оценка параметров нормального закона распределения:

– среднего арифметического значения серии измерений

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.8)$$

где x_i – значение измеряемой величины;

n – число выборки.

– дисперсии

$$S^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2. \quad (3.9)$$

2. Вычисляются теоретические частоты n'_i

$$n'_i = \frac{nh}{S} \varphi(u_i), \quad (3.10)$$

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

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^l \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}. \quad (3.11)$$

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

$$\bar{x} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha} < m < \bar{x} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha}, \quad (3.12)$$

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

– для среднего квадратического отклонения

$$S(1 - q) < \sigma < S(1 + q), \quad (3.13)$$

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

$$\bar{x} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha} < m < \bar{x} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha}, \quad (3.14)$$

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

– для среднего квадратического отклонения

$$S(1 - q) < \sigma < S(1 + q), \quad (3.15)$$

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

3.7 Выводы по главе

Исследования, проведённые в главе, позволили сформулировать следующие заключения и выводы:

1. Выделены объекты и сформированы задачи, обоснована общая методика проведения экспериментальных и сравнительно-хозяйственных исследований.

2. Проведён технологический и конструкционный расчёт, сборка и установка на серийный ГТА экспериментальной конструкции буксирно-распределяющего устройства.

3. Обоснованы модельный ряд и технические характеристики подобранного приборного комплекса, который позволяет провести углублённые экспериментальные исследования и получение практических результатов высокой точности, способствующих оптимальному набору информации и данных для последующей математической обработки.

4. Для получения последующего доказательного аппарата, свидетельствующего об эффективности предложенной конструкции, необходимо проведение сравнительных хозяйственных испытаний и экспериментальное внедрение конструкции.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

4.1 Результаты экспериментальных исследований по определению устойчивости звеньев агрегата при передвижении ТТА по сельскохозяйственным дорогам и дорогам общего пользования

Одной из особенностей при передвижении транспортных агрегатов по дорогам, имеющим значительные показатели крутизны продольного уклона поверхности движения, в частности при движении на спуск, является воздействие прицепа на прямолинейность движения трактора.

Особенно это воздействие усиливается при движении по поверхности, имеющей недостаточную несущую способность, при наличии снежного покрова или гололёда. В этом случае при движении на спуск наблюдается неустановившееся воздействие прицепа на прицепное устройство и ходовую систему трактора.

При чём прицеп, вследствие влияния неровностей поверхности движения, что особенно значительно наблюдается на грунтовых дорогах, совершает хаотичное движение относительно точки соединения прицепа с трактором. В результате такого воздействия, при наличии недостаточного сцепления с почвой возникает дополнительный силовой момент, который стремится развернуть энергетическое средство или вокруг задних, или вокруг передних управляемых колёс в зависимости от того, какие из колёс находятся в худшем состоянии по сцеплению с поверхностью. Для устранения этого воздействия водителю приходится устранять так называемый занос путем немедленного реагирования за счёт снижения скорости и плавного доворота передних направляющих колёс в ту или иную сторону.

В условиях постоянного использования ТТА в рассматриваемых условиях возникает проблема безопасности движения, которую как показали проведённые ранее по рассматриваемой теме исследования, возможно за счёт автоматического устранения обозначенного выше эффекта путем стабилизации прямолинейного движения, что достижимо при установке буксирно-

распределяющего устройства по патенту РФ № 2753047 реализующего способ автоматической корректировки прямолинейного движения.

При проведении исследований с целью определения параметров стабилизации прямолинейного движения были проведены замеры. Для фиксации параметров амплитудных отклонений использовался заранее откалиброванный электронный цифровой инклинометр BWT901CL.

Прибором (обозначен красным кругом) проводились считывание параметров по отклонению от прямолинейного движения переднего моста, заднего моста трактора и самого прицепа согласно показаниям изменения положения дышла (рисунок 4.1, 4.2, 4.3) на серийном и экспериментальном образце тракторов и их сличение в общем графическом поле.



Рисунок 4.1- Фрагмент проведения исследований по отклонению от прямолинейного движения переднего моста трактора (слева-серийный трактор, справа-экспериментальный трактор)



Рисунок 4.2- Фрагмент проведения исследований по отклонению от прямолинейного движения заднего моста трактора (слева-серийный трактор, справа-экспериментальный трактор)



Рисунок 4.3- Фрагмент проведения исследований по отклонению от прямолинейного движения узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» (слева-серийный трактор, справа-экспериментальный трактор)

Экспериментальные исследования были проведены на базе тракторно-транспортного агрегата, состоящего из трактора класса 1,4 с прицепом 2ПТС-4, при этом замеры проводились в состояниях ТТА- серийный ТТА с незагруженным прицепом, экспериментальный ТТА с незагруженным прицепом, серийный ТТА с загруженным прицепом (семена сои массой 3,8 т.), экспериментальный ТТА с загруженным прицепом (семена сои массой 3,8 т.).

Исследования проводились в реальных условиях эксплуатации как на грунтовых дорогах, так и на дорогах с улучшенным покрытием, с повторностью снятия показателей на экспериментальном маршруте не менее 5 раз.

Матрица данных эксперимента для визуализации показателей ТТА в условиях передвижения по дороге с усовершенствованным покрытием в режиме равномерного прямолинейного движения представлена на рисунке 4.4.

Без устройства, без груза								
Передняя ось			Задняя ось			ТСУ		
х	у	z	х	у	z	х	у	z
0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1,4462	1,6554	-1,0678	0,8188	0,099	-1,8782	1,1	0,309	0,6174
-1,4762	0,6554	0,5422	0,9988	-0,111	-0,9582	2,37	3,389	5,0374
-0,9162	-0,6946	1,2322	0,7488	-0,081	0,2218	3,86	1,779	3,4474
-1,5062	-0,4946	0,4722	0,5488	-0,591	0,6918	1,22	3,029	3,3374
-2,4562	1,1854	-0,5078	0,8788	-0,461	0,6118	0,57	0,539	0,2974
-1,3362	1,3254	-0,5178	0,6288	-0,501	-0,3282	1,08	-1,271	-1,2526
-0,9062	0,8254	-0,9878	0,9588	-0,521	-0,2282	1,37	-2,071	-2,0526
-0,1562	1,2954	-1,2078	1,2988	-0,491	0,0318	0,69	-2,781	-2,5226
0,9838	1,5954	-0,6878	1,2788	-0,721	0,3218	0,29	-2,781	-2,8626
1,3138	0,6754	0,2522	1,1188	-1,111	-0,1282	-1,55	-0,171	-0,7726
0,4538	1,0954	0,6422	0,4188	-0,981	-0,4582	-0,73	4,649	5,4374
0,0138	-0,2146	0,2422	0,7388	-0,661	-0,0982	-0,21	7,519	9,0574
0,3238	-0,7046	0,6222	0,8788	-1,281	0,2818	0,63	5,659	6,9074
0,4738	-0,6846	0,7122	0,9588	-0,861	-0,1182	0,93	0,449	1,0774
0,1938	-0,2946	0,5322	0,4688	-0,011	-1,0982	0,75	-2,221	-1,4226
-0,0062	-0,2346	0,4122	0,5688	-0,001	-1,0582	-0,2	-1,131	-0,6326
-0,2362	1,0054	0,1422	0,4688	-0,431	-0,4082	0,45	-0,561	-0,1226
-1,0162	2,0154	-0,9678	0,0588	-0,101	-0,7682	-1,38	5,299	5,2774
-1,5862	2,4254	-2,2478	-0,8912	0,859	-1,1282	-0,35	2,119	1,7774

Рисунок 4.4 - Матрица данных эксперимента ТТА

В результате проведенных исследований по определению отклонения от прямолинейного движения тракторно-транспортного агрегата получены

результаты, представленные в виде сравнительных графиков. Режимы осей X, Y, Z, измеряемые высокоточным инклинометром, приведены в главе 3 диссертации.

4.1.1 Результаты экспериментальных исследований по определению колебаний переднего управляемого моста при передвижении ТГА по сельскохозяйственным грунтовым дорогам и дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием

Как известно, передний управляемый мост является наиболее ответственным звеном трактора, отвечающим как за маневренные показатели, так и за безопасность движения агрегата. В связи с чем эксперименты были проведены в основных условиях движения - при передвижении ТГА по сельскохозяйственным грунтовым дорогам и дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием в целях фиксации показателей стабилизации колебаний переднего управляемого моста. Фрагмент исследований ТГА на дорогах с усовершенствованным покрытием представлен на рисунке 4.5.

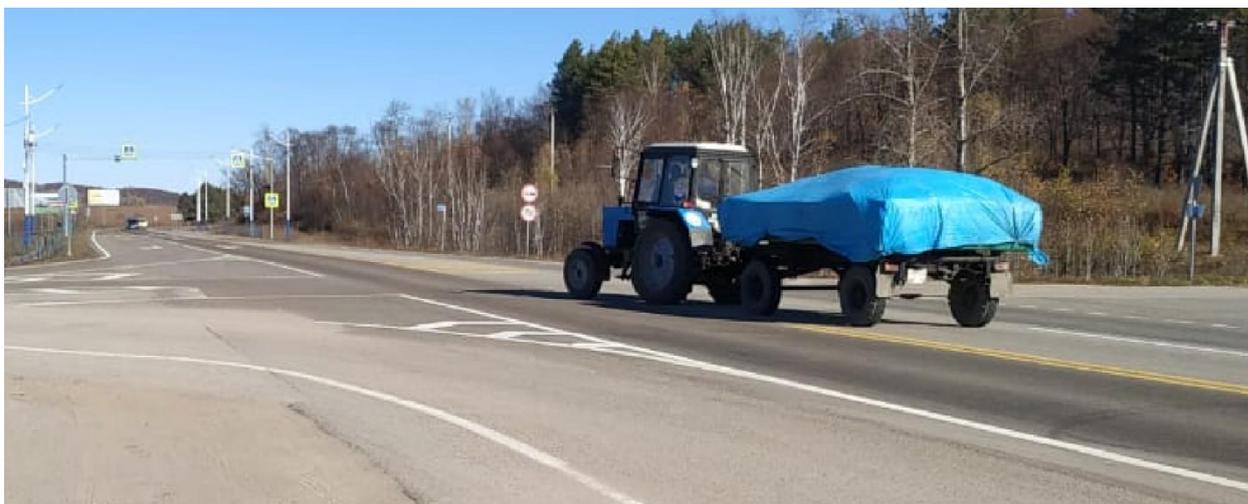


Рисунок 4.5- Фрагмент исследований ТГА на дорогах с усовершенствованным покрытием

Для переднего моста ТГА, при движении по дороге с усовершенствованным покрытием, получены показатели, представленные на рисунках 4.6-4.8).

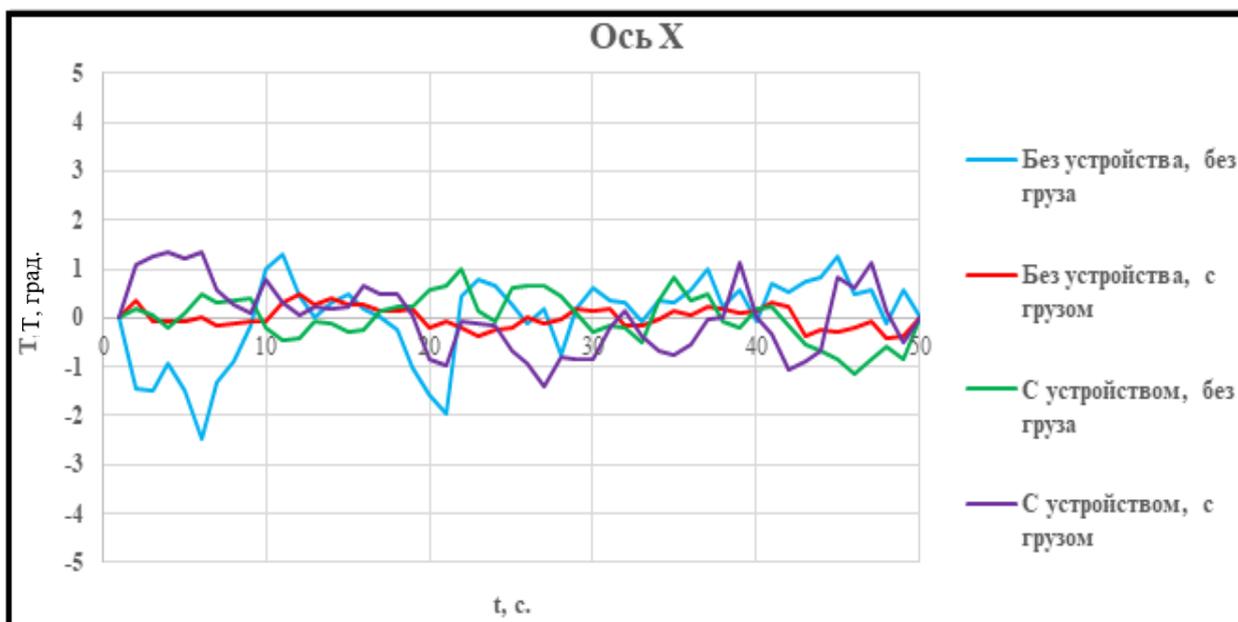


Рисунок 4.6- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси X в режиме установившегося движения

Полученные зависимости (рисунок 4.6) могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -0,0011x^2 + 0,0467x - 0,198. \quad (4.1)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = -0,0008x^2 + 0,0702x - 1,1275. \quad (4.2)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,0002x^2 + 0,0074x + 0,0141. \quad (4.3)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = 0,002x^2 - 0,1197x + 1,3823. \quad (4.4)$$

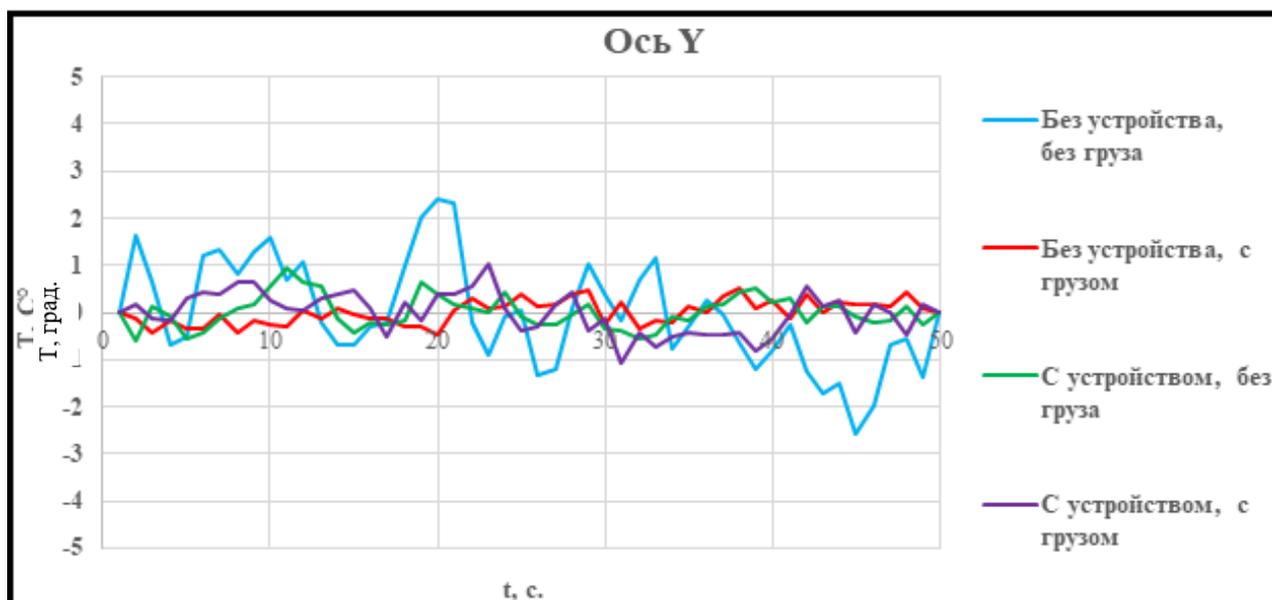


Рисунок 4.7- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси Y в режиме установившегося движения

Полученные зависимости (рисунок 4.7) могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -0,0002x^2 + 0,0094x - 0,0659. \quad (4.5)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = -0,0011x^2 + 0,0119x + 0,5854. \quad (4.6)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,0002x^2 + 0,018x - 0,3144. \quad (4.7)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = 0,0003x^2 - 0,0258x + 0,41 \quad (4.8)$$

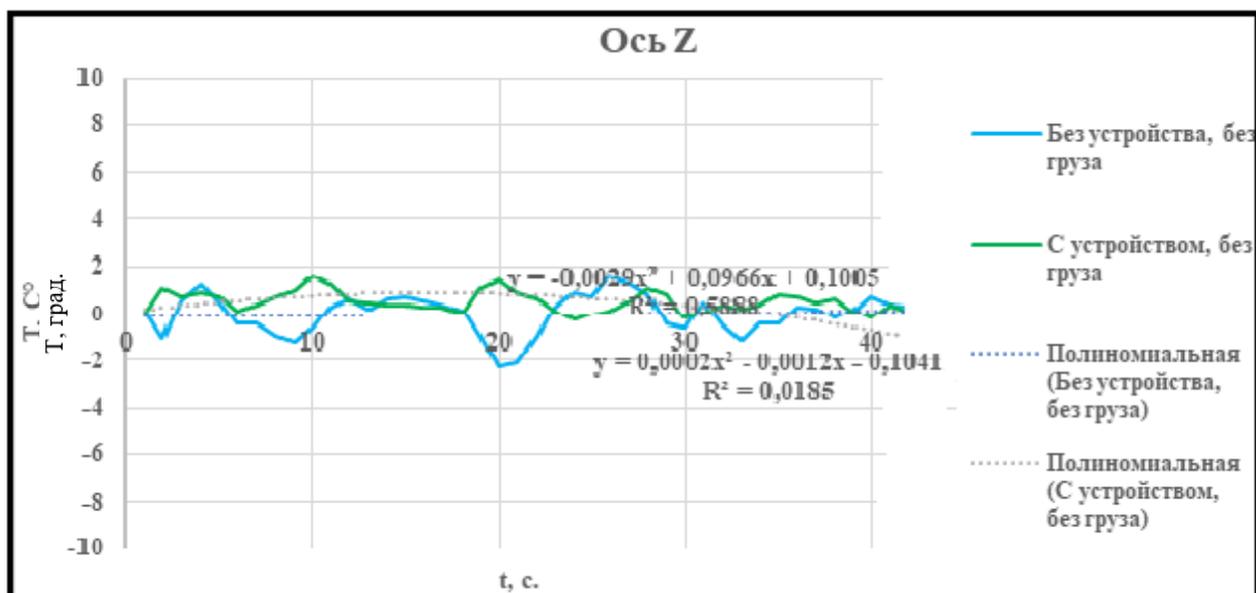


Рисунок 4.8 - Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси Z в режиме установившегося движения

Полученные зависимости (рисунок 4.8) могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -0,0029x^2 + 0,0966x + 0,1005. \quad (4.9)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = 0,0002x^2 - 0,0012x - 0,1041. \quad (4.10)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = 0,0004x^2 - 0,0372x + 0,6008. \quad (4.11)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = 0,0019x^2 - 0,4204x + 9,0906. \quad (4.12)$$

Показатели отклонения переднего моста ТТА (рисунок 4.1) при движении по грунтовой дороге представлены в виде графиков на рисунках 4.10-4.12.



Рисунок 4.9- Фрагмент исследований ТТА на грунтовых дорогах

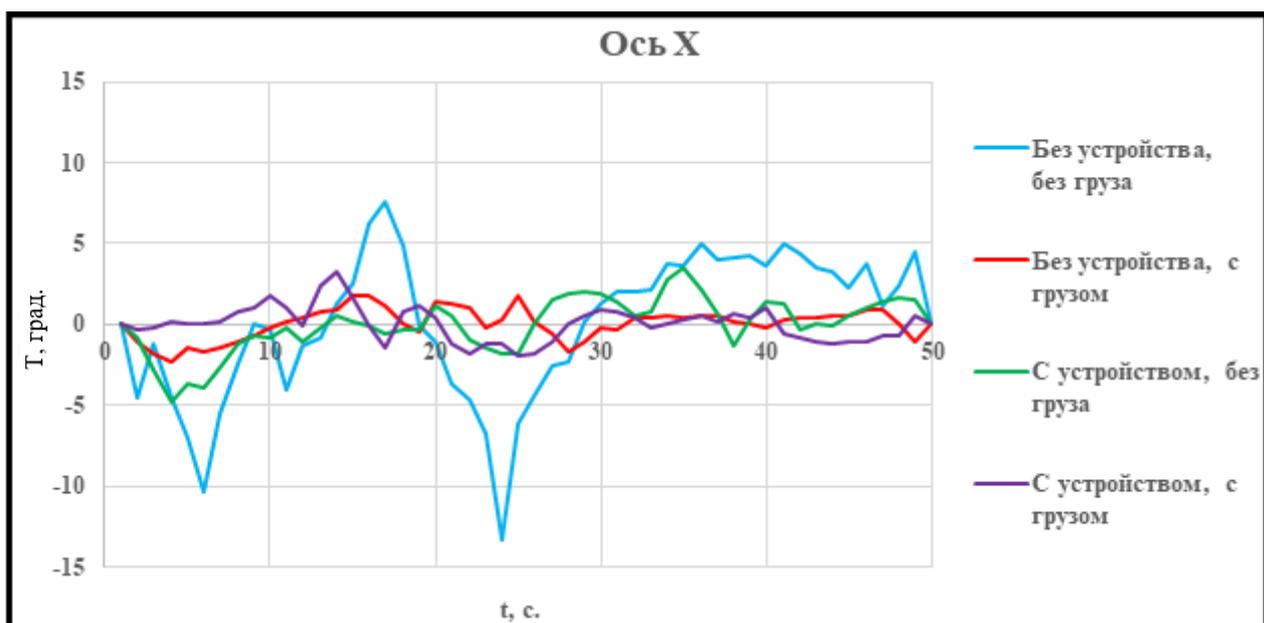


Рисунок 4.10- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси X в режиме установившегося движения при передвижении по грунтовой дороге

Полученные зависимости (рисунок 4.10) могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -0,0025x^2 + 0,2005x - 2,964. \quad (4.13)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = 0,0004x^2 + 0,1372x - 3,7991. \quad (4.14)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,0019x^2 + 0,1199x - 1,3476. \quad (4.15)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = -4E-05x^2 - 0,018x + 0,5168. \quad (4.16)$$

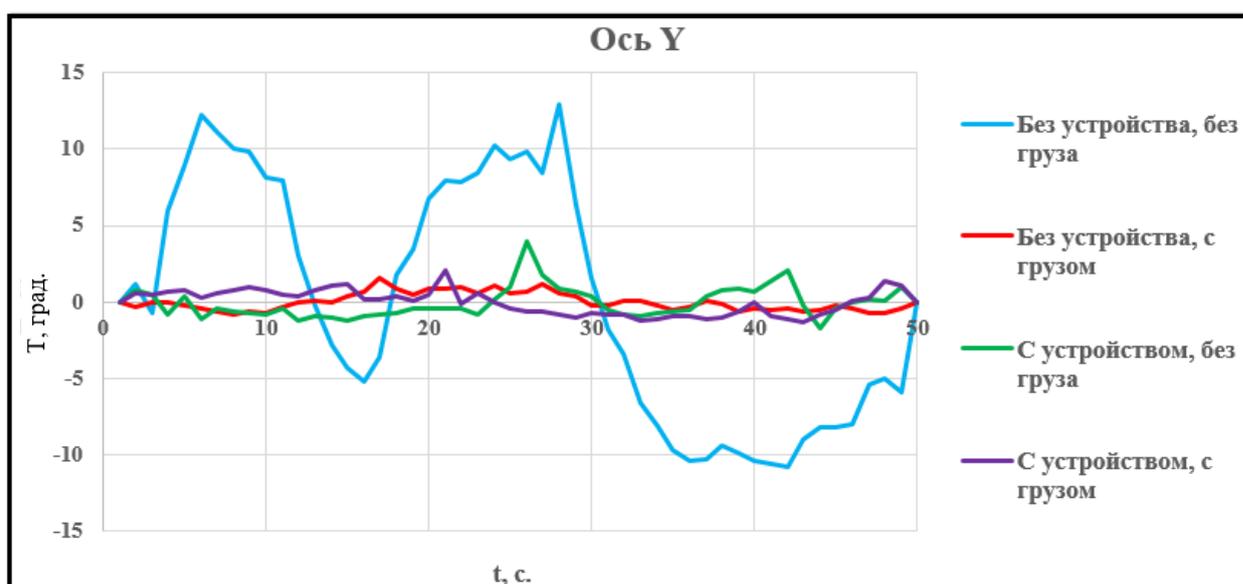


Рисунок 4.11- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси Y в режиме установившегося движения при передвижении по грунтовой дороге

Полученные зависимости (рисунок 4.11) могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -2E-05x^2 + 0,0191x - 0,5299. \quad (4.17)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = -0,0071x^2 + 0,0242x + 5,6216. \quad (4.18)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = 0,0013x^2 - 0,0937x + 1,2522. \quad (4.19)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = -0,0018x^2 + 0,0855x - 0,5851. \quad (4.20)$$

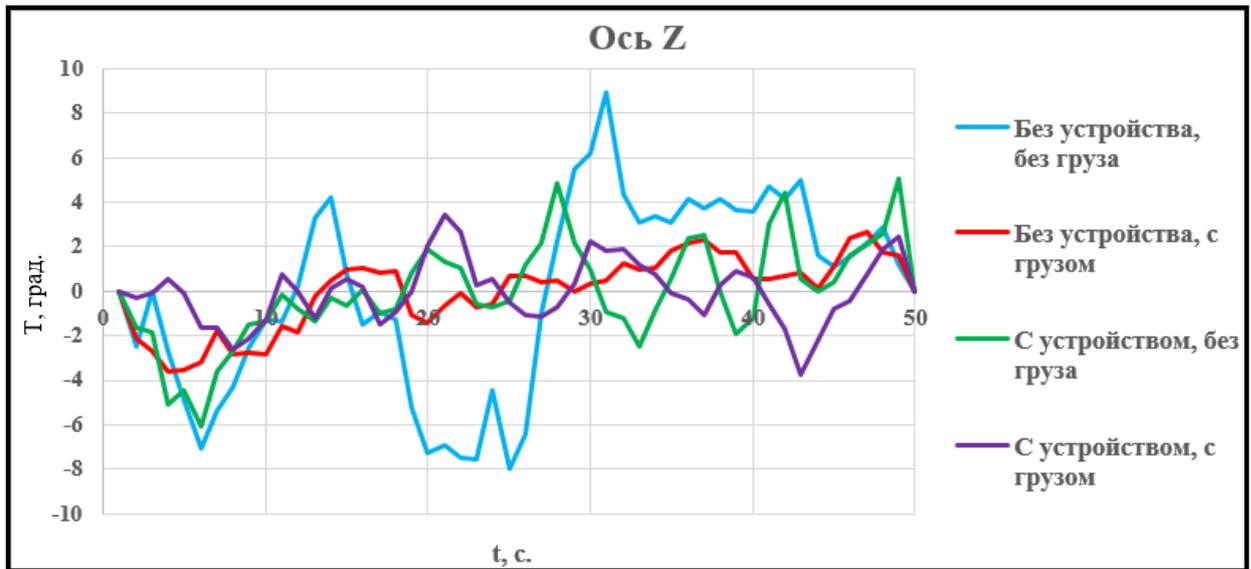


Рисунок 4.12- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси Z в режиме установившегося движения при передвижении по грунтовой дороге

Полученные зависимости (рисунок 4.12) могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -0,002x^2 + 0,1947x - 3,3185. \quad (4.21)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = 0,0009x^2 + 0,1088x - 3,5533. \quad (4.22)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,002x^2 + 0,1883x - 3,1274. \quad (4.23)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = -0,0014x^2 + 0,0832x - 0,9748. \quad (4.24)$$

Сравнение полученных показателей и полиномиальных уравнений позволяет сделать вывод, что постановка буксирно-распределяющего устройства предлагаемой конструкции способствует лучшей стабилизации переднего управляемого моста трактора в движении.

Установлено, что при движении по дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием:

- максимальная амплитуда колебаний по оси X (рисунок 4.5) экспериментального трактора без груза (-1^0-+1^0) меньше амплитуды колебаний серийного трактора ($-2,5^0-+2,5^0$) на 60 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом также стабилизирует положение переднего управляемого моста, хотя показатели экспериментального ТТА с грузом ($-0,5^0-+0,5^0$) также отличны от показателей загруженного серийного ТТА ($-1,3^0-+1,3^0$) на 38,4 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Y (рисунок 4.6) экспериментального трактора без груза (-1^0-+1^0) меньше амплитуды колебаний серийного трактора ($-2,5^0-+2,5^0$) на 60 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом также стабилизирует положение переднего управляемого моста, хотя показатели экспериментального ТТА с грузом ($-0,3^0-+0,3^0$) также отличны от показателей загруженного серийного ТТА ($-1,0^0-+1,0^0$) на 30,0 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Z-параметр горизонтального раскачивания (рисунок 4.7) экспериментального трактора без груза ($-1,6^0-+1,6^0$) меньше амплитуды колебаний серийного трактора ($-2,0^0-+2,0^0$) на 20 %.

При движении по сельскохозяйственным грунтовыми дорогам получены следующие результаты:

- максимальная амплитуда колебаний по оси X (рисунок 4.8) экспериментального трактора без груза (-3^0-+3^0) меньше амплитуды колебаний серийного трактора ($-12,1^0-+12,1^0$) на 25 %. Также установлено, что наличие

груза в прицепе в целом также стабилизирует положение переднего управляемого моста, хотя показатели экспериментального ТТА с грузом ($-1,9^0$ - $+1,9^0$) также отличны от показателей загруженного серийного ТТА ($-2,1^0$ - $+2,1^0$) на 9,4 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Y (рисунок 4.9) экспериментального трактора без груза (-4^0 - $+4^0$) меньше амплитуды колебаний серийного трактора ($-14,0^0$ - $+14,0^0$) на 28,6 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом также стабилизирует положение переднего управляемого моста, хотя показатели экспериментального ТТА с грузом ($-1,9^0$ - $+1,9^0$) также отличны от показателей загруженного серийного ТТА ($-2,2^0$ - $+2,2^0$) на 8,6 %;

- максимальная амплитуда колебаний по Z-параметр горизонтального раскачивания (рисунок 4.10) экспериментального трактора без груза (-1^0 - $+1^0$) меньше амплитуды колебаний серийного трактора ($-2,5^0$ - $+2,5^0$) на 60 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом также стабилизирует положение переднего управляемого моста, хотя показатели экспериментального ТТА с грузом ($-0,3^0$ - $+0,3^0$) также отличны от показателей загруженного серийного ТТА ($-1,0^0$ - $+1,0^0$) на 30,0 %.

4.1.2 Результаты экспериментальных исследований по определению колебаний заднего ведущего моста при передвижении ТТА по сельскохозяйственным грунтовым дорогам и дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием

Задний мост, помимо функции основного тягового звена, за счёт конструктивно распределённой массы трактора, осуществляет приём основной нагрузки сцепного веса, передаваемого от прицепа или агрегатированного сельскохозяйственного орудия в различных условиях использования. Таким образом, фиксация величин отклонения и колебаний ведущего моста трактора и, следовательно, всей кормовой его части его остова от вектора

прямолинейного движения послужит показателем уровня стабилизации энергетического средства. Результаты экспериментальных исследований по фиксации колебаний и отклонению заднего моста трактора при передвижении ТТА по дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием представлены в виде графиков на рисунках 4.13-4.15.

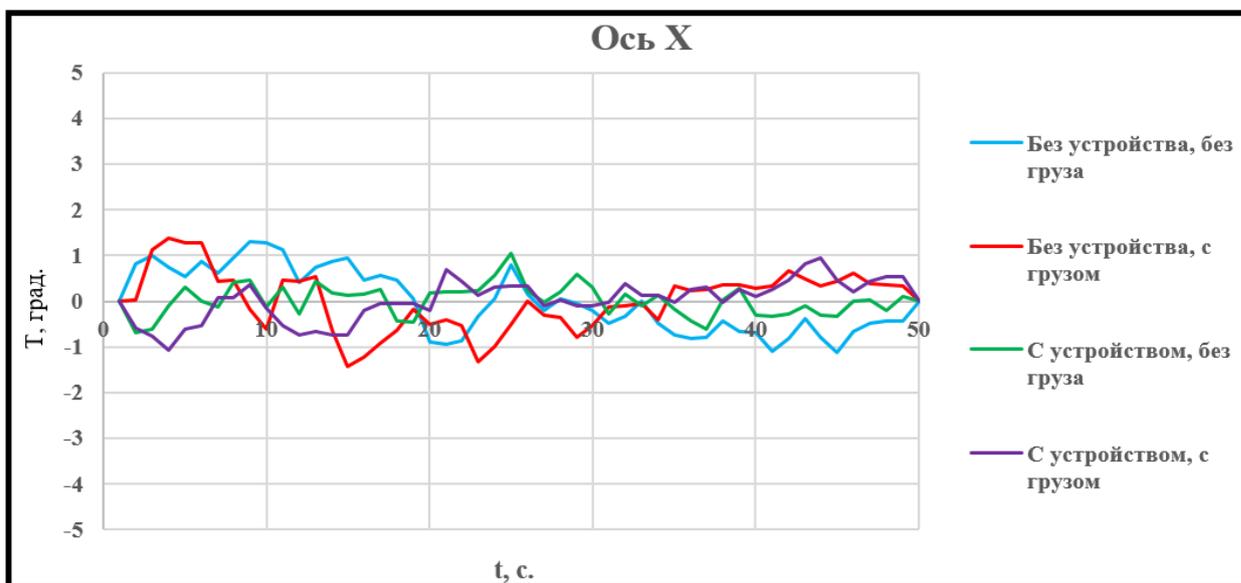


Рисунок 4.13- Экспериментальные показатели отклонения заднего ведущего моста трактора по оси X в режиме установившегося движения при передвижении по дороге с усовершенствованным покрытием

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -0,0006x^2 + 0,0284x - 0,1762. \quad (4.25)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = 0,0005x^2 - 0,0624x + 1,1581. \quad (4.26)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,002x^2 + 0,1883x - 3,1274. \quad (4.27)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = -0,0014x^2 + 0,0832x - 0,9748. \quad (4.28)$$

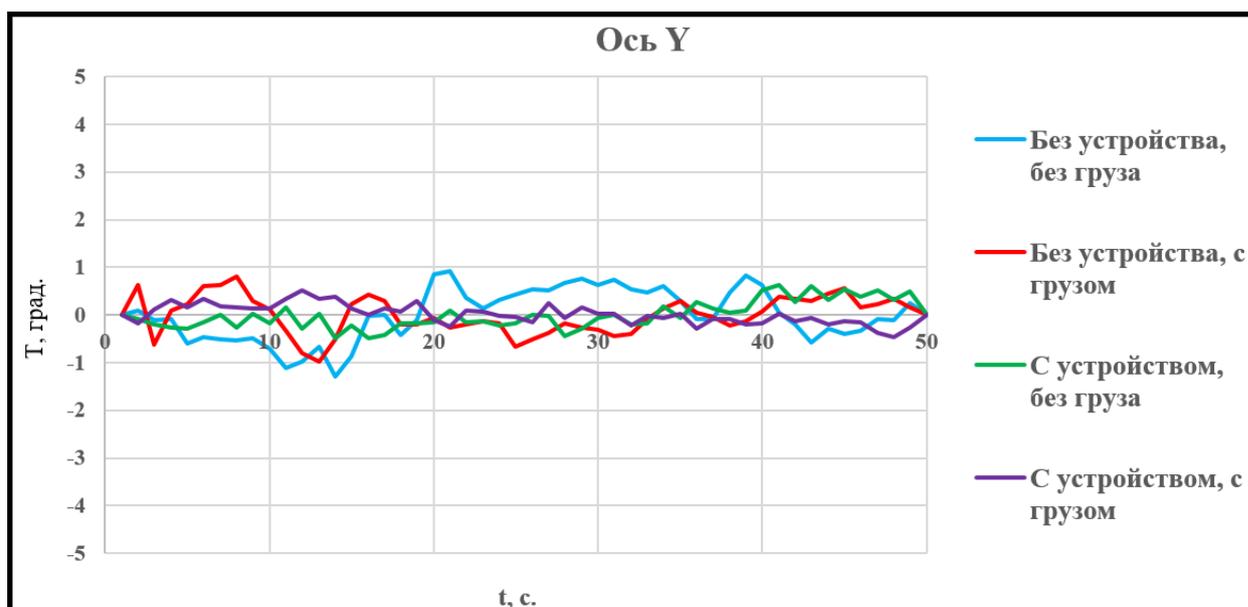


Рисунок 4.14- Экспериментальные показатели отклонения заднего ведущего моста трактора по оси Y в режиме установившегося движения при передвижении по дороге с усовершенствованным покрытием

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = 0,0006x^2 - 0,0157x - 0,0886. \quad (4.29)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = -0,0011x^2 + 0,0696x - 0,8219. \quad (4.30)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,0002x^2 - 0,0008x + 0,1805. \quad (4.31)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = 0,001x^2 - 0,0467x + 0,3578. \quad (4.32)$$

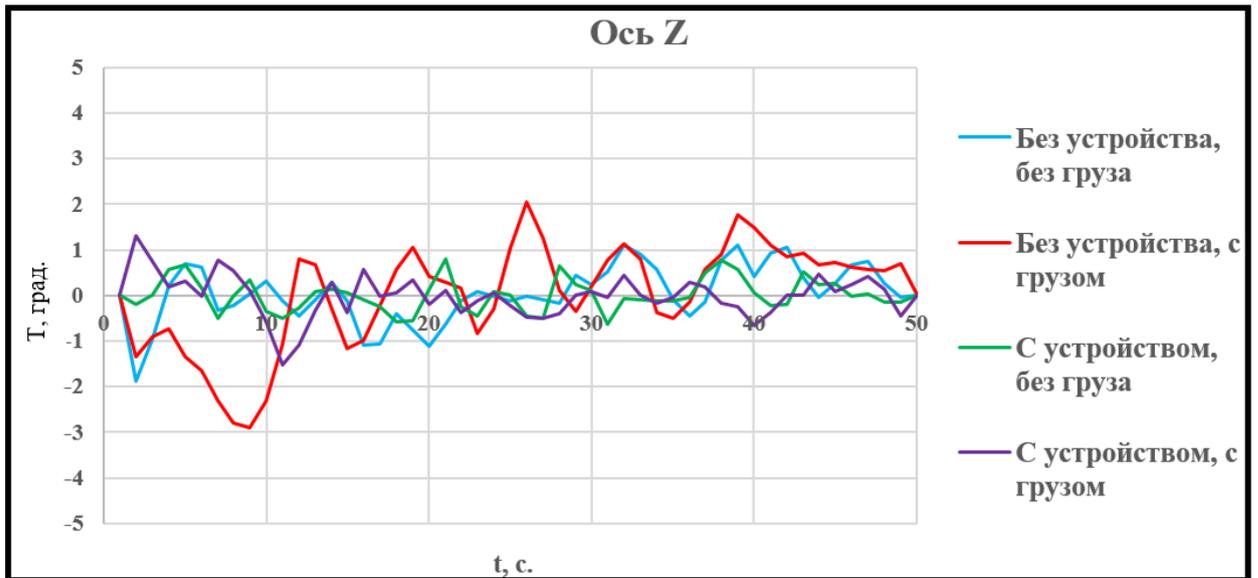


Рисунок 4.15- Экспериментальные показатели отклонения заднего ведущего моста трактора по оси Z в режиме установившегося движения при передвижении по дороге с усовершенствованным покрытием

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = 0,0003x^2 - 0,0109x + 0,0553. \quad (4.33)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = 9E-05x^2 + 0,0153x - 0,4288. \quad (4.34)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = 0,0008x^2 - 0,0423x + 0,4181. \quad (4.35)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = -0,0015x^2 + 0,125x - 1,9149. \quad (4.36)$$

Показатели отклонения заднего ведущего моста трактора серийного и экспериментального ТТА при движении по грунтовой дороге показаны в виде графиков на рисунках 4.16-4.18.

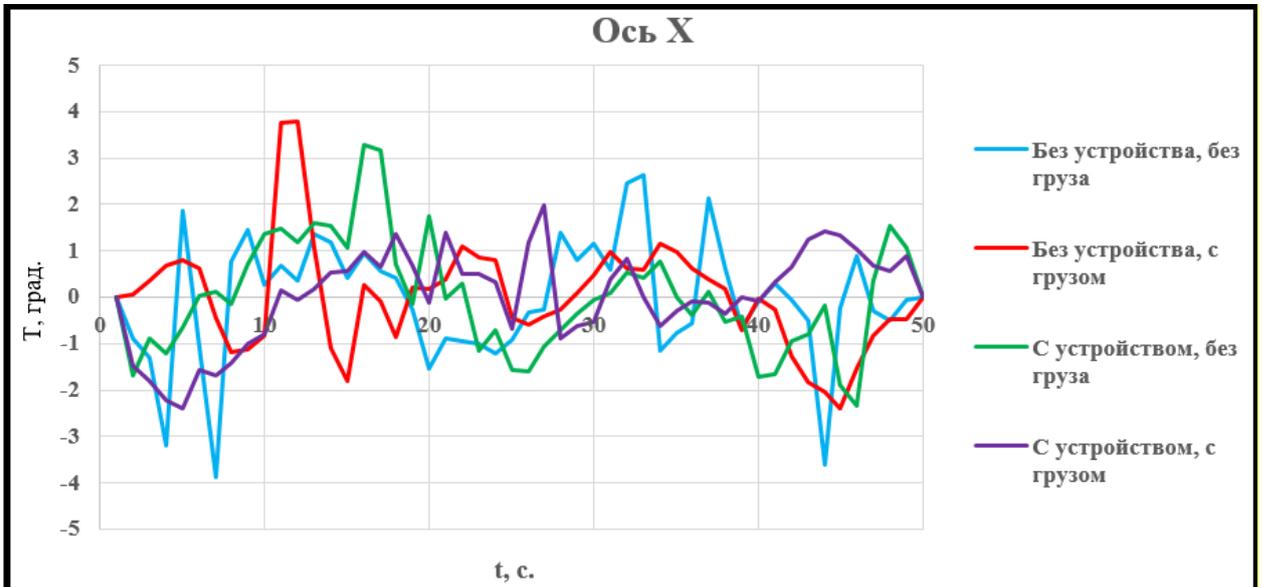


Рисунок 4.16- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси X в режиме установившегося движения при передвижении по грунтовой дороге

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -0,001x^2 + 0,0296x + 0,0723. \quad (4.37)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = -0,0016x^2 + 0,0854x - 0,8912. \quad (4.38)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,0016x^2 + 0,1159x - 1,595. \quad (4.39)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = -0,0014x^2 + 0,0469x + 0,0195. \quad (4.40)$$

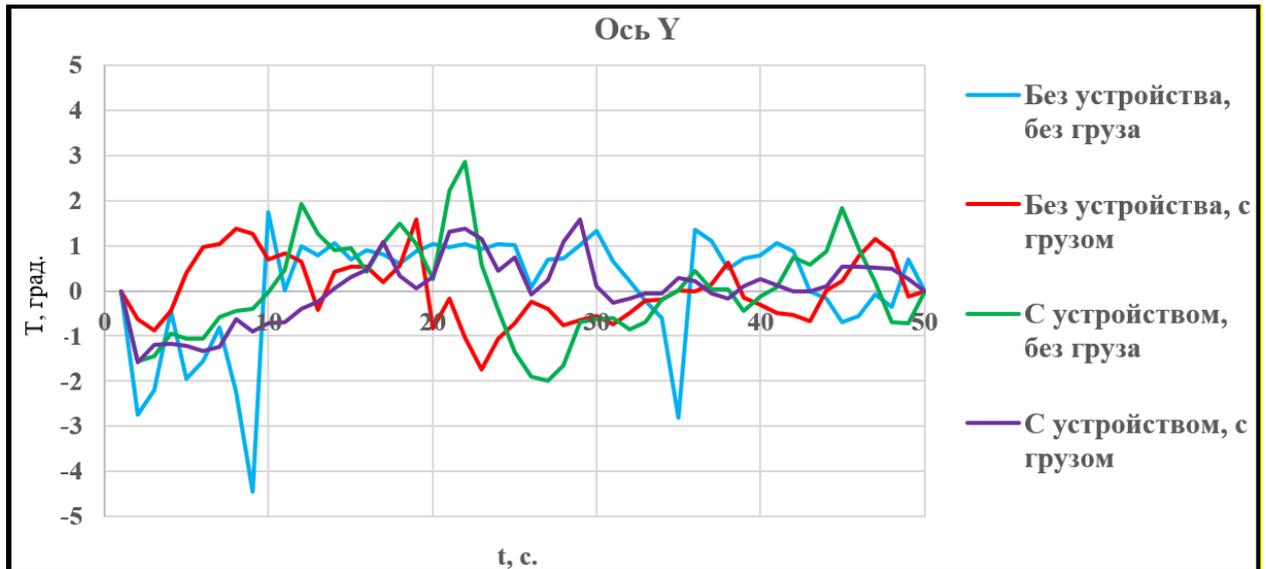


Рисунок 4.17- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси Y в режиме установившегося движения при передвижении по грунтовой дороге

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -0,001x^2 + 0,0296x + 0,0723. \quad (4.41)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = -0,0016x^2 + 0,0854x - 0,8912. \quad (4.42)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,0016x^2 + 0,1159x - 1,595. \quad (4.43)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = -0,0014x^2 + 0,0469x + 0,0195. \quad (4.44)$$

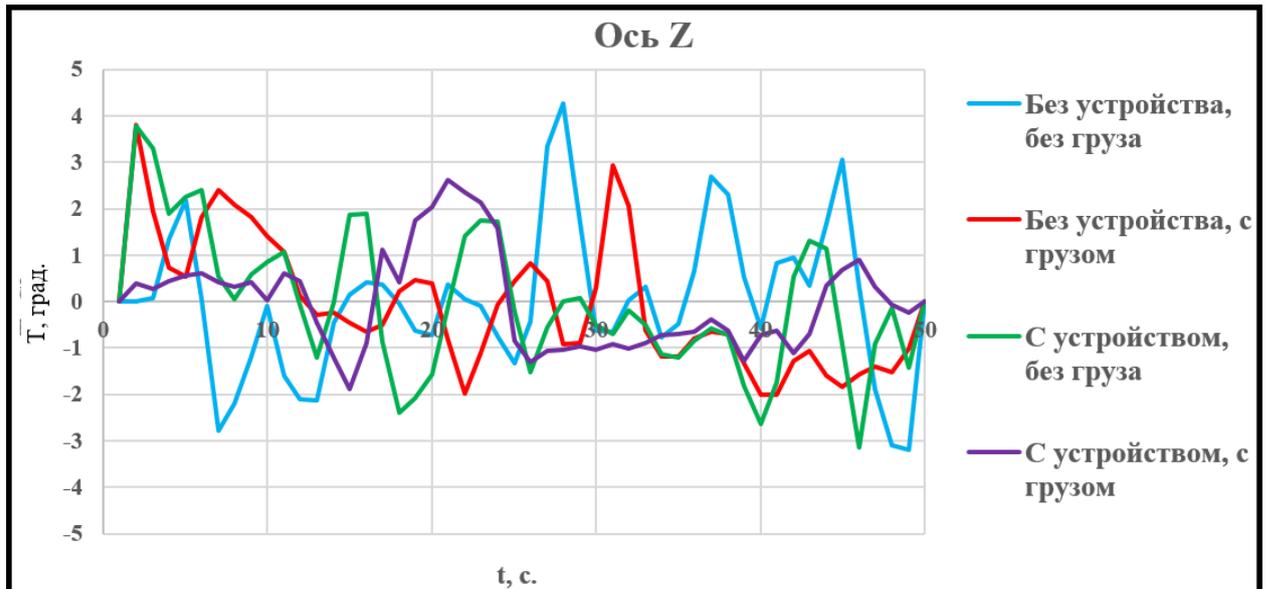


Рисунок 4.18- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси Z в режиме установившегося движения при передвижении по грунтовой дороге

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = 0,0021x^2 - 0,1594x + 2,2671. \quad (4.45)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = -0,0015x^2 + 0,0879x - 0,979. \quad (4.46)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = 0,0008x^2 - 0,1036x + 1,8643. \quad (4.47)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = 0,0004x^2 - 0,0394x + 0,6367. \quad (4.48)$$

Сравнение полученных показателей и полиномиальных уравнений позволяет сделать вывод, что постройка буксирно-распределяющего устройства предлагаемой конструкции способствует лучшей стабилизации заднего ведущего моста трактора в движении.

Установлено, что при движении по дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием:

- максимальная амплитуда колебаний по оси X (рисунок 4.13) экспериментального трактора без груза $(-0,6^0-+0,6^0)$ меньше амплитуды колебаний серийного трактора $(-1,0^0-+1,0^0)$ на 44,2 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом также стабилизирует положение заднего ведущего моста, хотя показатели экспериментального ТТА с грузом $(-1,0^0-+1,0^0)$ также отличны от показателей загруженного серийного ТТА $(-1,4^0-+1,4^0)$ на 29,1 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Y (рисунок 4.14) экспериментального трактора без груза $(-0,4^0-+0,4^0)$ меньше амплитуды колебаний серийного трактора $(-1,3^0-+1,3^0)$ на 31,5 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом стабилизирует положение заднего ведущего моста, при этом показатели экспериментального ТТА с грузом $(-0,4^0-+0,4^0)$ также отличны от показателей загруженного серийного ТТА $(-1,0^0-+1,0^0)$ на 40,0 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Z-параметр горизонтального раскачивания (рисунок 4.15) экспериментального трактора без груза $(-0,9^0-+0,9^0)$ меньше амплитуды колебаний серийного трактора $(-2,0^0-+2,0^0)$ на 54,8 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом стабилизирует положение заднего ведущего моста, при этом показатели экспериментального ТТА с грузом $(-1,3^0-+1,3^0)$ также отличны от показателей загруженного серийного ТТА $(-2,8^0-+2,8^0)$ на 54,0 %;

При движении по сельскохозяйственным грунтовыми дорогами получены следующие результаты:

- максимальная амплитуда колебаний по оси X (рисунок 4.16) экспериментального трактора без груза ($-3,3^0-+3,3^0$) меньше амплитуды колебаний серийного трактора ($-4,1^0-+4,1^0$) на 18 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в совокупности с воздействием исследуемого устройства стабилизирует положение заднего ведущего моста, хотя показатели экспериментального ТТА с грузом ($-2,3^0-+2,3^0$) также отличны от показателей загруженного серийного ТТА ($-3,8^0-+3,8^0$) на 38,6 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Y (рисунок 4.17) экспериментального трактора без груза (-3^0-+3^0) меньше амплитуды колебаний серийного трактора ($-4,5^0-+4,5^0$) на 32,8 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом также стабилизирует положение заднего ведущего моста, при чём показатели экспериментального ТТА с грузом ($-1,6^0-+1,6^0$) также отличны от показателей загруженного серийного ТТА ($-1,8^0-+1,8^0$) на 11,2 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Z-параметр горизонтального раскачивания (рисунок 4.18) экспериментального трактора без груза ($-3,7^0-+3,7^0$) меньше амплитуды колебаний серийного трактора ($-4,3^0-+4,3^0$) на 14,5 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом также стабилизирует положение заднего ведущего моста, хотя показатели экспериментального ТТА с грузом ($-2,7^0-+2,7^0$) также отличны от показателей загруженного серийного ТТА ($-3,7^0-+3,7^0$) на 24,3 %.

4.1.3 Результаты экспериментальных исследований по определению колебаний узла «тягово-цепное устройство трактора-дышло прицепа» при передвижении ТТА по сельскохозяйственным грунтовыми дорогам и дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием

Тягово-цепное устройство (ТСУ) трактора, являясь связывающим звеном между дышлом, ходовой системой агрегируемого прицепа и ходовой системой трактора, непосредственно воспринимает передаваемую нагрузку

между звеньями ТТ. Таким образом, узел «тягово-цепное устройство трактора-дышло прицепа» может являться ответственной точкой, в совокупности остальных замеряемых параметров-передним управляемым мостом и задним ведущим мостом трактора, характеризующей возникающие колебательные реакции в контуре «прицеп-трактор», фиксация в которой позволит наиболее качественно охарактеризовать воздействие исследуемого устройства на общие колебания агрегата.

Результаты экспериментальных исследований по фиксации колебаний и отклонению узла «тягово-цепное устройство трактора-дышло прицепа» при передвижении ТТА по дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием представлены в виде графиков на рисунках 4.19-4.21.

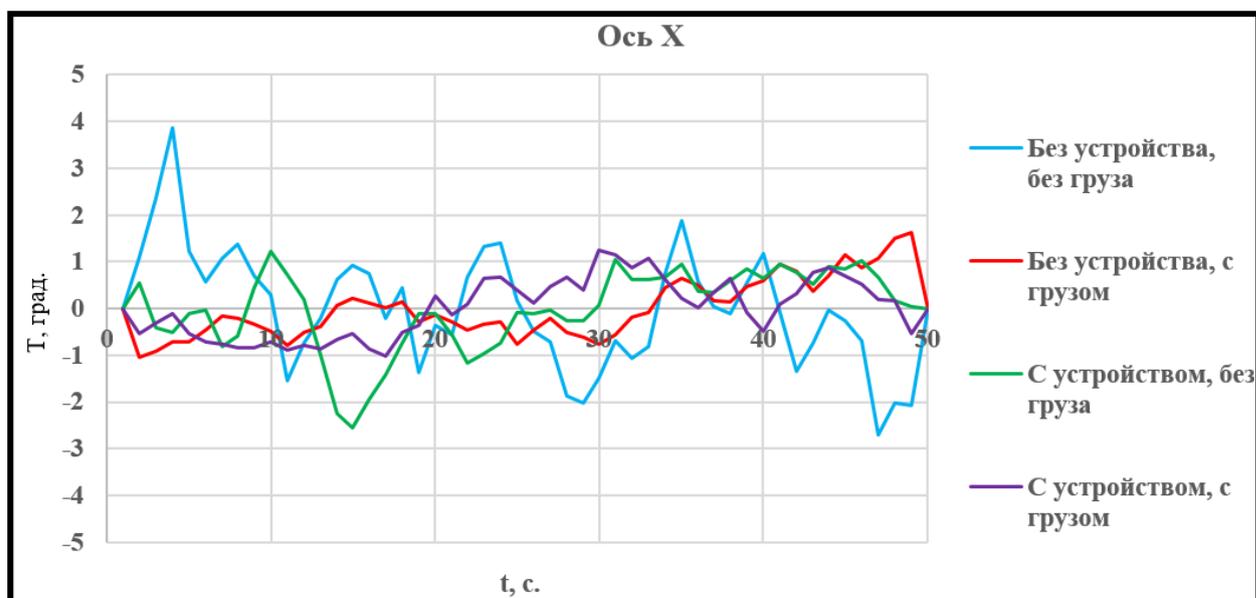


Рисунок 4.19- Экспериментальные показатели отклонения узла «тягово-цепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси X в режиме установившегося движения при передвижении по дороге с усовершенствованным покрытием

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = 0,0011x^2 - 0,0265x - 0,2477. \quad (4.49)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = 0,0007x^2 - 0,076x + 1,3547. \quad (4.50)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = 0,0009x^2 - 0,0163x - 0,4009. \quad (4.51)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = -0,0009x^2 + 0,0711x - 1,0342. \quad (4.52)$$

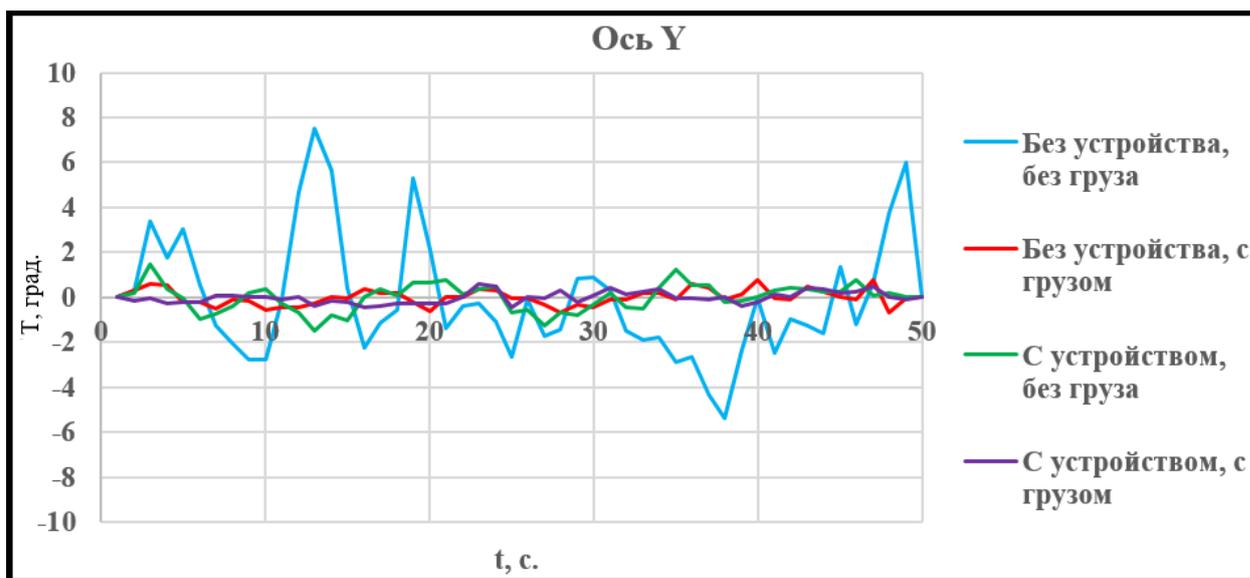


Рисунок 4.20- Экспериментальные показатели отклонения узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси Y в режиме установившегося движения при передвижении по дороге с усовершенствованным покрытием

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = 0,0006x^2 - 0,0231x + 0,0678. \quad (4.53)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = 0,0036x^2 - 0,2213x + 2,448. \quad (4.54)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = 7E-05x^2 + 0,0028x - 0,1399. \quad (4.55)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = 0,0003x^2 - 0,0095x + 0,0039. \quad (4.56)$$

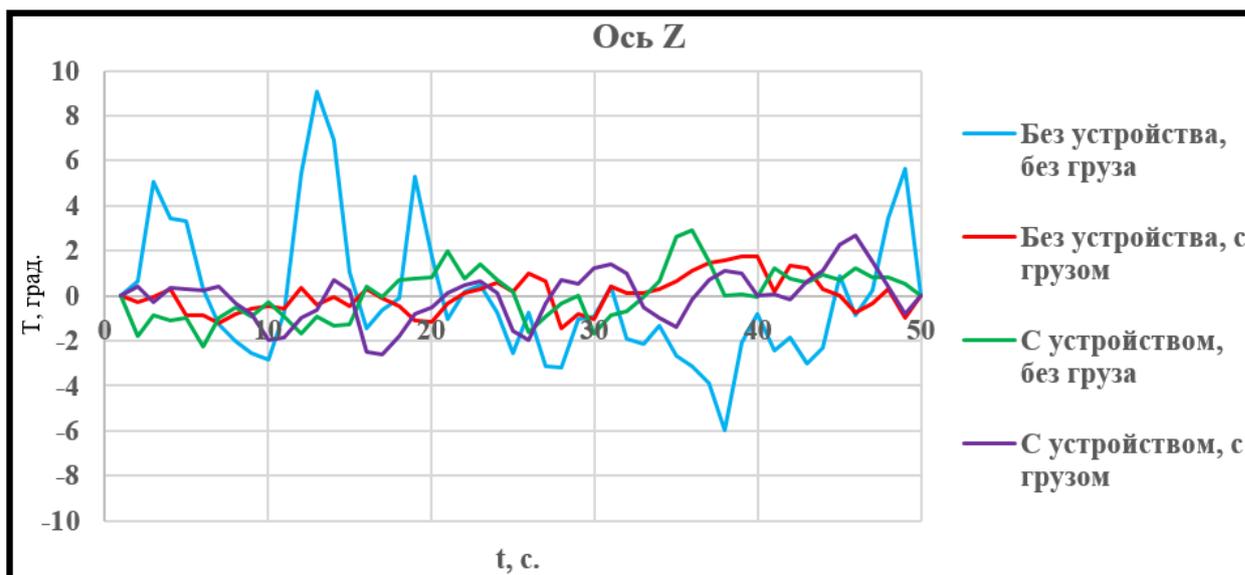


Рисунок 4.21- Экспериментальные показатели отклонения узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси Z в режиме установившегося движения при передвижении по дороге с усовершенствованным покрытием

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = 0,0042x^2 - 0,2778x + 3,3286. \quad (4.57)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = -0,0008x^2 + 0,0837x - 1,4219. \quad (4.58)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,0005x^2 + 0,0464x - 0,7549. \quad (4.59)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = 0,0015x^2 - 0,0468x - 0,1361. \quad (4.60)$$

Показатели отклонения узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» серийного и экспериментального ТТА при движении по грунтовой дороге показаны в виде графиков на рисунках 4.22-4.24.

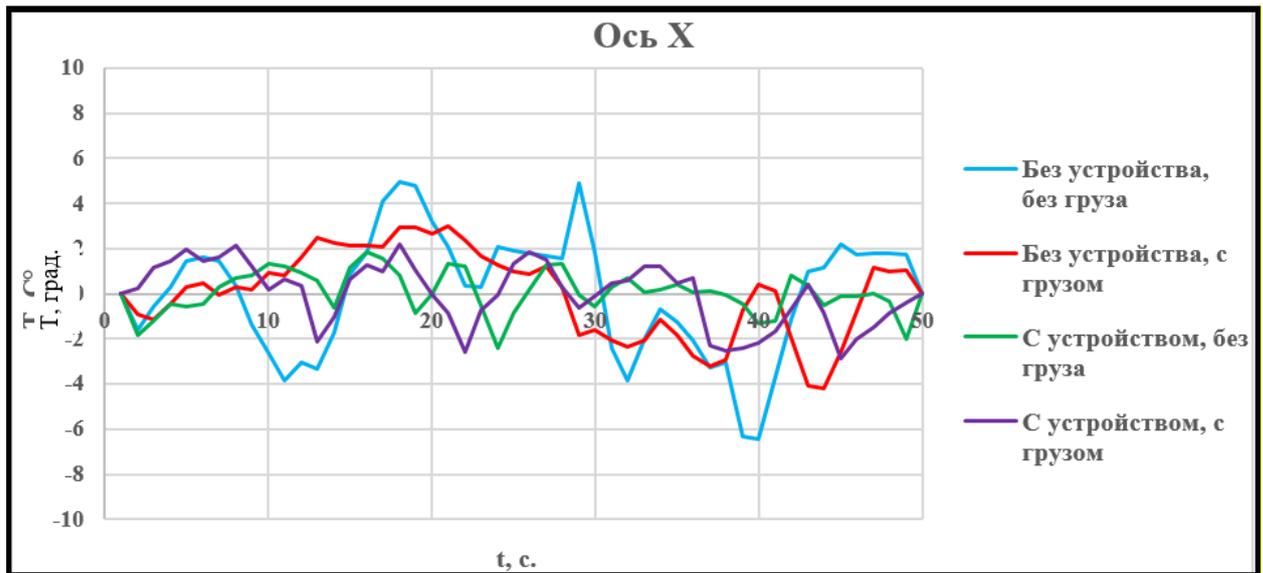


Рисунок 4.22- Экспериментальные показатели отклонения узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси X в режиме установившегося движения при передвижении по грунтовой дороге

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = 0,0042x^2 - 0,2778x + 3,3286. \quad (4.61)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = -0,0008x^2 + 0,0837x - 1,4219. \quad (4.62)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,0005x^2 + 0,0464x - 0,7549. \quad (4.63)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = 0,0015x^2 - 0,0468x - 0,1361. \quad (4.64)$$

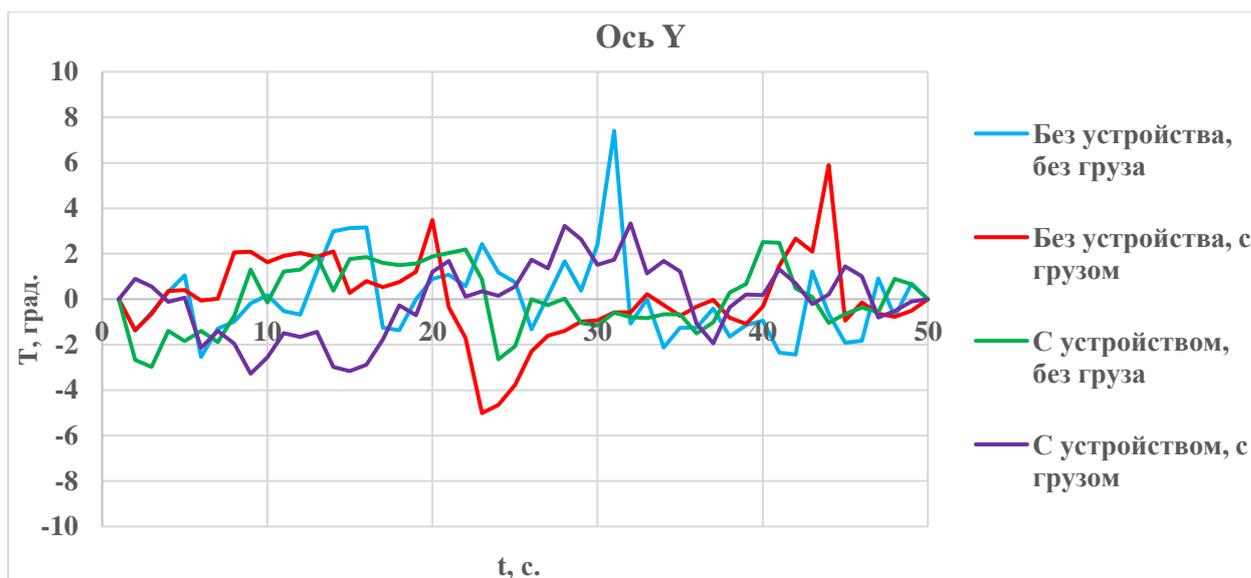


Рисунок 4.23- Экспериментальные показатели отклонения узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси Y в режиме установившегося движения при передвижении по грунтовой дороге

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -0,0019x^2 + 0,1078x - 1,1047. \quad (4.65)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = -0,0027x^2 + 0,1239x - 0,7793. \quad (4.66)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = -0,0017x^2 + 0,1309x - 1,8896. \quad (4.67)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = 0,0023x^2 - 0,1247x + 1,2686. \quad (4.68)$$

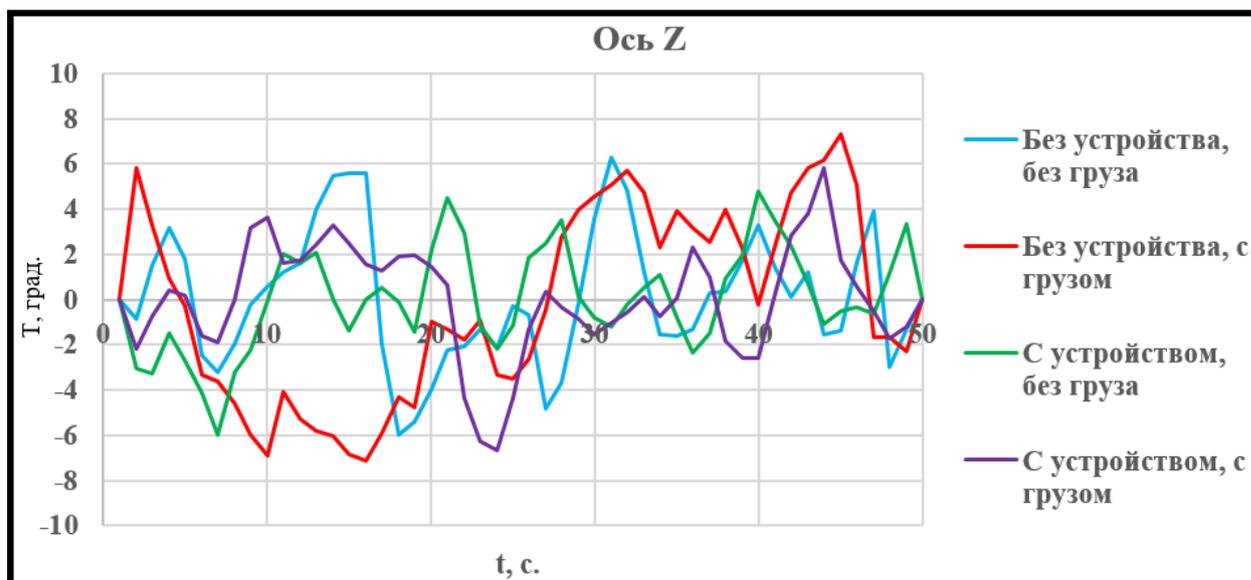


Рисунок 4.24- Экспериментальные показатели отклонения узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси Z в режиме установившегося движения при передвижении по грунтовой дороге

Полученные зависимости могут быть описаны уравнениями:

Для серийного ТТА без стабилизирующего устройства и без груза

$$y = -0,0031x^2 + 0,2229x - 2,9693. \quad (4.69)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, без груза

$$y = 0,0012x^2 - 0,06x + 0,5965. \quad (4.70)$$

Для серийного ТТА с грузом

$$y = 0,0017x^2 - 0,0926x + 0,9003. \quad (4.71)$$

Для экспериментального ТТА со стабилизирующим устройством, с грузом

$$y = 0,0028x^2 + 0,0048x - 2,693. \quad (4.72)$$

Сравнение полученных показателей и полиномиальных уравнений позволяет сделать вывод, что постановка буксирно-распределяющего устройства предлагаемой конструкции способствует лучшей стабилизации узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» в движении.

Установлено, что при движении по дорогам общего пользования с усовершенствованным покрытием:

- максимальная амплитуда колебаний по оси X (рисунок 4.19) экспериментального трактора без груза $(-2,5^0-+2,5^0)$ меньше амплитуды колебаний серийного трактора $(-3,9^0-+3,9^0)$ на 35,9 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом также стабилизирует положение узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа», хотя показатели экспериментального ТГА с грузом $(-1,3^0-+1,3^0)$ также отличны от показателей загруженного серийного ТГА $(-1,9^0-+1,9^0)$ на 41,6 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Y (рисунок 4.20) экспериментального трактора без груза $(-1,8^0-+1,8^0)$ меньше амплитуды колебаний серийного трактора $(-7,6^0-+7,6^0)$ на 76,4 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом стабилизирует положение узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа», при этом показатели экспериментального ТГА с грузом $(-0,8^0-+0,8^0)$ также отличны от показателей загруженного серийного ТГА $(-1,1^0-+1,1^0)$ на 27,3 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Z-параметр горизонтального раскачивания (рисунок 4.21) экспериментального трактора без груза $(-2,9^0-+2,9^0)$ меньше амплитуды колебаний серийного трактора $(-9,2^0-+9,2^0)$ на 68,4 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом стабилизирует положение узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа», при этом показатели экспериментального ТГА с грузом $(-1,8^0-+1,8^0)$ также отличны от показателей загруженного серийного ТГА $(-1,9^0-+1,9^0)$ на 5,3 %.

При движении по сельскохозяйственным грунтовыми дорогам получены следующие результаты:

- максимальная амплитуда колебаний по оси X (рисунок 4.22) экспериментального трактора без груза $(-2,2^0-+2,2^0)$ меньше амплитуды колебаний серийного трактора $(-6,2^0-+6,2^0)$ на 64,6 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в совокупности с воздействием исследуемого устройства стабилизирует положение узла «тягово-сцепное устройство

трактора-дышло прицепа», при этом показатели экспериментального ТТА с грузом $(-2,6^0-+2,6^0)$ также отличны от показателей загруженного серийного ТТА $(-4,1^0-+4,1^0)$ на 46,5 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Y (рисунок 4.23) экспериментального трактора без груза $(-2,2^0-+2,2^0)$ меньше амплитуды колебаний серийного трактора $(-7,5^0-+7,5^0)$ на 70,3 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом стабилизирует положение узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа», при чём показатели экспериментального ТТА с грузом $(-3,4^0-+3,4^0)$ также отличны от показателей загруженного серийного ТТА $(-6,1^0-+6,1^0)$ на 43,8 %;

- максимальная амплитуда колебаний по оси Z-параметр горизонтального раскачивания (рисунок 4.24) экспериментального трактора без груза $(-4,2^0-+4,2^0)$ меньше амплитуды колебаний серийного трактора $(-6,3^0-+6,3^0)$ на 41,8 %. Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом также стабилизирует положение узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа», при этом показатели экспериментального ТТА с грузом $(-7,2^0-+7,2^0)$ также отличны от показателей загруженного серийного ТТА $(-7,6^0-+7,6^0)$ на 5,3 %.

Полученные в исследованиях результаты позволяют обоснованно полагать, что исследуемое устройство является высокоэффективной конструкцией, предназначенной для качественной стабилизации колебаний звеньев ТТА и улучшения его эксплуатационных характеристик.

4.2 Результаты экспериментальных исследований по определению продольной устойчивости звеньев агрегата при передвижении ТТА по сельскохозяйственным дорогам в условиях склоновых земель

4.2.1 Результаты экспериментальных исследований по определению продольной устойчивости звеньев агрегата при движении ТТА на подъём

Ранее проведенными исследованиями установлено, что для нормальной управляемости любого колёсного энергетического средства на передний ведущий мост должно приходиться не менее 22 - 26 % от всего сцепного веса энергетического средства. Также отмечено, что при движении ТТА на подъём (в зависимости от угла подъёма), за счёт возникающего переворачивающего момента относительно задних колёс, эта величина значительно ниже, что затрудняет его управляемость, увеличивая опасность переворота энергетического средства.

Вместе с тем, установка предлагаемого устройства, как показали результаты экспериментов в равнинных условиях, значительно повышает стабилизацию звеньев агрегата. В связи с чем, для подтверждения теоретических исследований проведены экспериментальные испытания в реальных условиях эксплуатации ТТА при движении на подъём. Фрагмент испытаний представлен на рисунке 4.25.



Рисунок 4.25- Фрагмент испытаний ТТА при движении на подъём

Исследования проводились с замером параметров для переднего управляемого моста, заднего ведущего моста и узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа». Полученные результаты для переднего управляемого моста представлены в виде графиков на рисунках 4.26-4.28.

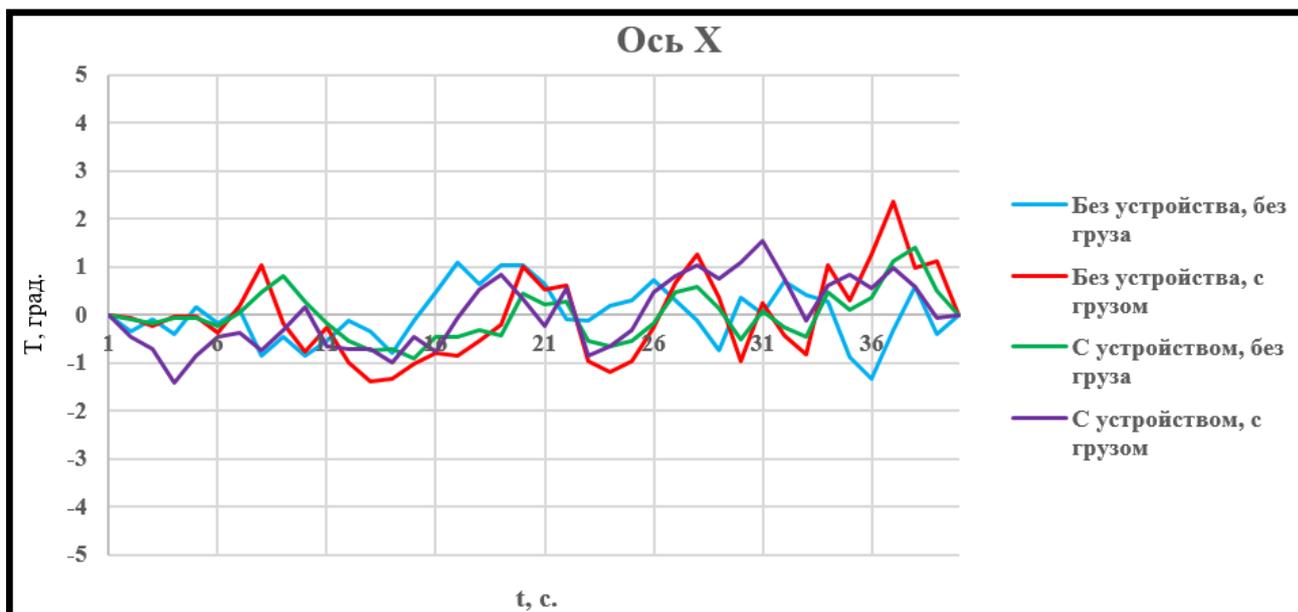


Рисунок 4.26- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси X при движении на подъём по грунтовой дороге

Сравнительный анализ данных по оси X показывает, что наибольшей амплитудой колебаний обладает серийный ТТА без устройства без груза $(-1,4^0-+1,4^0)$ и серийный ТТА без устройства с грузом $(-2,4^0-+2,4^0)$, при этом экспериментальный ТТА с устройством без груза обладает наименьшей амплитудой колебаний переднего управляемого моста $(-1,2^0-+1,2^0)$. Амплитуда же колебаний экспериментального ТТА с устройством и грузом $(-1,5^0-+1,5^0)$ приближена по параметрам к экспериментальному ТТА без устройства и без груза $(-1,4^0-+1,4^0)$.

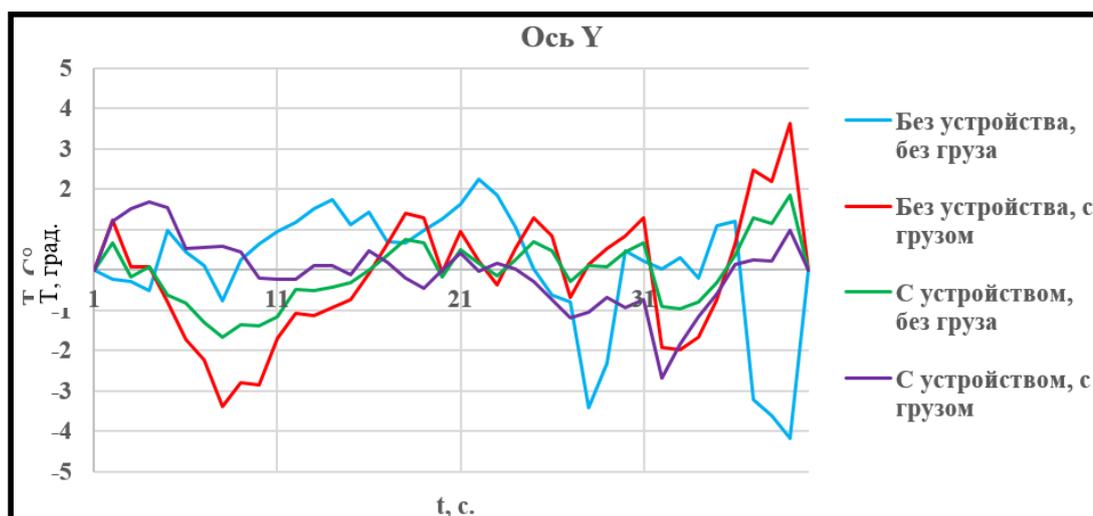


Рисунок 4.27- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси Y при движении на подъём по грунтовой дороге

Сравнительный анализ данных по оси Y показывает, что наибольшей амплитудой колебаний обладает серийный ТТА без устройства без груза ($-4,2^0$ - $+4,2^0$) и серийный ТТА без устройства с грузом ($-3,8^0$ - $+3,8^0$), при этом ТТА с устройством без груза обладает наименьшей амплитудой колебаний переднего управляемого моста ($-1,6^0$ - $+1,6^0$). Амплитуда же колебаний ТТА с устройством и грузом ($-2,7^0$ - $+2,7^0$) при движении на подъём на 27 % стабильнее зафиксированной амплитуды колебаний серийного агрегата.

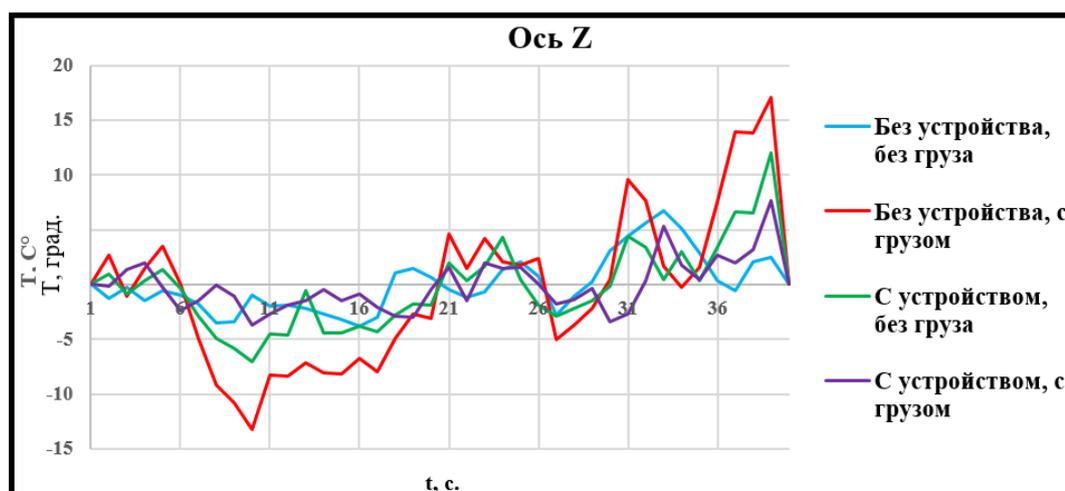


Рисунок 4.28- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси Z при движении на подъём по грунтовой дороге

Анализ приведённых данных, рисунок 4.28, показывает, что наиболее стабильной амплитудной траекторией обладает ТТА с устройством без груза и ТТА с устройством и с грузом, тогда как ТТА без устройства с грузом наименее стабилен при подъёме, что при дальнейшем увеличении угла подъёма может привести к отрыву переднего управляемого моста от поверхности движения.

Полученные результаты для заднего ведущего моста представлены в виде графиков на рисунках 4.29-4.31.

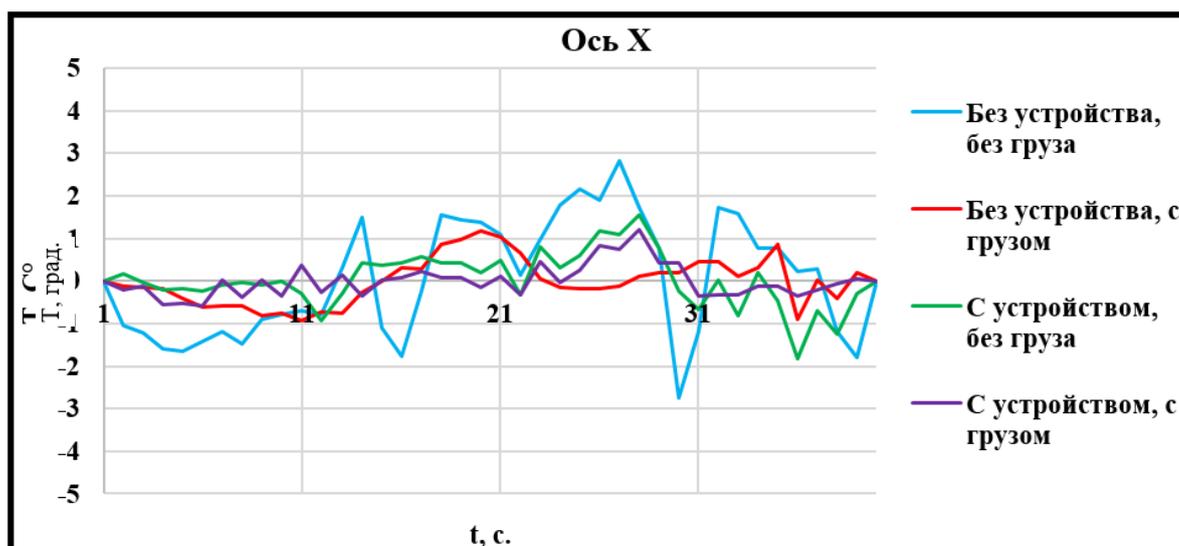


Рисунок 4.29- Экспериментальные показатели отклонения заднего ведущего моста трактора по оси X при движении на подъём по грунтовой дороге

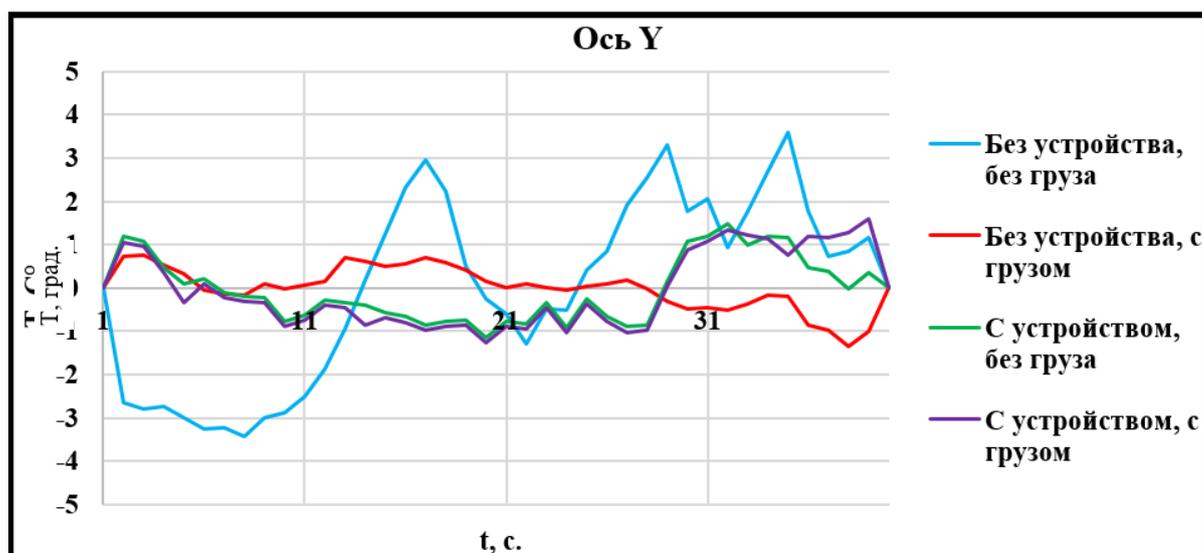


Рисунок 4.30- Экспериментальные показатели отклонения заднего ведущего моста трактора по оси Y при движении на подъём по грунтовой дороге

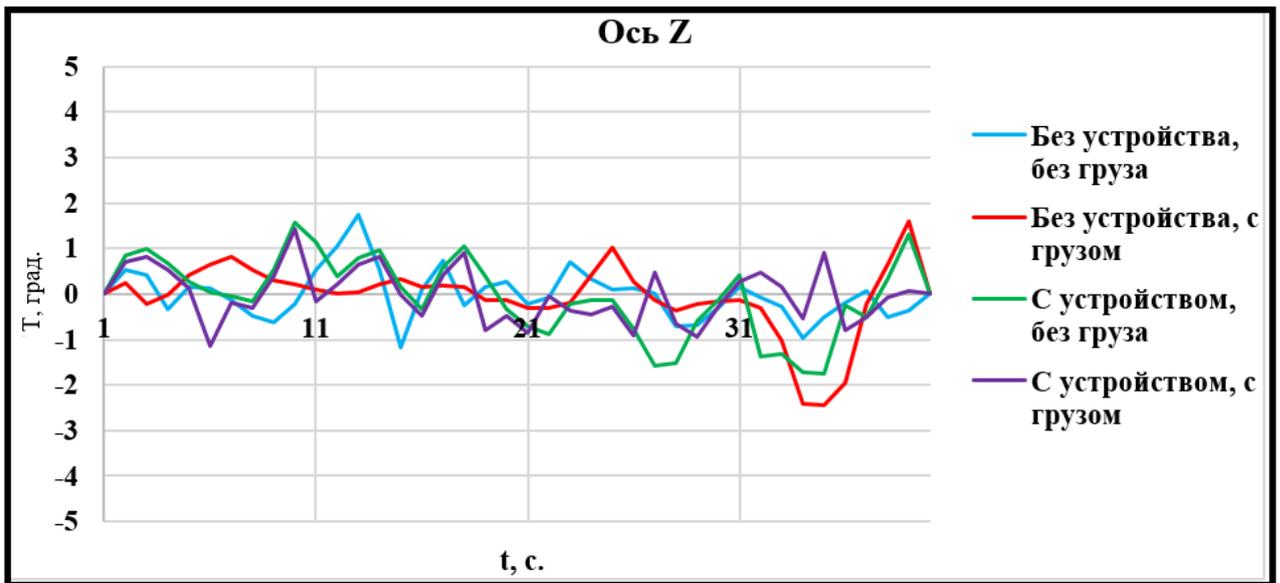


Рисунок 4.31- Экспериментальные показатели отклонения заднего ведущего моста трактора по оси Z при движении на подъём по грунтовой дороге

Приведённые результаты (рисунок 4.29-4.31) также показывают, что наибольшими колебаниями в движении на подъём обладают ТТА без устройства без груза и ТТА без устройства с грузом.

Полученные результаты для узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» представлены в виде графиков на рисунках 4.32-4.34.

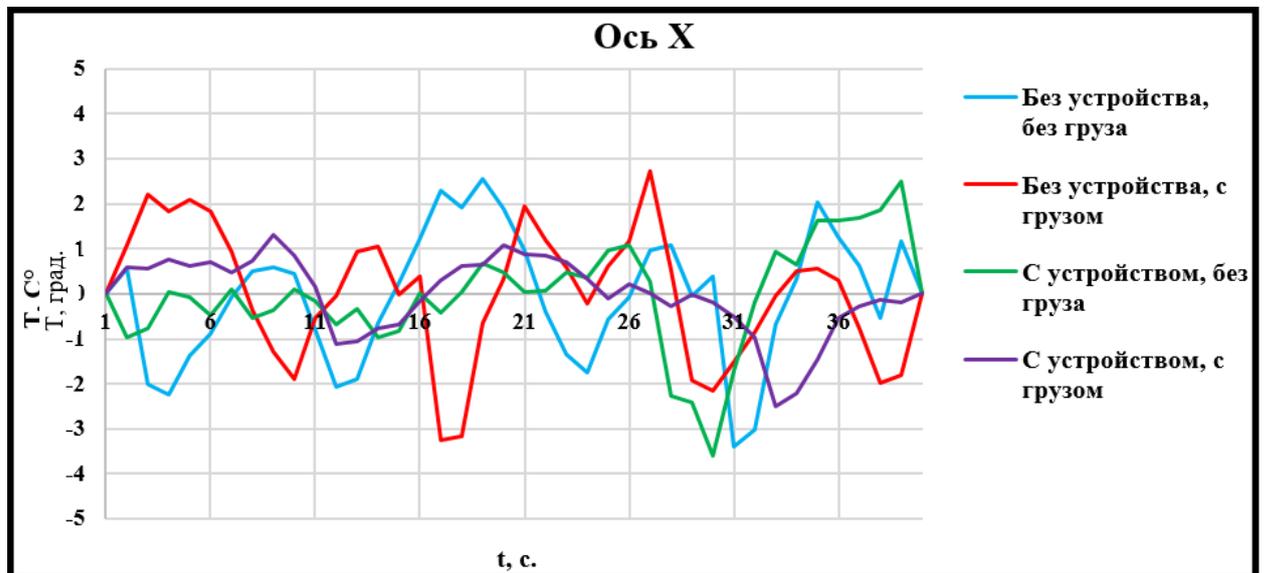


Рисунок 4.32- Экспериментальные показатели отклонения узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси X при движении на подъём по грунтовой дороге

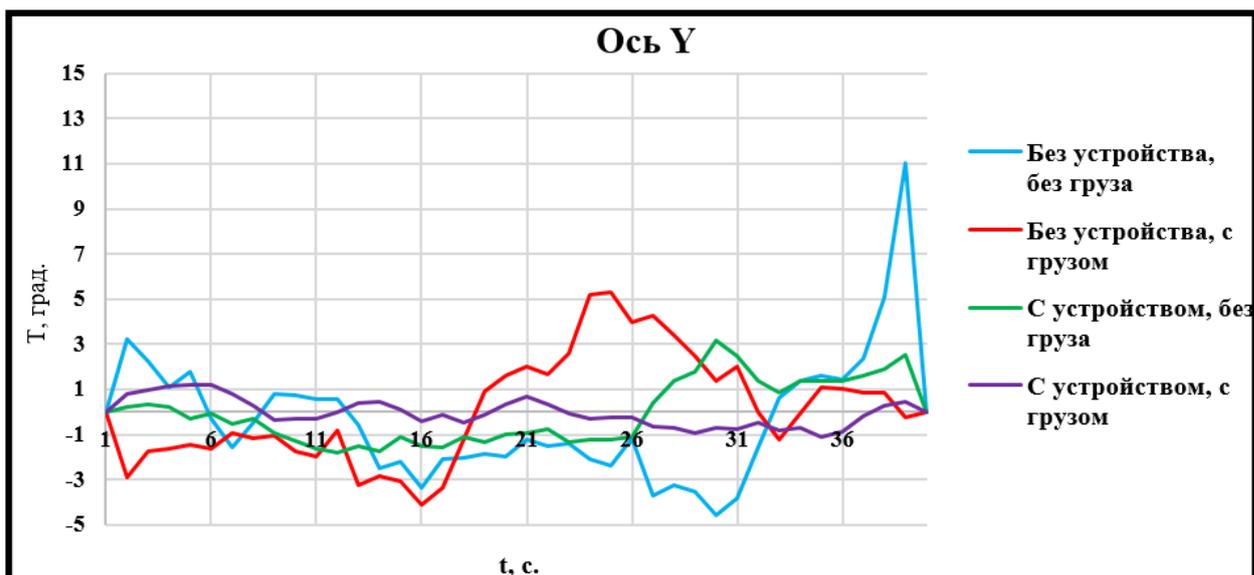


Рисунок 4.33- Экспериментальные показатели отклонения узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси Y при движении на подъём по грунтовой дороге

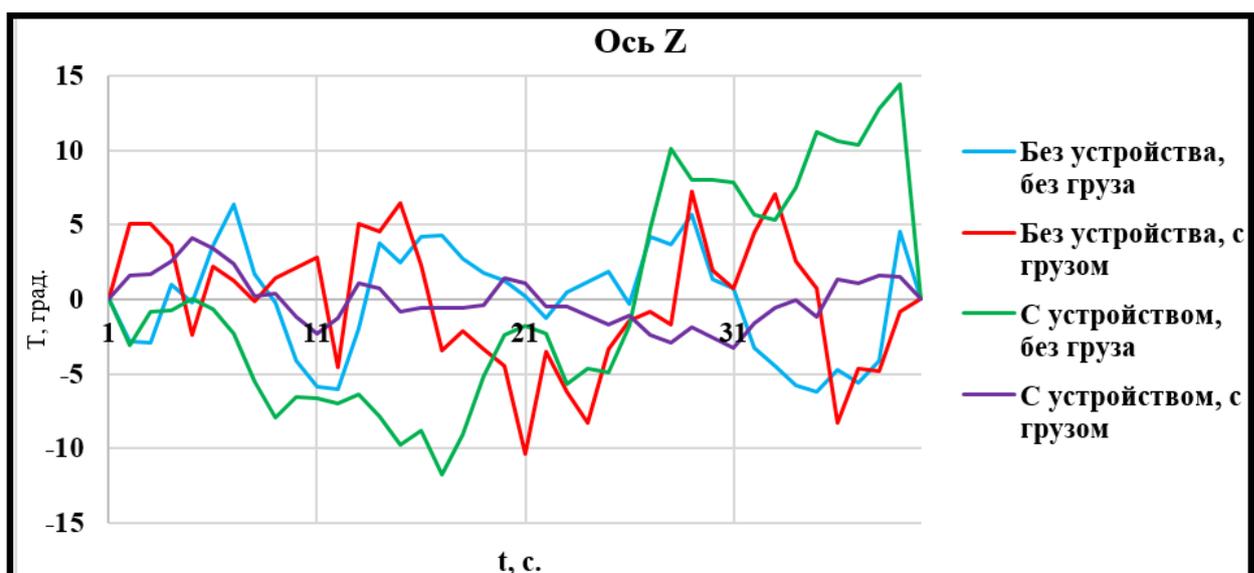


Рисунок 4.34- Экспериментальные показатели отклонения узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси Z при движении на подъём по грунтовой дороге

Представленные данные подтверждают, что наименьшими колебаниями и более стабильной траекторией движения обладает ТТА с устройством без груза и ТТА с устройством и с грузом, при этом совокупность исследуемых показателей позволяет обосновать как углы безопасного использования ТТА,

так и предложить рекомендации производству по использованию ТТА в условиях склоновых земель.

4.2.2 Результаты экспериментальных исследований по определению продольной устойчивости звеньев агрегата при движении ТТА на спуск по грунтовым дорогам

Учитывая необходимость рассмотрения колебаний звеньев агрегата, значительно влияющих на технологические характеристики серийного и экспериментального ТТА в условиях, наиболее приближенных к производственным, были проведены опытные исследования при движении ТТА на спуск. Результаты которых для переднего управляемого моста приведены в виде графиков на рисунках 4.35-4.37.

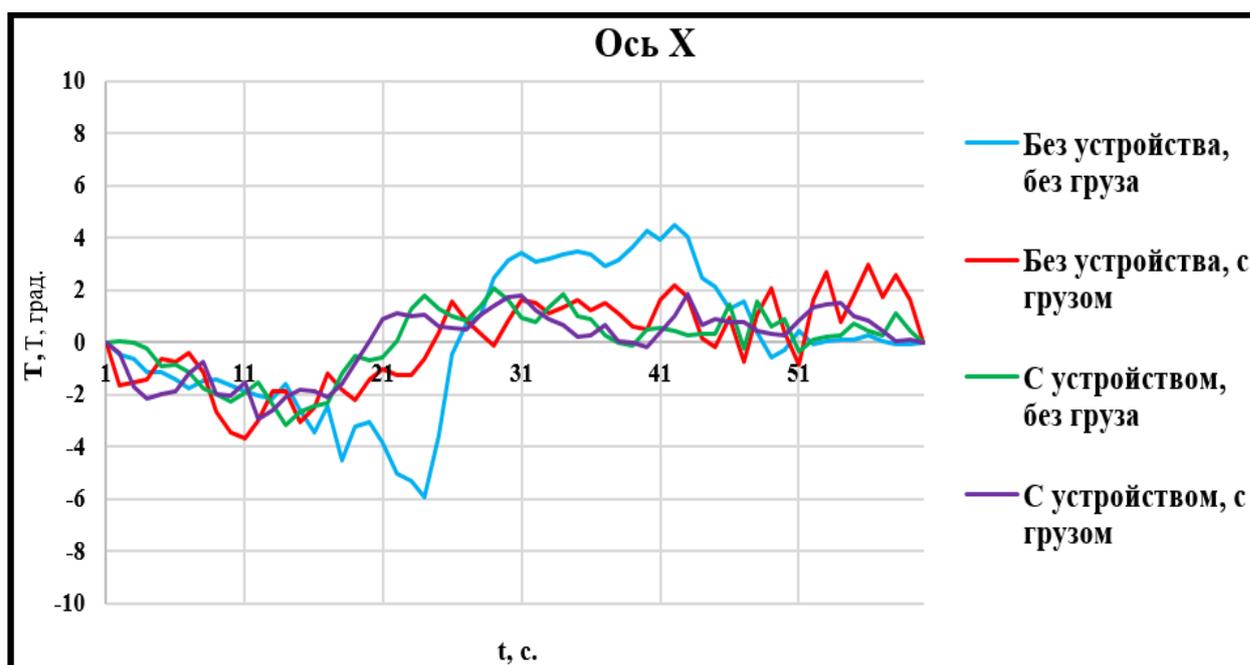


Рисунок 4.35- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси X при движении на спуск по грунтовой дороге

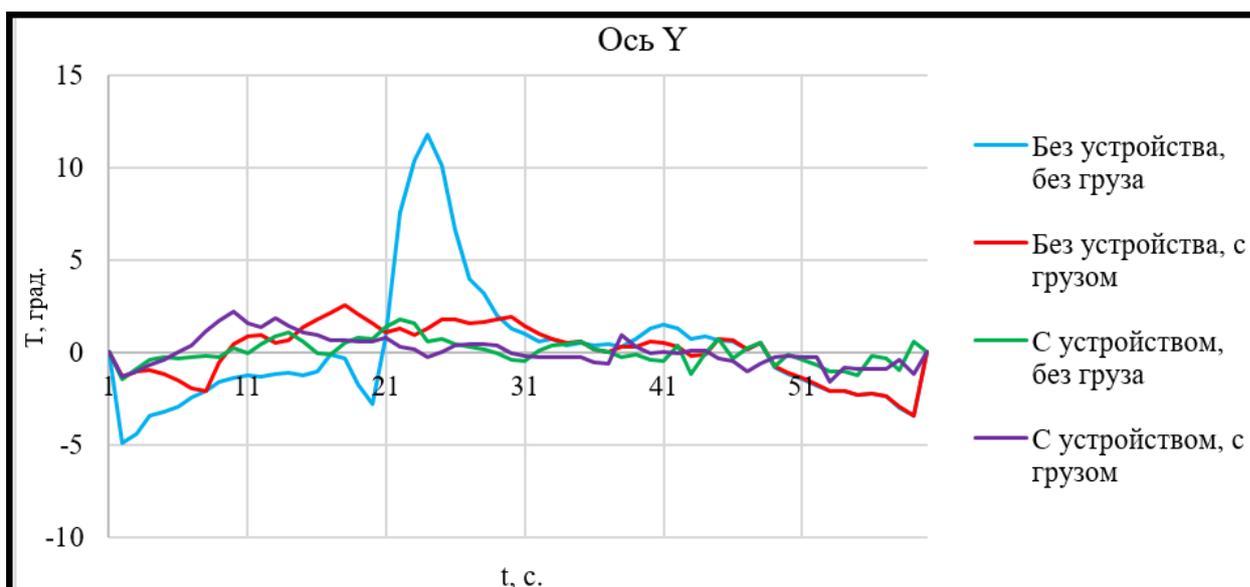


Рисунок 4.36- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси Y при движении на спуск по грунтовой дороге

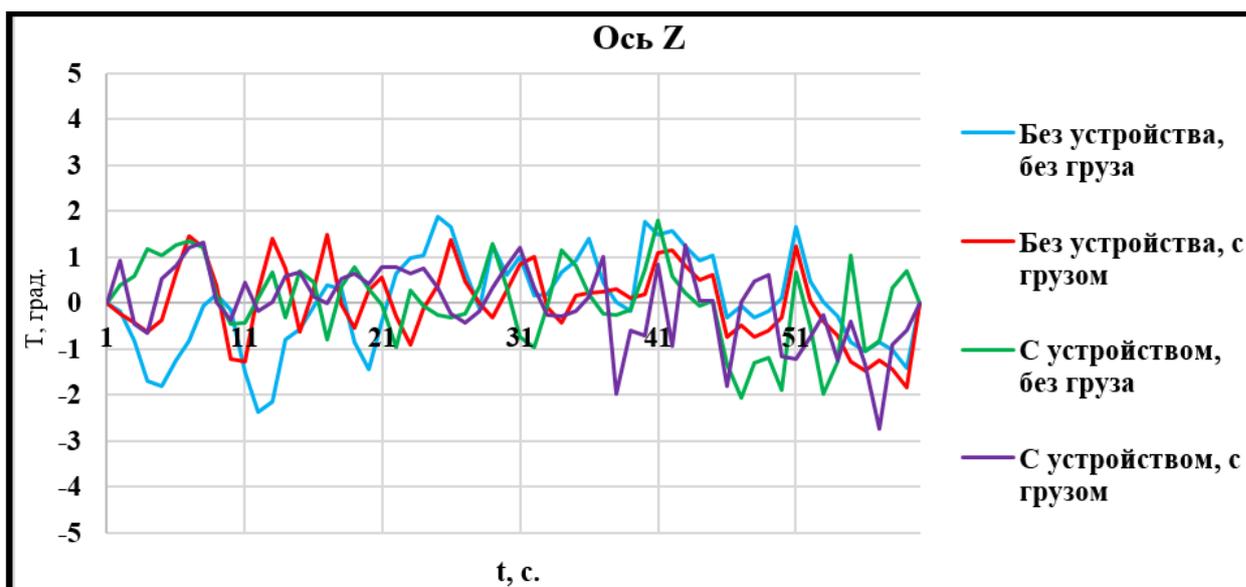


Рисунок 4.37- Экспериментальные показатели отклонения переднего управляемого моста трактора по оси Z при движении на спуск по грунтовой дороге

Приведённые результаты показывают, что в наиболее нестабильных условиях (ось X и ось Y) при движении на спуск является передний управляемый мост ТТА без устройства без груза, тогда как показатели экспериментального ТТА по всем исследуемым осям имеют стабильные и малозначительные колебания.

Полученные результаты для заднего ведущего трактора представлены в виде графиков на рисунках 4.38-4.40.

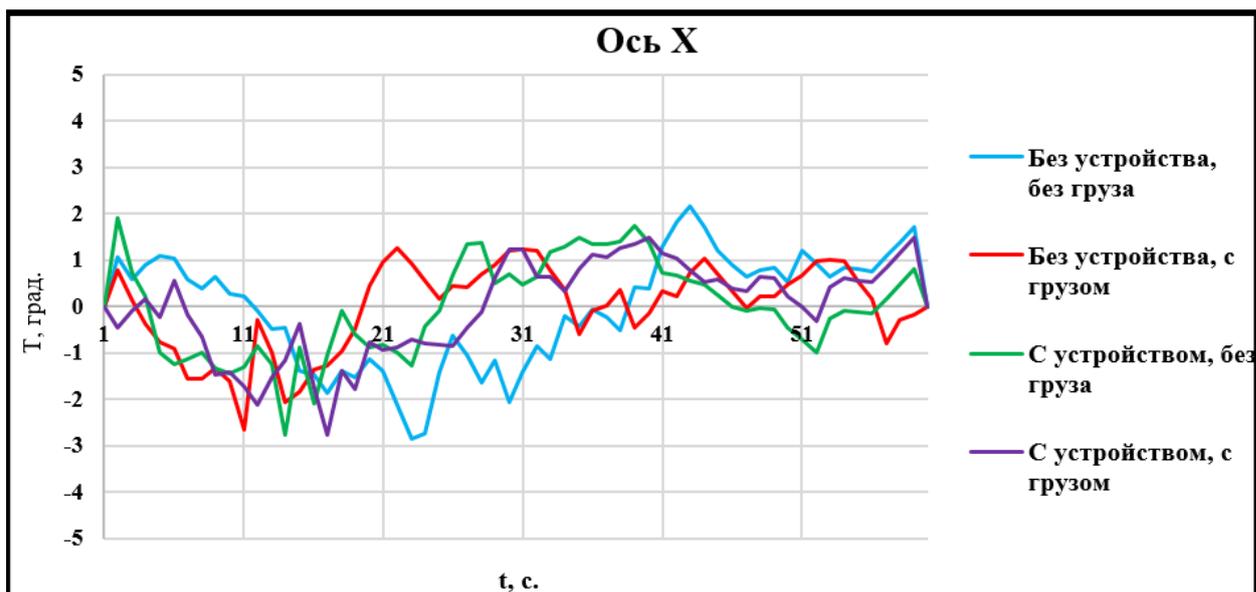


Рисунок 4.38- Экспериментальные показатели колебаний заднего ведущего моста трактора по оси X при движении на спуск по грунтовой дороге

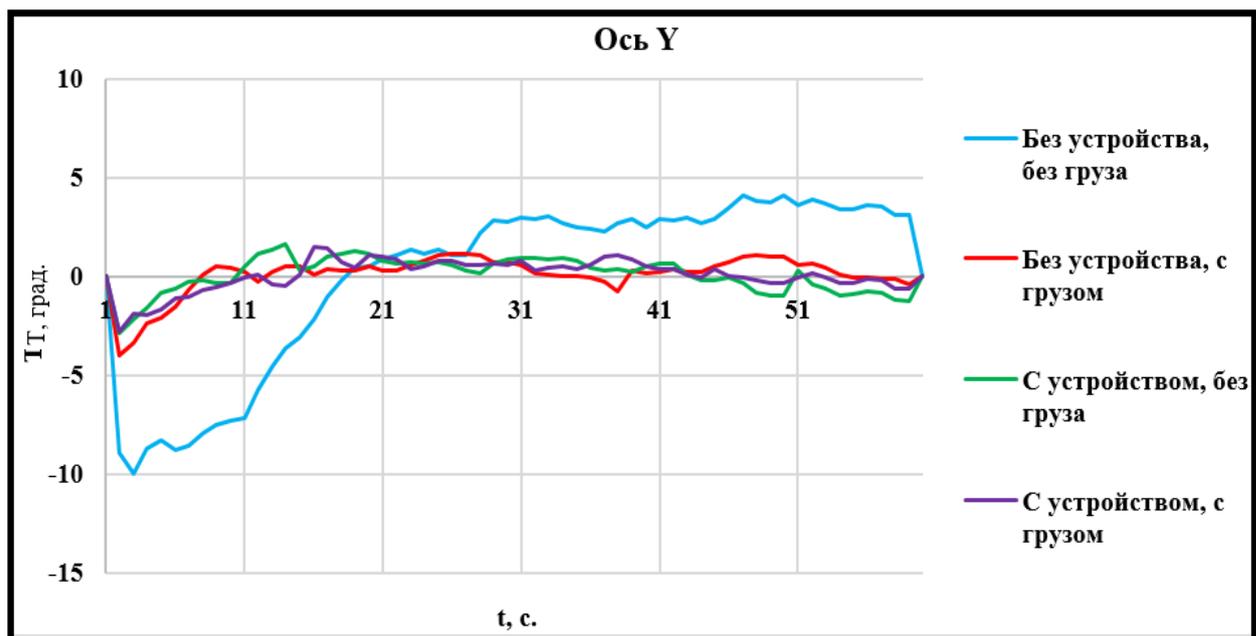


Рисунок 4.39- Экспериментальные показатели колебаний заднего ведущего моста трактора по оси Y при движении на спуск по грунтовой дороге

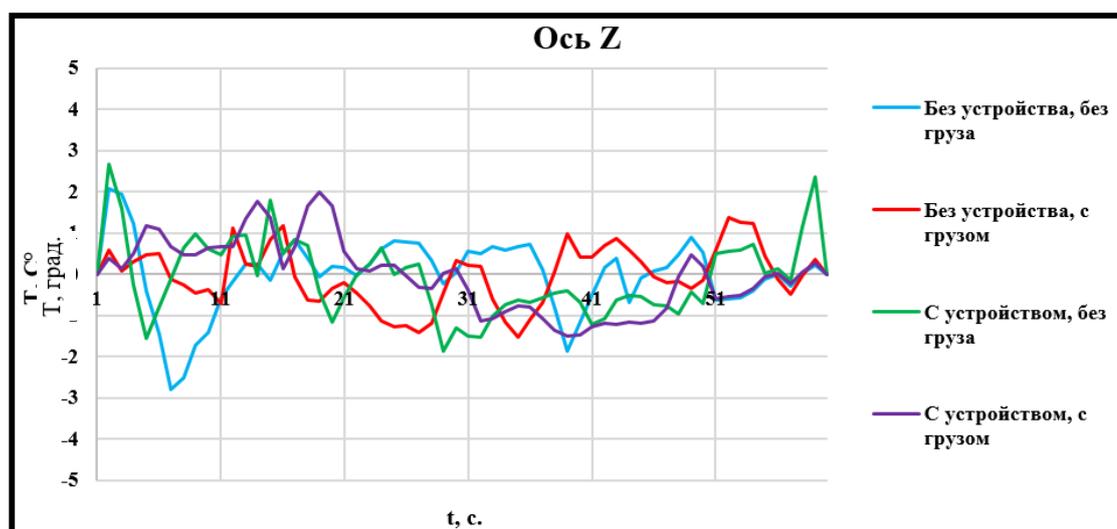


Рисунок 4.40- Экспериментальные показатели колебаний заднего ведущего моста трактора по оси Z при движении на спуск по грунтовой дороге

Приведённые результаты показывают, что в достаточно нестабильных условиях (ось X и ось Y) при движении на спуск является задний ведущий мост ТТА без устройства без груза, так именно на него передаётся нагрузка прицепа, тогда как показатели экспериментального ТТА по всем исследуемым осям имеют стабильные и малозначительные колебания, что подтверждает оптимальное перераспределение передаваемого сцепного веса на оси трактора.

Полученные результаты для узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» при движении на спуск представлены в виде графиков на рисунках 4.41-4.43.

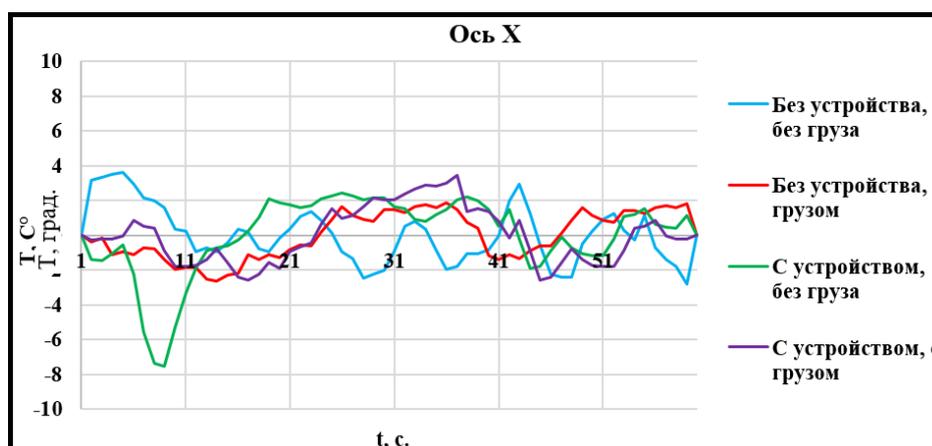


Рисунок 4.41- Экспериментальные показатели колебаний узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси X при движении на спуск по грунтовой дороге

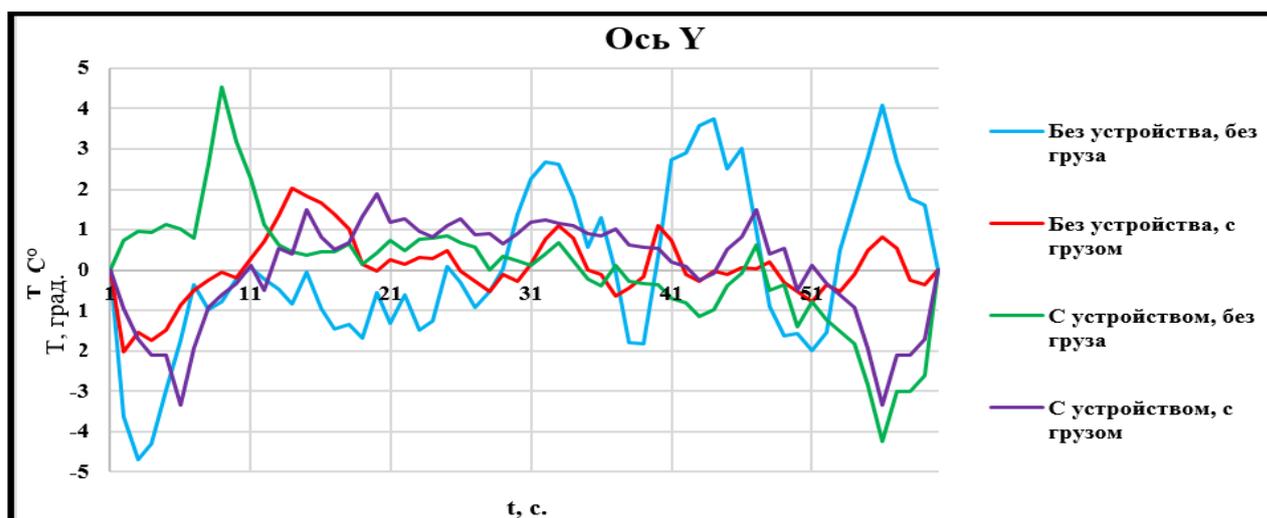


Рисунок 4.42- Экспериментальные показатели колебаний узла «тягово-цепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси Y при движении на спуск по грунтовой дороге

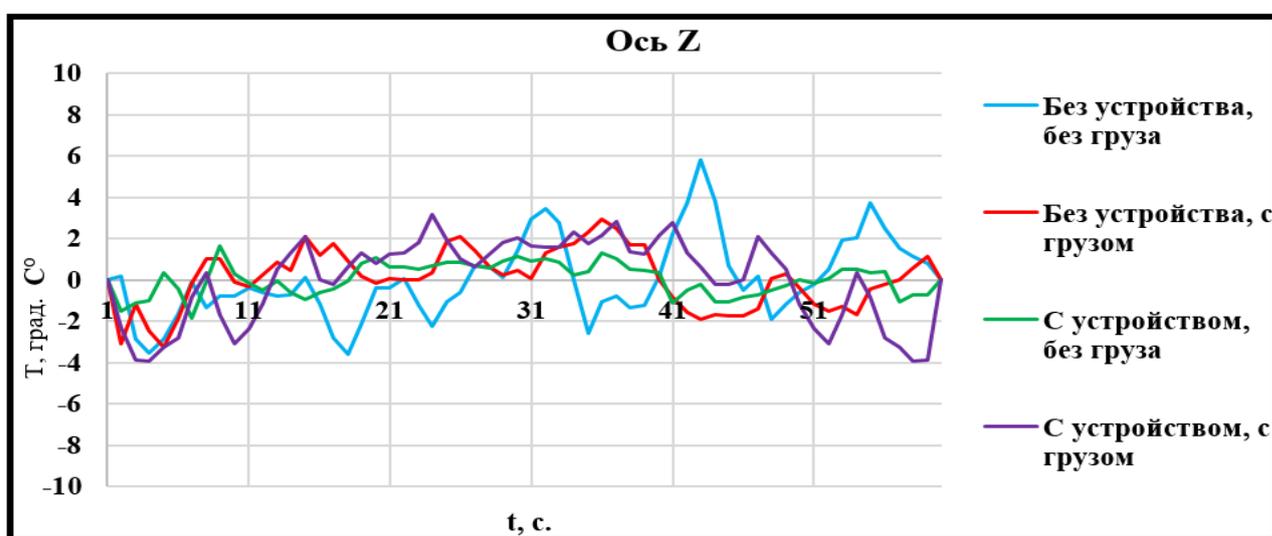


Рисунок 4.43- Экспериментальные показатели колебаний узла «тягово-цепное устройство трактора-дышло прицепа» по оси Z при движении на спуск по грунтовой дороге

Полученные результаты колебаний узла «тягово-цепное устройство трактора-дышло прицепа» (рисунок 4.41-4.43) показывают, что ТГА без устройства без груза обладает менее гармоничными и более амплитудными колебаниями во всех измеряемых параметрах. При этом показатели экспериментального ТГА с грузом наиболее оптимальны при движении ТГА на спуск.

4.3 Сравнение полученных результатов и значений эксплуатационных коэффициентов

Как показали проведенные экспериментальные исследования отклонение от прямолинейного движения на спуске наблюдалось как у серийного тракторно-транспортного агрегата, так и у экспериментального с установленным опытным устройством. При этом зафиксированное отклонение от прямолинейного движения, соответствующее результатам, представленным на графике, серийного тракторно- транспортного агрегата составило от 0,152 м до 0,158 м, а у экспериментального тракторно-транспортного агрегата с установленным устройством от 0,132 м до 0,136 м. Более наглядно полученные данные представлены на рисунке 4.44.

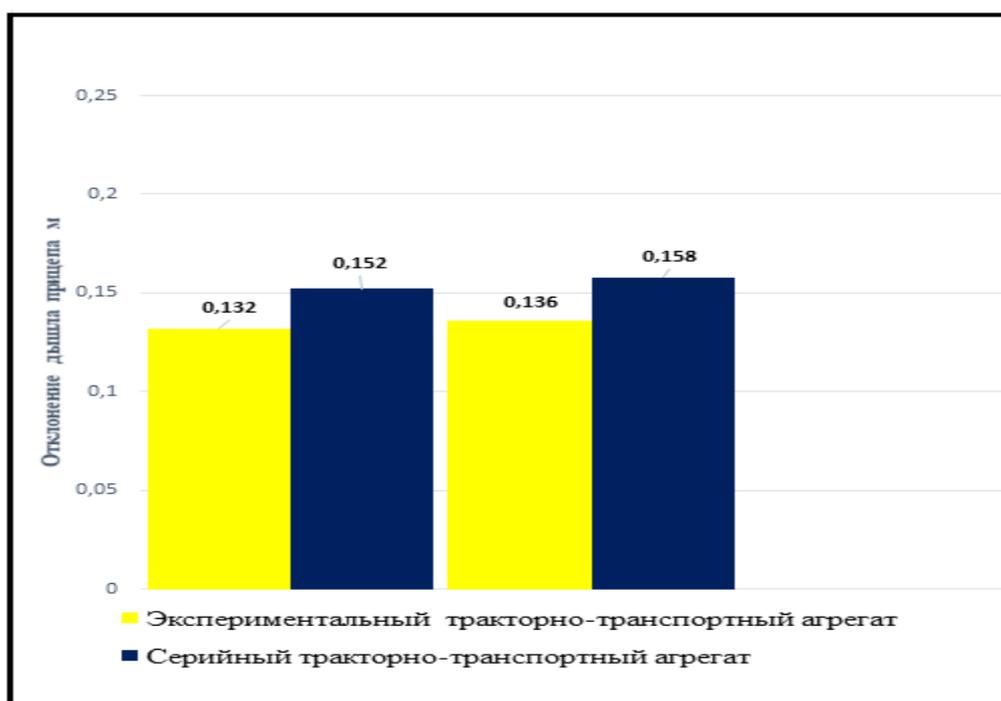


Рисунок 4.44- Результаты экспериментальных исследований по определению отклонения от прямолинейного движения серийного и экспериментального тракторно-транспортного агрегата

На основании данных, полученных в результате экспериментальных исследований установлено, что установка буксирно-распределяющего

устройства позволяет повысить продольную устойчивость тракторно-транспортного агрегата по сравнению с серийным. Снижение колебаний переднего управляемого моста составило параметры в пределах 0,028 м., что несомненно позволяет увеличить как скоростные характеристики агрегата, так и его технологические возможности при транспортировании сельскохозяйственных грузов.

Как показывают полученные результаты, вертикальные колебания у серийного ТТА составляют от 0,17м до 0,23 м, а у экспериментального тракторно-транспортного агрегата с установленным устройством от 0,04 м до 0,065м при отклонениях от центральной оси трактора в одинаковых условиях движения на выбранном участке дороги. Более наглядно полученные данные представлены на рисунке 4.45.

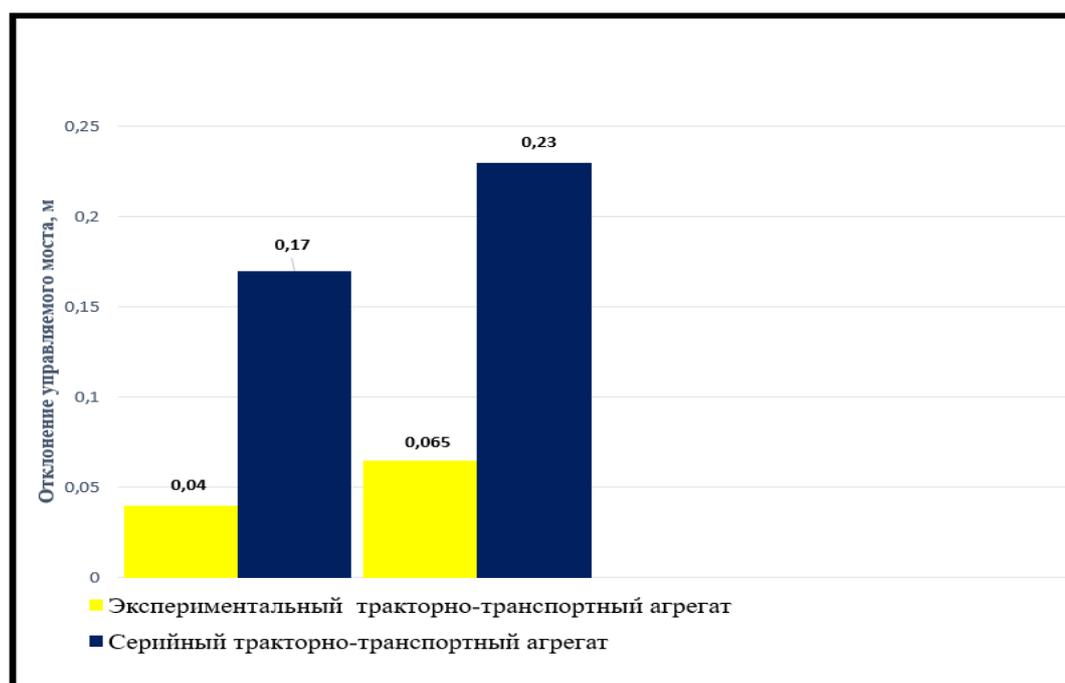


Рисунок 4.45- Результаты экспериментальных исследований по определению колебаний переднего моста трактора.

При выполнении транспортных работ тракторно-транспортными агрегатами наблюдается эффект «рысканья агрегата» по дороге возникающий от влияния различных побочных воздействий. Это прежде всего вызвано большой степенью своды основных составляющих самого транспортного

агрегата, а также от воздействия на него поверхности по которой движется тракторно-транспортный агрегат:

- продольный уклон;
- поперечный уклон;
- несущая способность поверхности движения;
- коэффициент сцепления движителя с основанием по которому он движется.

При этом необходимо отметить, что чередование выше указанных воздействий носит хаотичный характер и заранее предусмотреть конечный вариант от их воздействия не представляется возможным. В этих условиях водителю тракторно-транспортного агрегата необходимо постоянно находится в напряжении для поддержания стабилизации движения, что вызывает быструю утомляемость и снижает безопасность движения.

В связи с выше изложенным возникает вопрос об оценке стабилизационной устойчивости тракторно-транспортных агрегатов с целью выявления необходимости доработки их конструктивной части за счёт новых новаторских конструктивных решений.

Во второй главе было предложено для оценки влияния данных факторов использовать дополнительный коэффициент оценивающий стабилизацию движения тракторно-транспортного агрегата.

При этом необходимо учесть тот момент, что для его определения необходимо выявить основные возмущающие факторы, влияющие на стабилизацию движения и в целом на предлагаемый коэффициент. Оценку необходимо проводить в сравнении с серийным вариантом, используемым на перевозке грузов.

В результате проведенных исследований тракторно-транспортных агрегатов (ТТА) установлено влияние на стабилизацию движения следующих факторов:

- поперечный уклон поверхности, по которой движется ТТА;
- продольный уклон поверхности, по которой движется ТТА;

- состояние поверхности, по которой движется ТТА.

Математическая обработка проведённых экспериментальных исследований, результаты которых представлены в разделе 4.1-4.2 диссертации позволила предложить значения коэффициентов, влияющих на технологические характеристики ТТА и параметры движения- коэффициент поперечной устойчивости, коэффициент продольной устойчивости на подъёме, коэффициент продольной устойчивости на спуске (рисунок 4.46- 4.48).

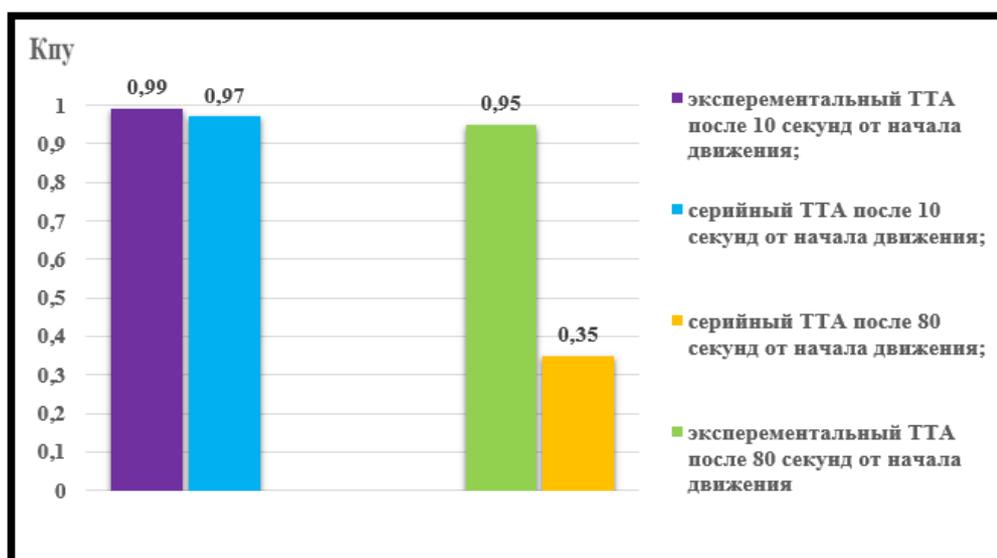


Рисунок 4.46- Коэффициент поперечной устойчивости

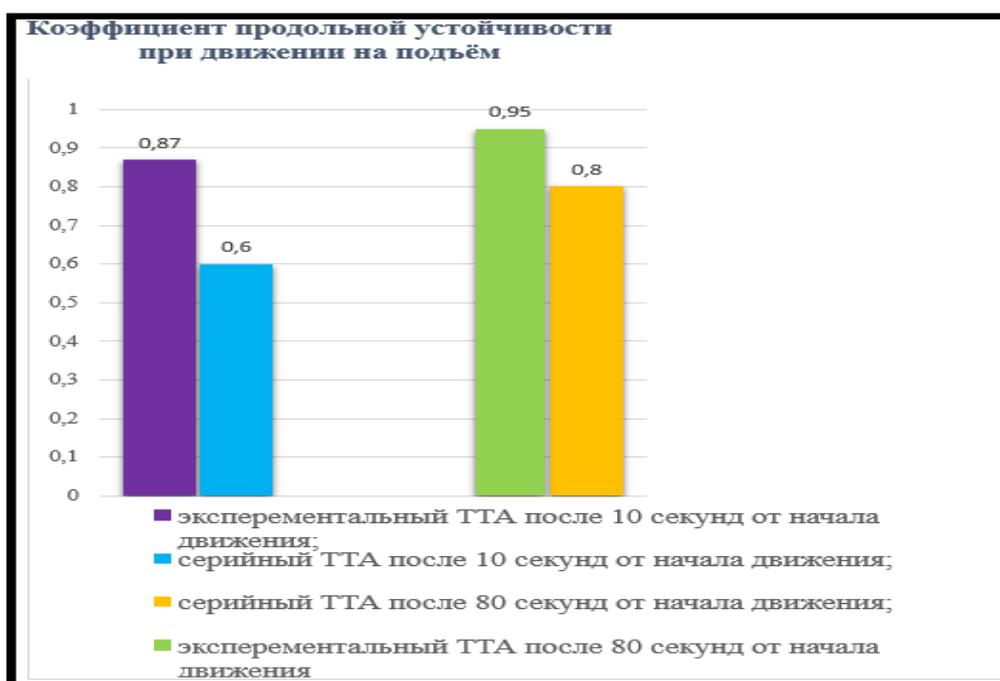


Рисунок 4.47 - Коэффициент продольной устойчивости на подъёме
- экспериментальный ТТА после 10 секунд от начала движения;

- серийный ТТА после 10 секунд от начала движения;
- экспериментальный ТТА после 80 секунд от начала движения;
- серийный ТТА после 80 секунд от начала движения.

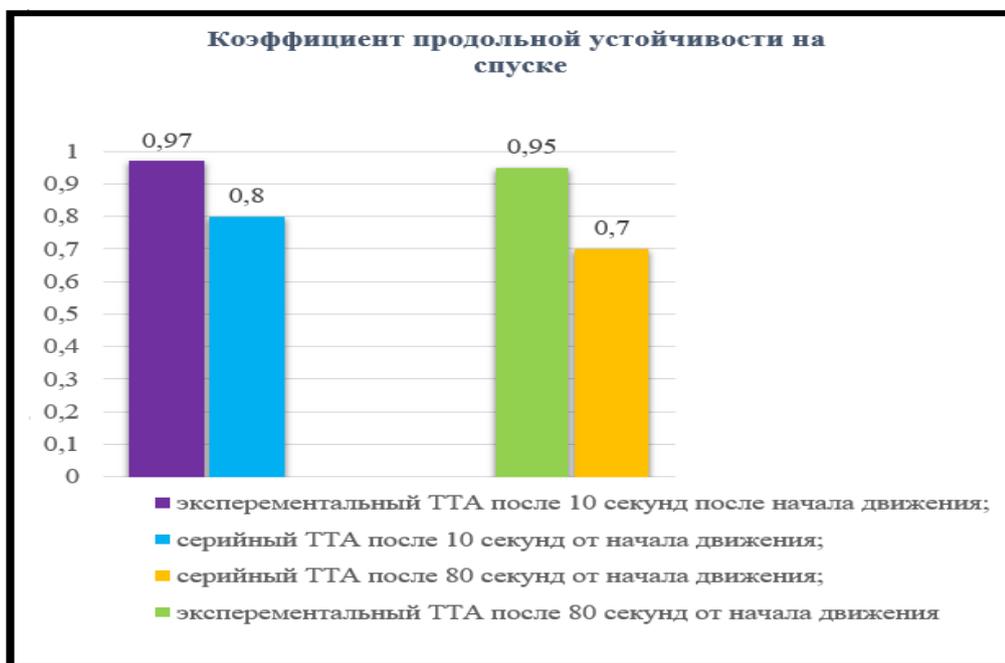


Рисунок 4.48- Коэффициент продольной устойчивости на спуске

Использование в качестве критерия выше приведённых коэффициентов стабилизации позволяет в целом оценить движение ТТА, определить параметры эффективности и получить базисные данные для дальнейшего расчёта эффективности предлагаемой разработки.

4.4 Результаты сравнительных хозяйственных испытаний

При проведении сравнительных хозяйственных испытаний применялся приборный комплекс MAGENE C406 Pro, (рисунок 4.49) с автономным датчиком, установленным на колесо трактора.

При этом замерялись следующие параметры агрегата: пройденный путь, скорость движения (частота вращения ведущих колёс), время опыта, время движения, расход топлива.



Рисунок 4.49- Фрагмент полевых испытаний

Эксплуатационно-технологическая оценка работы тракторно-транспортных агрегатов проводилась при сравнительных хозяйственных испытаниях, осуществляемых в реальных условиях их эксплуатации в Амурской области. При этом режимы эксплуатации сравниваемых ТТА были сопоставимы.

При выполнении сравнительных хозяйственных испытаний основное внимание уделялось эффективности выполняемых работ. Сравнительные хозяйственные испытания и хронометражные наблюдения были проведены на базе КФХ «Бондаренко Н.А.» Мазановского района Амурской области на транспортировке сельскохозяйственных грузов в составе тракторно-транспортного агрегата.

Результаты сравнительных хозяйственных испытаний представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Результаты сравнительных хозяйственных испытаний экспериментального ТТА на транспортных работах

Показатели	МТЗ-82 + 2ПТС-4М	
	серийный	экспериментальный
Длина маршрута, м	1920	1920
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, <u>т·км</u>	6,4	8,1
Коэффициент использования времени движения	0,93	0,93
Расход топлива, л/ <u>т·км</u>	0,98	0,79

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об эффективности установки предлагаемого устройства.

4.5 Выводы

Проведенные экспериментальные исследования позволяют сделать следующие обоснованные выводы:

1. Постановка буксирно-распределяющего устройства предлагаемой конструкции способствует лучшей стабилизации переднего управляемого моста трактора в движении по грунтовым дорогам и дорогам с улучшенным покрытием. Фиксация по осям колебаний X, Y, Z при движении по дорогам с улучшенным покрытием показывает уменьшение показателей колебательных амплитуд на 60%, 30%, 20% в сравнении с серийным агрегатом. Фиксация по осям колебаний X, Y, Z при движении по грунтовым дорогам показывает уменьшение показателей колебательных амплитуд на 25%, 28,6%, 60% в сравнении с серийным агрегатом.

Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом стабилизирует положение переднего управляемого моста экспериментального ТТА, при этом

результаты по осям колебаний X, Y, Z показывают уменьшение показателей на 38,4 %, 30,0 %, 24% на дорогах с улучшенным покрытием, и на 9,4%, 8,6%, 30% на грунтовых дорогах в сравнении с загруженным серийным агрегатом.

2. Постановка буксирно-распределяющего устройства предлагаемой конструкции способствует лучшей стабилизации заднего ведущего моста трактора в движении по грунтовым дорогам и дорогам с улучшенным покрытием. Фиксация по осям колебаний X, Y, Z при движении по дорогам с улучшенным покрытием показывает уменьшение показателей колебательных амплитуд на 44,2%, 31,5%, 54,8% в сравнении с серийным агрегатом. Фиксация по осям колебаний X, Y, Z при движении по грунтовым дорогам показывает уменьшение показателей колебательных амплитуд на 18,0%, 32,8%, 14,5% в сравнении с серийным агрегатом.

Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом стабилизирует положение заднего ведущего моста экспериментального ТТА, при этом результаты по осям колебаний X, Y, Z показывают уменьшение показателей на 29,1 %, 40,0 %, 54% на дорогах с улучшенным покрытием, и на 38,6%, 11,2%, 24,3% на грунтовых дорогах в сравнении с загруженным серийным агрегатом.

3. Постановка буксирно-распределяющего устройства предлагаемой конструкции способствует лучшей стабилизации узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» в движении по грунтовым дорогам и дорогам с улучшенным покрытием. Фиксация по осям колебаний X, Y, Z при движении по дорогам с улучшенным покрытием показывает уменьшение показателей колебательных амплитуд на 35,9%, 76,4%, 68,4% в сравнении с серийным агрегатом. Фиксация по осям колебаний X, Y, Z при движении по грунтовым дорогам показывает уменьшение показателей колебательных амплитуд на 64,6%, 70,3%, 41,8% в сравнении с серийным агрегатом.

Также установлено, что наличие груза в прицепе в целом стабилизирует положение узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» экспериментального ТТА, при этом результаты по осям колебаний X, Y, Z показывают уменьшение показателей на 41,6 %, 27,3 %, 5,3% на дорогах с

улучшенным покрытием, и на 46,5%, 43,8%, 5,3% на грунтовых дорогах в сравнении с загруженным серийным агрегатом.

Зафиксированное отклонение от прямолинейного движения, соответствующее полученным результатам, серийного тракторно-транспортного агрегата составило от 0,152 м до 0,158 м, а у экспериментального тракторно-транспортного агрегата с установленным устройством от 0,132 м до 0,136 м., что подтверждает стабилизацию ходовой системы ТТА и качественную коррекцию траектории движения ТТА.

4. Сравнительный анализ данных показывает, что наибольшей амплитудой колебаний при движении на подъём обладает серийный ТТА без устройства без груза и серийный ТТА без устройства с грузом при этом экспериментальный ТТА с устройством без груза обладает наименьшей амплитудой колебаний переднего управляемого моста. Амплитуда же колебаний экспериментального ТТА с устройством и грузом при движении на подъём на 27 % стабильнее зафиксированной амплитуды колебаний серийного агрегата. Сводные результаты испытаний при передвижении ТТА представлены в разделе «ПРИЛОЖЕНИЯ».

5. Приведённые результаты показывают, что при движении на спуск наиболее нестабильной колебательной траекторией обладает задний ведущий мост серийного ТТА без устройства без груза, так именно на него передаётся нагрузка прицепа, тогда как показатели экспериментального ТТА по всем исследуемым осям имеют стабильные и малозначительные колебания, что подтверждает оптимальное перераспределение передаваемого сцепного веса на мосты трактора при помощи установленного устройства.

6. Установка предлагаемого устройства позволяет повысить производительность в час основного рабочего времени, при этом снизить удельный расход топлива экспериментального агрегата в сравнении с серийным ТТА.

5 ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТТА С БУКСИРНО-РАСПРЕДЕЛЯЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

Одним из основных и наиболее оптимальных способов оценки использования энергетических средств в сельскохозяйственном производстве является определение затрат на перевозку единицы перевезённого груза. Для их определения разработаны специальные экономико-финансовые методики, включающие в себя все затраты, непосредственно связанные с производимой работой, такие как фиксированная заработная плата, амортизационные отчисления, отчисления на реновацию, стоимость горюче-смазочных материалов и некоторые другие составляющие.

В то же время обозначенные показатели также непосредственно зависят от колебаний цен на энергоносители, инфляционных составляющих, стоимости труда на конкретном рынке. Таким образом, не всегда возможно провести анализ эффективности использования энергетических средств с соответствующим качеством.

В связи с чем для более достоверной оценки работы энергетических средств Всероссийским институтом механизации (ВИМ) разработана методика, где в качестве критерия эффективности взята энергоёмкость операций, живого труда и средств механизации. Эта методика позволяет осуществить сравнительный анализ работы энергетических средств в сельскохозяйственном производстве в условиях, не зависящих от колебания рыночных цен.

В рассматриваемой методике в качестве основного критерия энергетической оценки принимается показатель энергетической эффективности, включающий в себя затраты энергии, как прямой, так и вспомогательной, необходимой для производства единицы продукции, а также энергию, которая будет содержаться в конечном продукте.

Проведём топливно-энергетический анализ работы ТТА серийного и предлагаемого по методике, предложенной в работах [170-175].

Прямые затраты энергии трактора МТЗ – 80 складываются из следующих параметров:

$$E_n = H_m^u \cdot (a_m + f_m) / W, \quad (5.1)$$

где H_T^u – расход топлива за 1 час работы, кг;

a_m – теплосодержание топлива, МДж/кг;

f_m – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива, МДж/кг;

W- производительность ТТА, ткм.

Энергозатраты живого труда

$$E_{ж} = n_{ч} \cdot \frac{a_{ж}}{W}, \quad (5.2)$$

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

$a_{ж}$ – энергетический эквивалент живого труда, МДж/чел.ч.

Удельная энергоемкость трактора в расчете на 1 час работы

$$E_m = \frac{M_m \cdot A_m \cdot (a_m + a_{mk} + a_{mm})}{100 \cdot T_{год} \cdot W}, \quad (5.3)$$

где M_m – масса энергетического средства, кг;

A_m – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/кг;

a_m, a_{mk}, a_{mm} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонты тракторов, %; $T_{год}$ – годовая загрузка, ч.

Удельная энергоемкость прицепа

$$E_M = \frac{M_M \cdot A_M \cdot (a_M + a_{MM})}{100 \cdot T_{год} \cdot W}, \quad (5.4)$$

где M_M – масса прицепа, кг;

A_M – энергетический эквивалент прицепа, МДж/кг;

a_M, a_{MM} – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонты прицепов, %; $T_{год}$ – годовая загрузка, ч.

Суммарная энергоемкость трактора и прицепа

$$E_{mm} = E_m + E_M. \quad (5.5)$$

Экономия полных энергозатрат в расчете на 1 час работы

$$\Delta E_{m\pi} = E_{m\piб} - E_{m\piн}, \quad (5.6)$$

где $E_{m\piб}$ – совокупные энергозатраты базового варианта *МДж/ткм*;

$E_{m\piн}$ – совокупные энергозатраты нового варианта *МДж/ткм*.

При расчёте основных топливно-энергетических показателей взяты данные, полученные в результате проведённых сравнительно-хозяйственных испытаний работы ТТА в реальных условиях эксплуатации. Полученные данные приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1-Топливоно – энергетическая оценка использования ТТА

Показатели энергозатрат, МДж/ ткм	Серийный ТТА	Экспериментальный ТТА
Прямые затраты энергии трактора МТЗ-80, МДж/ ткм	27,51	18,24
Энергозатраты живого труда, МДж/ ткм	0,04	0,03
Удельная энергоёмкость трактора, МДж/ ткм	4,58	3,24
Удельная энергоёмкость прицепа, МДж/ ткм	2,51	2,37
Полные энергозатраты, МДж/ ткм	34,64	20,88
Экономия полных энергозатрат, МДж/ ткм		13,76

На основании проведённого анализа можно сделать вывод, что использование ТТА с буксирно-распределяющим устройством позволяет получить экономию энергозатрат в 13,76 МДж/ткм., что в рублёвом эквиваленте по шкале теплотворности дизельного топлива и его стоимости в Амурской области на период май 2023 года за 1л ДТ= 62,0 рубля, составит 19,8 рублей на один тонно-километр.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых теоретических и экспериментальных исследований, выполненных для решения научной задачи по улучшению транспортно-технологического обеспечения крестьянско-фермерских хозяйств в условиях Амурской области сформированы следующие обоснованные выводы:

1. Проанализированы особенности природно-климатических и производственных условий региона, установлено их влияние на эффективность использования ТТА в условиях склоновых земель. Определены перспективы увеличения валового продукта растениеводства региона связаны с повышением урожайности используемых или расширением посевных площадей, что осуществимо на землях центральной и северной земледельческой зоны за счёт обработки залежей и временно неиспользуемых земель, находящихся в основном в ведении КФХ, что сопряжено с выполнением работ и движением энергетических средств в составе агрегатов в условиях наличия поверхностей с высокими поперечными и продольными углами.

2. Предложено методологическое обоснование подбора конструкции устройств для повышения продольной и тракторной устойчивости ТТА в движении и высокоэффективная и малозатратная конструкция «Буксирно-распределяющего устройства» по патенту на РФ № 2753047 на изобретение, а также ряд технических решений, защищённых патентами РФ № 2780683, 2780711, способствующих реализации научной задачи по повышению тягово-сцепных свойств и стабилизации колебаний колёсного тракторно-транспортного агрегата.

3. Выявлено влияние перераспределения сцепного веса и стабилизации колебаний звеньев агрегата на продольную, тракторную устойчивость и эксплуатационно-технологические параметры ТТА в условиях движения по склоновым поверхностям. Предложенный математический аппарат обладает новизной и оригинальностью, защищён охранными Свидетельствами на

программу для ЭВМ № 2022618203, 2023616711, 2023617001. Экспериментально доказано, что постройка буксирно-распределяющего устройства предлагаемой конструкции способствует лучшей стабилизации переднего управляемого моста, заднего ведущего моста трактора, узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа» в движении по грунтовым дорогам и дорогам с улучшенным покрытием. Установлено, что наличие груза в прицепе в целом также стабилизирует положение переднего управляемого моста, заднего ведущего моста экспериментального трактора, узла «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа».

4. Определено, что наибольшей амплитудой колебаний при движении на подъём обладает серийный ТТА без устройства без груза и серийный ТТА без устройства с грузом, при этом экспериментальный ТТА с устройством без груза обладает наименьшей амплитудой колебаний переднего управляемого моста. Амплитуда же колебаний экспериментального ТТА с устройством и грузом при движении на подъём на 27 % стабильнее зафиксированной амплитуды колебаний загруженного серийного агрегата. При движении на спуск наиболее нестабильной колебательной траекторией обладает задний ведущий мост серийного ТТА без устройства без груза, так именно на него передаётся нагрузка прицепа, тогда как показатели экспериментального ТТА по всем исследуемым осям имеют стабильные и малозначительные колебания, что подтверждает оптимальное перераспределение передаваемого сцепного веса на мосты трактора при помощи установленного устройства.

5. Проведены сравнительные хозяйственные испытания серийного и экспериментального ТТА в условиях движения по склоновым поверхностям. Установлено, что постройка предлагаемого устройства позволяет повысить производительность в час основного рабочего времени, при этом снизить удельный расход топлива экспериментального агрегата в сравнении с серийным ТТА.

6. Выполнена экономическая и топливно-энергетическая оценка проведённых исследований, которая показала, что использование ТТА с

буксирно-распределяющим устройством позволяет получить экономию энергозатрат в 13,76 МДж/ткм., что в рублёвом эквиваленте по шкале теплотворности дизельного топлива и его стоимости в Амурской области на период май 2023 года за 1л ДТ= 62 рубля, составит 19,8 рублей на один тонно-километр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Министерство сельского хозяйства Амурской области, официальный сайт // Электронный ресурс] URL <http://www.agroamur.ru/>. Дата обращения [14.05.2023](#)
2. Министерство сельского хозяйства РФ, официальный сайт // [Электронный ресурс] URL <http://government.ru/department/59/events/http://www.agroamur.ru/>. Дата обращения [14.05.2023](#)
3. Федеральная налоговая служба // Электронный ресурс] <https://www.nalog.gov.ru/rn77/> <http://www.agroamur.ru/>. Дата обращения [12.05.2023](#)
4. Амурстат. Официальная статистика// [Электронный ресурс] URL: http://amurstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/amurstat/ru/statistics/prices/
5. 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.
6. 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.
7. Алдошин, Н.В. Выбор стратегий качественного выполнения механизированных работ / Н.В. Алдошин, Р.Н. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 5. – С. 67.
8. Алдошин, Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве / Н.В. Алдошин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 3. – С. 5-7.
9. Баранский, А.Н. Улучшение эксплуатационных показателей и использования колесных трактора / А.Н. Баранский. – Минск: Урожай, 1968. – 255 с.

10. Гуськов, Ю.А. Проектирование транспортно-технологических процессов в земледелии Сибири: монография// Ю.А. Гуськов [и др.]// Новосибирск, 2013.-152 с.
11. Гуськов, Ю.А. Рациональные технологические схемы и технические средства для сбора и транспортировки грубых кормов: монография / Ю.А. Гуськов. – Новосибирск, 2006. – 150 с.
12. 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.
13. 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.
14. Измайлов, А.Ю. Развитие транспорта в сельском хозяйстве/ А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтушенков // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. - №1. – С.3-4.
15. Кривуца, З.Ф. Повышение эффективности транспортно-технологического обеспечения АПК Амурской области: дис. д-ра техн. наук: 05.20.01. Благовещенск, 2015.- 362 с.
16. 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.
17. Петрушов, В. А. Сопротивление качения автомобилей и автопоездов / В. А. Петрушов. - М.: Физматлит, 2003 - 304 с.
18. 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.

19. Сметнев, С.Д. Транспортное обслуживание агропромышленного комплекса/ С.Д. Сметнев, Н.Е. Евтушенков// Автомобильный транспорт. - 1989. - №8. – С.14-18.

20. Трепененков, И.И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов / И.И. Трепененков. – Москва: Машгиз, 1963. – 271 с.

21. Филонов, В.С. Эффективность использования тракторов на транспортных работах// В.С. Филонов// сб.науч. тр ВНИПТИМЭСХ.- Ростов,1965.– Вып.8. – С.110-117.

22. 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.

23. 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.

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

25. 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.

26. 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.

27. Старцев, С.В. Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК / С.В. Старцев, Ю.Ф. Лявин, Д.Г. Горбань. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2015.

28. 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.

29. 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.

30. 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.

31. Слепенков, А.Е. Повышение эффективности использования машинно-тракторного агрегата при подготовке почвы под посев: дис. канд.техн. наук: 05.20.01/ Слепенков Александр Евгеньевич. - Благовещенск, 2021.- 177 с.

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

33. Сорокин, Н.Т. Перспективы технической и технологической модернизации в АПК /Н.Т. Сорокин //Земледелие. – 2008. – №3. – С. 3-5.

34. Фаробин Я.Е., Овчаров В.А., Кравцова В.А. Теория движения специализированного подвижного состава: Учебное пособие. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981. – 160 с

35. Чудаков, Д.А. Основы теории и расчета тракторов и автомобилей / Д.А. Чудаков. – Москва: Колос, 1972. – 364 с.

36. Зимелев, Г.В. Теория автомобиля [Текст] / Г.В. Зимелев. - М.: Машгиз, 1959. – 319 с.

37. Гинцбург, Л.Л. Управляемость автомобиля на повороте [Текст] / Л.Л. Гинцбург. - М., 1968. – 47 с.

38. 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.

39. 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.

40. Ушачев, И.Г. Научное обеспечение Государственной программы развития сельского хозяйства /И.Г. Ушачев //АПК: экономика, управление. – 2008. – №3. – С. 7.

41. 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.

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

43. Хижняк, А.А. Экономическая эффективность новой сельскохозяйственной техники / А.А. Хижняк, А.С. Зинякин, Е.В. Шеврина. – Оренбург: Издательских центр ОГАУ, 1997. – 38 с.

44. 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.

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

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

47. 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\х производство)
48. Абрамов, Н.В. Оптимизация структуры посевных площадей на биоэнергетической основе: Монография /Н.В. Абрамов, Г.П. Селюкова. – Екатеринбург: Изд-во УралГАУ, 2001. – 143 с.
49. Двуреченский, В.И. Минимализация агротехнологий в степной зоне Казахстана /В.В. Двуреченский, С.В. Гилевич //Земледелие. – 2008. – №4. – С. 10.
50. 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.
51. 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.
52. 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.
53. Котоврасов, И.П. Минимализация обработки почвы в севообороте /И.П. Котоврасов //Ресурсосберегающие технологии обработки почв: Сб. науч. тр. ВНИИЗиЗПЭ. – Курск, 1989. – С. 28-37.
54. 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.
55. 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.

56. 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.

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

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

59. Тенденции развития малотоннажных автопоездов, пути повышения активной безопасности, тракторной 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

60. 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.

61. 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.

62. 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.

63. 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.

64. Скотников, В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В.А. Скотников, А.А. Маценский, А.С. Солонский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 383 с.
65. 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.
66. 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.
67. 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.
68. 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.
69. Гуськов, В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов / В.В. Гуськов. – Москва: Машиностроение, 1966.
70. 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.
71. Тарасенко, Б.И. Обработка почв: Монография /Б.И. Тарасенко. – Краснодар, 1987. – 137 с.
72. 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.

73. 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.

74. 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- 13.

75. 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.

76. 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.

77. 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.

78. 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.

79. 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

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

81. 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.

82. 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.

83. 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.

84. Поликутина, Е.С. Повышение эффективности использования и снижение техногенного воздействия на почву средств механизации на полевых и транспортных работах. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 22.03.2018 /Поликутина Елена Сергеевна. – Благовещенск, 2018. – 133 с.

85. Кузнецов, Е.Е. Пути повышения эффективности использования мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных агрегатов на полевых и транспортных работах. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01: защищена 23.03.2018 /Кузнецов Евгений Евгеньевич. – Благовещенск, 2018. – 312 с.

86. 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.

87. Стеновский В.С. Обоснование параметров движителя 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.

88. Стеновский, В.С. Стабилизация транспортного средства на наклонной поверхности / В.С. Стеновский, В.В. Реймер, С.В. Юмакаева // Сельский механизатор. – 2011. – №5. – С. 12.

89. 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.

90. 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.

91. 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.

92. Хухуни, Т.В. Влияние бокового крена на устойчивость движения колесного трактора, // Чай. Культура и производство А I. – Тбилиси, 1963. С. 148 – 162.

93. 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.

94. 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.

95. 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.

96. 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.

97. Ateheme, Pierre. AGRIP des tracteurs 4×4 pour exploitation forestiere. Pt.2/ Pierre Ateheme// Foret privee, 2001. — № 262. — p.230–231.

98. 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>

99. Mitschke A. Aufbau und Wirung des Antiblockiersystem ABS fur Nutzfahrzeuge. — Automobiltechnik Z., 1981, № 9. — s.439, 443-446.

100. 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/>

101. Антонов, Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей. – Москва: Машиностроение, 1978. – 216 с.

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

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

104. Листопадов, И.Н. Плодородие почв в интенсивном земледелии: Монография /И.Н. Листопадов, И.М. Шапошников. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 204 с.
105. Мамити, Г.И. Формирование оптимальной устойчивости колесной машины на стадии проектирования / Г.И. Мамити, С.Х. Плиев // Вестник машиностроения. – 2009. – №2.
106. 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.
107. 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.
108. Соловьёв, Е.Т. Расчёт тяговых и экономических показателей тракторов и автомобилей (методические указания для курсового проектирования). - Курск: Изд-во Курской ГСХА, 2015. - 33 с.
109. Бровкин, В.И. Обработка почвы в первой ротации севооборота / В.И. Бровкин //Земледелие. – 2002. – №3. – С.14-15
110. Черкасов, Г.Н. Главные принципы ведения земледелия на ландшафтной основе /Г.Н. Черкасов, А.П. Щербаков //Земледелие. – 2001. – №6. – С. 16-17.
111. Черкасов, Г.Н. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованы /Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин //Земледелие. – 2006. – №6. – С. 20-22.
112. Чуданов, И.А. Ресурсосберегающие системы обработки почвы в Среднем Поволжье: Научное издание /И.А. Чуданов. – Самара, 2006. – 236 с.
113. Märlander, B. Zuckerrüben. Optimierung von Anbauverfahren. züchtungsfortschritt. Sortenwahl /B. Märlander. – Ute Bernard – Pätzold Druckerei. – 1991. – 138 p.

114. 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.
115. 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.
116. Kessel, W.C. Die Fruchtfolge im Zuckerrübenbetrieb noch immer von Bedeutung / W.C.Kessel // *Zuckerrübe*. – 1988. – №2. – S. 68-75.
117. Krombholz K. Fahrmechanische Betrachtungen zum Feldhackslereinsatz am Hang. / K. Krombholz – *Dtsch, Agrartechn, M Bd 14*, 1964. – №7, – s.310–314.
118. Macmillan R.H. The Mechanics of Tractor. / R.H. Macmillan – University of Melbourne: *Implement Performance*, 2002.
119. 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.
120. 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.
121. Бахмутов, С.В. Научные основы параметрической оптимизации автомобиля по критериям управляемости и устойчивости. – Дис. докт. техн. наук. – М., 2001. – 350 с.
122. 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.
123. 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

124. 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

125. 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

126. 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.

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

128. 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.

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

130. 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.

131. Сельское хозяйство Амурской области, <https://agro.amurobl.ru/> [Электронный ресурс], дата обращения 10.05.2023

132. 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.vsegost.ru.

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

134. 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.

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

136. Гячев, Л.В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов [Текст] / Л.В. Гячев. - М.: Машиностроение, 1981. – 206 с.

137. Закин, Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда [Текст] / Я.Х. Закин. – М.: Транспорт, 1967. – 256 с.

138. Успенский, И.А. Инновационные решения в технологии и технике транспортировки продукции растениеводства / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. Н. Кулик, Д. С. Рябчиков // Техника и оборудование для села. – 2013. - №7. – С. 6 – 8.

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

140. Худовец В.И., Щитов С.В., Использование многоосных энергетических средств класса 1,4: Монография. ДальГАУ. – Благовещенск. – 2013. – 153 с.

141. 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.

142. 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>

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

144. 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.

145. 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.

146. 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.

147. 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.

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

149. Кузнецова, О.А. Улучшение технологических параметров мобильных энергетических средств за счёт повышения продольно-поперечной устойчивости: дис...канд.техн.наук: 05.20.01/ Кузнецова Ольга Александровна. -Благовещенск, 2020.-177 с.

150. Кушнарев, А.Н. Повышение эффективности использования тракторно-транспортных агрегатов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: дис...канд.техн.наук: 05.20.01/Кушнарев Алексей Николаевич. -Благовещенск, 2021.-164 с.

151. Шуравин А.А. Повышение тягово-сцепных свойств колёсного трактора в условиях продольного уклона поверхности движения/ А.А. Шуравин [и др.]// Дальневосточный аграрный вестник. - 2021. –С.299-302.

152. Шуравин, А.А. Определение нормальных реакций почвы при работе колёсного агрегата на наклонных поверхностях движения / А.А. Шуравинин [и др.]// Известия Оренбургского ГАУ, – Оренбург, 2022.- № 2 (94).- С. 143–148.

153. Шуравин, А.А. Исследования опорных реакций тракторно-транспортного агрегата, оборудованного распределяющим тягово-сцепным устройством/ А.А. Шуравин, А.Н. Кушнарев, В.В. Леонов, О.А. Кузнецова, С.В. Щитов //АПК РОССИИ. -2021.-№ 4(28).-С.498-505.

154. Шуравин, А.А. Расчёт силовых реакций транспортного агрегата с догружающе-корректирующим устройством положения центра тяжести трактора / А.А. Шуравин, Е.С. Поликутина, С.В. Щитов, В.И. Худовец, Е.В. ПановаА.А. // Известия Оренбургского ГАУ, Известия Оренбургского государственного аграрного университета.- 2021.- № 3 (89).- С. 135–139.

155. ГОСТ 20915-2011. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний.

156. ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки универсальных машин и технологических комплексов. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 26 с.

157. ГОСТ 24055-2016 Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. - М.: Стандартинформ, 2017. –39 с.

158. ГОСТ 26244-84. Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. –8 с.

159. ГОСТ 30750-2001 Тракторы сельскохозяйственные. Определение положения центра тяжести.- М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.- 22 с.

160. ГОСТ Р 52302-2004. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2005. – 28 с.

161. ГОСТ 7057-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 61 с.

162. ГОСТ 33691-2015 Испытания сельскохозяйственной техники. Метод определения угла поперечной статической устойчивости.- М.: Стандартиформ, 2016.- 20 с.

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

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

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

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

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

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

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

170. Методика и методология энергетической оценки агротехнологий в агроландшафтах. - М.: МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. – 21 с.

171. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. 2: Нормативно-справочный материал. – М., 1998. – 251 с.

172. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. 1. – М., 1998. – 217 с.

173. Методика топливно – энергетической оценки производства продукции растениеводства. – М.: ВИМ, 2012. – 84 с.

174. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – М.: ВИМ, 1995. – 96 с.

175. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве. – М.: ВИМ, 1989. – 71 с.

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

177. Ломов, И.А. Математические методы в земледельческой механике / И.А. Ломов, Т.К. Васильев. – М.: Машиностроение, 1976. – 204 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Сводные результаты испытаний при передвижении ТТА (передний управляемый мост)

Режимы	X	Отклонения	Y	Отклонения	Z	Отклонения
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-2,5^0+2,5^0$ -1^0+1^0	60 %	$-2,5^0+2,5^0$ -1^0+1^0	60 %	$-2,0^0+2,0^0$ -1^0+1^0	20 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-1,3^0+1,3^0$ $-0,5^0+0,5^0$	38,4 %	$-1,0^0+1,0^0$ $-0,3^0+0,3^0$	30,0 %	$-1,0^0+1,0^0$ $-0,3^0+0,3^0$	30,0 %
без груза						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-12,1^0+12,1^0$ -3^0+3^0	25 %	$-14,0^0+14,0^0$ -4^0+4^0	28,6 %	$-2,5^0+2,5^0$ -1^0+1^0	60 %
с грузом						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-2,1^0+2,1^0$ $-1,9^0+1,9^0$	9,4 %	$-2,2^0+2,2^0$ $-1,9^0+1,9^0$	8,6 %	$-1,0^0+1,0^0$ $-0,3^0+0,3^0$	30 %

Сводные результаты испытаний при передвижении ТТА (задний ведущий мост)

Режимы	X	Отклонения	Y	Отклонения	Z	Отклонения
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-1,0^0+1,0^0$ $-0,6^0+0,6^0$	44,2 %	$-1,3^0+1,3^0$ $-0,4^0+0,4^0$	31,5 %	$-2,0^0+2,0^0$ $-0,9^0+0,9^0$	54,8 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-1,4^0+1,4^0$ $-1,0^0+1,0^0$	29,1 %	$-1,0^0+1,0^0$ $-0,4^0+0,4^0$	40,0 %	$-2,8^0+2,8^0$ $-1,3^0+1,3^0$	54,0 %
без груза						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-3,3^0+3,3^0$ $-4,1^0+4,1^0$	18 %	$-4,5^0+4,5^0$ $-3,0^0+3,0^0$	32,8 %	$-4,3^0+4,3^0$ $-3,7^0+3,7^0$	14,5 %
с грузом						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-3,8^0+3,8^0$ $-2,3^0+2,3^0$	38,6 %	$-1,8^0+1,8^0$ $-1,6^0+1,6^0$	11,2 %	$-2,7^0+2,7^0$ $-0,3^0+0,3^0$	24,3 %

Сводные результаты испытаний при передвижении ТТА (узел «тягово-сцепное устройство трактора-дышло прицепа»)

Режимы	X	Отклонения	Y	Отклонения	Z	Отклонения
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-3,9^0+3,9^0$ $-2,5^0+2,5^0$	35,9 %	$-7,6^0+7,6^0$ $-1,8^0+1,8^0$	76,4 %	$-9,2^0+9,2^0$ $-2,9^0+2,9^0$	68,4 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-1,9^0+1,9^0$ $-1,3^0+1,3^0$	41,6 %	$-1,1^0+1,1^0$ $-0,8^0+0,8^0$	27,3 %	$-1,9^0+1,9^0$ $-1,8^0+1,8^0$	5,3 %
без груза						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-6,2^0+6,2^0$ $-2,2^0+2,2^0$	64,6 %	$-7,5^0+7,5^0$ $-2,2^0+2,2^0$	70,3 %	$-4,3^0+4,3^0$ $-3,7^0+3,7^0$	14,5 %
с грузом						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-4,1^0+4,1^0$ $-2,6^0+2,6^0$	46,5 %	$-6,3^0+6,3^0$ $-4,2^0+4,2^0$	43,8 %	$-7,6^0+7,6^0$ $-7,2^0+7,2^0$	5,3 %

Сводные результаты испытаний при движении ТТА на спуске (передний управляемый мост)

Режимы	X	Отклонения	Y	Отклонения	Z	Отклонения
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	-6^0+6^0 $-3,1^0+3,1^0$	48,4 %	$-12,2^0+12,2^0$ $-2,1^0+2,1^0$	65,6 %	$-2,5^0+2,5^0$ $-1,8^0+1,8^0$	28 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-3,8^0+3,8^0$ $-2,1^0+2,1^0$	44,7 %	$-3,8^0+3,8^0$ $-2,4^0+2,4^0$	36,8 %	$-1,6^0+1,6^0$ $-1,2^0+1,2^0$	25 %
без груза						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	-6^0+6^0 $-3,7^0+3,7^0$	38,4 %	-13^0+13^0 $-2,4^0+2,4^0$	81,6 %	$-2,3^0+2,3^0$ $-1,8^0+1,8^0$	21,8 %
с грузом						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-3,0^0+3,0^0$ $-2,1^0+2,1^0$	30 %	$-2,4^0+2,4^0$ $-2,1^0+2,1^0$	12,5 %	$-1,8^0+1,8^0$ $-1,2^0+1,2^0$	34 %

Сводные результаты испытаний при движении ТТА на спуске (задний ведущий моста)

Режимы	X	Отклонения	Y	Отклонения	Z	Отклонения
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-2,9^0+2,9^0$ $-2,5^0+2,5^0$	13,8 %	$-10,1^0+10,1^0$ $-2,2^0+2,2^0$	78,3 %	$-2,9^0+2,9^0$ $-2,5^0+2,5^0$	13,8 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-2,7^0+2,7^0$ $-2,2^0+2,2^0$	18,6 %	$-2,3^0+2,3^0$ $-1,8^0+1,8^0$	35,8 %	$-2,2^0+2,2^0$ $-1,7^0+1,7^0$	22,8 %
без груза						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-2,9^0+2,9^0$ $-2,3^0+2,3^0$	20,7 %	$-10,1^0+10,1^0$ $-2,5^0+2,5^0$	75 %	$-2,9^0+2,9^0$ $-2,5^0+2,5^0$	13,8 %
с грузом						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-2,6^0+2,6^0$ $-2,2^0+2,2^0$	15,4 %	$-3,8^0+3,8^0$ $-2,4^0+2,4^0$	36,9 %	$-2,2^0+2,2^0$ $-1,8^0+1,8^0$	18,2 %

Сводные результаты испытаний при передвижении ТТА на спуске («тягово-цепное устройство трактора-дышло прицепа»)

Режимы	X	Отклонения	Y	Отклонения	Z	Отклонения
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-2,9^0+2,9^0$ $-2,4^0+2,4^0$	38,5 %	$-4,9^0+4,9^0$ -4^0+4^0	18,4 %	$-5,8^0+5,8^0$ $-1,8^0+1,8^0$	69 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-3,7^0+3,7^0$ $-2,2^0+2,2^0$	40,6 %	$-3,6^0+3,6^0$ -2^0+2^0	44,5 %	-4^0+4^0 $-3,2^0+3,2^0$	20 %
без груза						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-4,1^0+4,1^0$ $-3,2^0+3,2^0$	12 %	$-4,9^0+4,9^0$ $-4,5^0+4,5^0$	8 %	-6^0+6^0 $-1,8^0+1,8^0$	70 %
с грузом						
При движении по сельскохозяйственным грунтовым дорогам (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$-3,6^0+3,6^0$ $-2,2^0+2,2^0$	39 %	$-3,4^0+3,4^0$ $-2,0^0+2,0^0$	41,2 %	-4^0+4^0 $-2,2^0+2,2^0$	45 %

Сводные результаты испытаний при движении ТТА на подъеме (передний управляемый мост)

Режимы	X	Отклонения	Y	Отклонения	Z	Отклонения
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-1,6^0+1,6^0}{-1,2^0+1,2^0}$	25 %	$\frac{-4,2^0+4,2^0}{-1,6^0+1,6^0}$	62 %	$\frac{-5,1^0+5,1^0}{-1,8^0+1,8^0}$	16 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-2,9^0+2,9^0}{-1,6^0+1,6^0}$	38 %	$\frac{-3,9^0+3,9^0}{-2,5^0+2,5^0}$	36 %	$\frac{-16^0+16^0}{-6^0+6^0}$	62,5 %
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-1,8^0+1,8^0}{-1,2^0+1,2^0}$	33,4 %	$\frac{-4,8^0+4,8^0}{-1,7^0+1,7^0}$	65 %	$\frac{-5,2^0+5,2^0}{-4,8^0+4,8^0}$	8 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-2,5^0+2,5^0}{-1,9^0+1,9^0}$	24 %	$\frac{-3,6^0+3,6^0}{-2,3^0+2,3^0}$	36,2 %	$\frac{-16^0+16^0}{-7^0+7^0}$	56,3 %

Сводные результаты испытаний при движении ТТА на подъеме (задний ведущий мост)

Режимы	X	Отклонения	Y	Отклонения	Z	Отклонения
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-2,8^0+2,8^0}{-1,8^0+1,8^0}$	35,8 %	$\frac{-3,6^0+3,6^0}{-1,5^0+1,5^0}$	58,4 %	$\frac{-1,8^0+1,8^0}{-1,6^0+1,6^0}$	11,2 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-1,3+1,3^0}{-0,9^0+0,9^0}$	31 %	$\frac{-1,8^0+1,8^0}{-1,2^0+1,2^0}$	33,4 %	$\frac{-2,4^0+2,4^0}{-1,3^0+1,3^0}$	45,9 %
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-2,9^0+2,9^0}{-1,8^0+1,8^0}$	38 %	$\frac{-3,6^0+3,6^0}{-1,3^0+1,3^0}$	64 %	$\frac{-1,8^0+1,8^0}{-1,2^0+1,2^0}$	33,4 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-1,3+1,3^0}{-0,9^0+0,9^0}$	31 %	$\frac{-1,9^0+1,9^0}{-1,6^0+1,6^0}$	16 %	$\frac{-2,8^0+2,8^0}{-1,3^0+1,3^0}$	53,6 %

Сводные результаты испытаний при передвижении ТТА на подъеме («тягово-цепное устройство трактора-дышло прицепа»)

Режимы	X	Отклонения	Y	Отклонения	Z	Отклонения
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-3,5^0+3,5^0}{-3,2^0+3,2^0}$	8,6 %	$\frac{-10,2^0+10,2^0}{-2,9^0+2,9^0}$	71,6 %	$\frac{-5,6^0+5,6^0}{-5,2^0+5,2^0}$	7 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-3,2^0+3,2^0}{-2,6^0+2,6^0}$	18,8 %	$\frac{-5,3^0+5,3^0}{-1,5^0+1,5^0}$	71,7 %	$\frac{-9,2^0+9,2^0}{-4,1^0+4,1^0}$	55,5 %
без груза						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-2,8^0+2,8^0}{-2,3^0+2,3^0}$	17,9 %	$\frac{-10,8^0+10,8^0}{-3,5^0+3,5^0}$	67,6 %	$\frac{-6,2^0+6,2^0}{-5,5^0+5,5^0}$	11,3 %
с грузом						
При движении по дороге общего пользования с усовершенствованным покрытием (серийный агрегат/экспериментальный агрегат)	$\frac{-3,2^0+3,2^0}{-2,6^0+2,6^0}$	18,8 %	$\frac{-5,4^0+5,4^0}{-2^0+2^0}$	63 %	$\frac{-9,2^0+9,2^0}{-4,8^0+4,8^0}$	47,9 %

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2753047

Буксирно-распределяющее устройство

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), Шуравин Александр Александрович (RU), Кушнарев Алексей Николаевич (RU), Гончарук Алексей Иванович (RU), Кузнецов Константин Евгеньевич (RU), Локтюшин Олег Андреевич (RU)*

Заявка № 2020132941

Приоритет изобретения 06 октября 2020 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 11 августа 2021 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 06 октября 2040 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Иванев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2780711

Буксирно-цепное устройство с вертикальным регулированием

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), Шуравин Александр Александрович (RU), Леонов Владимир Викторович (RU), Кушнарев Алексей Николаевич (RU), Кузнецов Константин Евгеньевич (RU)*

Заявка № 2022106090

Приоритет изобретения 05 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 29 сентября 2022 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 05 марта 2042 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 68b80077e14e40fa94eabd24145d5c7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 20.09.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2780683

**Распределяюще-корректирующее тягово-цепное
устройство для полурамного 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), Шуравин Александр Александрович (RU),
Леонов Владимир Викторович (RU), Кушнарев Алексей
Николаевич (RU), Панова Елена Владимировна (RU)*

Заявка № 2022105575

Приоритет изобретения 01 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 29 сентября 2022 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 01 марта 2042 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 68b80077e14e40f0a94eabd24145d5c7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 2.05.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2022618203

**Программа топливно-энергетического расчёта при
экономическом анализе использования мобильного
энергетического средства с устройствами для
перераспределения сцепного веса на сельскохозяйственных
работах**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный
государственный аграрный университет» (RU)*

Авторы: *Кузнецов Евгений Евгеньевич (RU), Щитов Сергей Васильевич
(RU), Леонов Владимир Викторович (RU), Шуравин Александр
Александрович (RU), Кузнецов Константин Евгеньевич (RU),
Пономарев Николай Вениаминович (RU)*

Заявка № 2022616624

Дата поступления 12 апреля 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 05 мая 2022 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023616711

**Программа расчёта опорных реакций колёсного агрегата,
оборудованного распределяюще-стабилизирующим
устройством**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ» (RU)*

Авторы: *Кузнецов Евгений Евгеньевич (RU), Щитов Сергей
Васильевич (RU), Шуравин Александр Александрович (RU),
Маршанин Евгений Владимирович (RU), Гончарук Алексей
Иванович (RU), Кузнецов Константин Евгеньевич (RU),
Поликутина Елена Сергеевна (RU)*

Заявка № 2023615501

Дата поступления 23 марта 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 30 марта 2023 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 68b80077e14e40f0a94edbd24145d5c7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 2 03 2022 по 26 05 2023

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023617001

**Программа расчёта массо-динамических нагрузок при
движении энергетического средства в условиях
склоновых земель**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ» (RU)*

Авторы: *Кузнецов Евгений Евгеньевич (RU), Щитов Сергей Васильевич
(RU), Шуравин Александр Александрович (RU), Маршанин Евгений
Владимирович (RU), Сурин Роман Олегович (RU), Кузнецов
Константин Евгеньевич (RU), Поликутина Елена Сергеевна (RU)*

Заявка № 2023615691

Дата поступления 27 марта 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 04 апреля 2023 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

документ подписан электронной подписью
Сертификат 68b80077e14e40f0a94edbd24145d5c7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 2.03.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ
П.В. Тихончук

«29» 05 2023 г.
М.П.



«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель организации

И.П. Стукун Р.В.

Иванова К.Р.Х.

Стукун Р.В.)

«29» 05 2023 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ Ноз НИИ Муратов А.А., профессор ИОЭ ЭИРТИК
д.т.н. Кузнецов Е.Е. аспирант Муровен А.А.
и представители Иванова К.Р.Х. И.П. Стукун Р.В.
Стукун Роман Владимирович

составили настоящий акт о том, что в период 2021-2023 г.г. в

результате проведения научно-исследовательских работ по теме:

Повышение эффективности функционирования роботизированных энергетических систем в технологическом процессе
в процессе внедрения были выполнены следующие работы: создание и испытание тракторно-транспортируемого агрегата в составе МТЗ-80 и прицепа АПС-В на тракторных работах

экономический эффект составил 83,943 руб. на посевных работах
и ввозе урожая с поля пшеницы 2021 года 63417 руб.
в период посевных работ 2023 года на одну тракторно-транспортную единицу

Предложения по дальнейшему внедрению результатов: использование трактора с устройством стыковки функций в технологическом процессе И.П. КРХ Стукун Р.В.

Представители ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ

Ноз НИИ Муратов А.А.
д.т.н. Кузнецов Е.Е.
аспирант Муровен А.А.

Представители предприятия
Стукун Р.В.



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ
П.В.Тихончук

«25» 2023 г.
М.П.



«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель организации
ИП КФХ Гутенко Е.А.

«24» 05 2023 г.
М.П.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ Мухомов Н.И., Муратов А.А., аспирант Муровин А.А., преподаватель каф. Э. РТМ, Катн Кузнецов Е.Е. и представители ИП КФХ Гутенко Е.А., Гутенко Евгений Александрович

составили настоящий акт о том, что в период 2011 - 2013 г.г. в результате проведения научно-исследовательских работ по теме:

Повышение эффективности функционирования мобильных энергетических средств в технологии речного водства в процессе внедрения были выполнены следующие работы: сравнительные испытания тракторно-транспортного агрегата в составе АТЗ-80 и прицепа АПТ-6 на транспортных работах

экономический эффект составил на транспортных работах - 82486 руб., за весенний период посева работ 46512 руб. - за период уборки 111804 руб. на осенних земляных перевозках

Предложения по дальнейшему внедрению результатов: использование трактора с уст.-вом стабилизации факелов в технологии речного водства ИП КФХ Гутенко Е.А.

Представители ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ

Нач. НИИ А.А. Муратов
РТМ Е.Е. Кузнецов
аспирант А.А. Муровин

Представители предприятия

Гутенко Е.А.

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ
П.В. Тихончук

«25» 05 2023 г.
М.П.



«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель организации

Аношкин А.Б.

«16» 05 2023 г.
М.П.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ Нач. НИУ, Муров А.А., профессор каф. Э и РТТ. М.И. К.
д.т.н. Кузнецов Е.Е., аспирант Шуровкин А.А.
и представители ООО «АгроСевер-3» Аношкин Андрей Борисович,
бухгалтер Любченко П.С.

составили настоящий акт о том, что в период 2021 - 2023 г.г. в результате проведения научно-исследовательских работ по теме:

Повышение эффективности функционирования мобильных энергетических сетей в технологии протейнбоудера
в процессе внедрения были выполнены следующие работы: сравнительные испытания тракторно-транспортного агрегата в составе МТЗ-80 и прицепа 2 ПТС-6 на тракторных работах

экономический эффект составил 38 осенне-зимний период 2022 - 116605 руб. за весенней посевной период 2023, 69.614 руб., общей экономической эффект - 174.067 руб. на одну единицу техники.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов: использовать prominently технологию, использующую результаты исследований в протейнбоудере ООО «АгроСевер-3»

Представители ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ
Нач. НИУ А.А. Муров
д.т.н. Е.Е. Кузнецов
аспирант А.А. Шуровкин

Представители предприятия
Аношкин А.Б.
Любченко П.С.



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ
П.В.Тихончук

Тихончук
«31» 05 2023 г.
М.П.



«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель организации
Синицкий С.Г.

Синицкий С.Г.
«30» 05 2023 г.
М.П.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ Ноз НИИ Муратов А.А., профессор каф. Э.и.РТМ и К.Т.и. Кузнецов Е.Е., аспирант Шуровский А.А. и представители Общества с ограниченной ответственностью «Амур ХЭ ИЭН Синицкий С.Г.
Синицкий Сергей Георгиевич

составили настоящий акт о том, что в период 2021 - 2023 г.г. в результате проведения научно-исследовательских работ по теме:

Повышение эффективности функционирования мобильных энергетических ср-в в технологии растениеводства в процессе внедрения были выполнены следующие работы: сравнительные испытания тракторно-транспорного агрегата в составе испытаний ДТЗ-80 и прицепа ДПТС- в на тракторных работах

экономический эффект составил 218435 руб. за год эксплуатации на транспортные работы

Предложения по дальнейшему внедрению результатов: использовать в практике растениеводства и механизации животноводства ООО «Амур ХЭ ИЭН»

Представители ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ
Ноз НИИ Муратов А.А.
К.Т.и. Кузнецов Е.Е.
аспирант: Шуровский А.А.

Представители предприятия
Синицкий С.Г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ
П.В.Тихончук

«23» 05 2023 г.
М.П.



«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель организации

Бондаренко Н.А.

«27» 05 2023 г.
М.П.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и
технологических работ

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Дальневосточный
ГАУ Начальник НИИ Муратов А.А., профессор каф. Э.и РТТМ и К
д.т.н. Кузнецов Е.Е., аспирант Шуревский А.А.
и представители Глава КФК Бондаренко Н.А. Бондаренко
Николай Александрович

составили настоящий акт о том, что в период 2021 - 2023 г.г. в
результате проведения научно-исследовательских работ по теме:

Повышение эффективности функционирования мобильных
энергетических средств в технологии растениеводства
в процессе внедрения были выполнены следующие работы: сравнительные
испытания тракторно-транспортого агрегата в составе
МТЗ-80 и прицепа ЛПС-6 на транспортных работах.

экономический эффект составил 144864 руб за период 2021-2023 года
на транспортных работах

Предложения по дальнейшему внедрению результатов: использование
трактора с устройством стабилизации движения в технологии
растениеводства ИП КФК Бондаренко Н.А.

Представители ФГБОУ ВО
Дальневосточный ГАУ

Нач. НИИ А.А. Муратов
д.т.н. Е.Е. Кузнецов
аспирант А.А. Шуревский

Представители предприятия

Бондаренко Н.А.
Николай Александрович
Бондаренко Н.А.

