

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»

На правах рукописи



Соловьёв Сергей Владимирович

**СТАБИЛИЗАЦИЯ ДОГРУЗКИ ТРАКТОРА СО СТОРОНЫ
ПОЛУПРИЦЕПА-РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор сельскохозяйственных наук
Оробинский Владимир Иванович

Воронеж – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Состояние вопроса, цель и задачи исследования	10
1.1. Анализ способов повышения тягово-сцепных свойств колёсных тракторов..	10
1.2. Влияние догрузки сцепных устройств тракторов со стороны транспортных и транспортно-технологических средств на буксование и топливную экономичность	20
2. Исследование распределения веса транспортно-технологического агрегата переменной массы по его опорам.....	39
2.1. Обоснование целесообразности модернизации полуприцепов- разбрасывателей удобрений.....	39
2.2. Модернизация полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений	43
2.3 Исследование сил, действующих на полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений при опорожнении кузова (первый вариант модернизации)	47
2.4. Исследование влияния степени опорожнения кузова полуприцепа- разбрасывателя органических удобрений на прицепное устройство трактора при подаче их от заднего борта к переднему (второй вариант модернизации)	52
2.5 Выводы	58
3. Программа и методика проведения экспериментальных исследований.....	59
3.1. Определение закономерности изменения догрузки со стороны полуприцепа- разбрасывателя на сцепное устройство трактора	59
3.2. Подготовка полуприцепа-разбрасывателя к проведению полевых исследований	63
3.3. Определение часового расхода топлива двигателем трактора.....	65
3.4. Определение буксования движителей трактора	69
3.5. Оценка фона поля.....	73
3.6 Выводы	75

4. Результаты экспериментальных исследований и обоснование режима корректирования догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя РОУ-6 на трактор.....	76
4.1. Изменение догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя на сцепное устройство трактора при подаче органических удобрений по базовому варианту	76
4.2. Изменение догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя на сцепное устройство трактора при подаче органических удобрений от заднего борта кузова к переднему	78
4.3. Анализ результатов полевых исследований процесса опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений РОУ-6	80
4.3.1. Сравнительная оценка расхода топлива при прямой и обратной подаче органических удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя	80
4.3.2. Сравнительная оценка буксования при традиционной подаче и подаче органических удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя от заднего борта к переднему	83
4.4 Выводы	86
5. Эффективность использования модернизированного полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений	88
5.1. Характеристика условий применения полуприцепов-разбрасывателей	88
5.2. Оценка топливной экономичности использования модернизированного полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений.....	91
5.3 Выводы	103
Заключение	104
Список литературы	106
Приложения	122

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Плодородие почв зависит, прежде всего, от объёмов внесения органических и минеральных удобрений. Высокие цены на удобрения не позволяют сельхозпроизводителям приобрести достаточное количество минеральных удобрений. Поэтому вопросы рационального применения органических удобрений, объёмы которых в связи со специализацией и концентрацией животноводства возрастают, заслуживают большего внимания. Операции по приготовлению и внесению органических удобрений энергоёмки и требуют значительных затрат времени и материальных ресурсов. Рациональное использование технических средств при приготовлении, транспортировке и распределении органических удобрений является важной народнохозяйственной задачей. Их доставка на поля осуществляется автомобильным и тракторным транспортом, а внесение тракторными транспортно-распределительными агрегатами. В настоящее время наблюдается тенденция к увеличению грузоподъёмности разбрасывателей, применению энергонасыщенных тракторов.

Специфика работы полуприцепов-разбрасывателей – изменение массы агрегата в процессе опорожнения кузова, что ведёт к изменению сил, действующих на ходовой аппарат трактора и разбрасывателя, обуславливающих изменение буксования движителей трактора и часового расхода топлива двигателя.

Одним из направлений повышения эффективности применения полуприцепов-разбрасывателей органических удобрений является обеспечение с их стороны стабилизации догрузки прицепного устройства трактора.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие проблемы повышения грузоподъёмности и улучшение тягово-сцепных свойств тракторов сделали известные ученые: Гребнев В.П., Ворохобин А.В., Щитов С.В., Охотников Б.Л., Скурятин Н.Ф., Кутьков Г.М., Ксенович И.П., Завалишин Ф.С., Горшков Ю.Г., Атаманов Ю.Е., Волощенко А.Е., Гуськов Ю.А., Евтюшенков Н.Е.,

Егоров В.Н., Мацнев М.Г., Гамаюнов П.П., Капустин В.П. Оробинский В.И., и др.

В результате анализа литературных источников установлено, что известные технические решения по догрузке сцепных устройств тракторов со стороны полуприцепов являются, как правило, не эффективными в направлении улучшения управляемости ТТА, необходимости изменения или включения дополнительных узлов к сцепным устройствам тракторов. Таким образом, устранение вышеотмеченных недостатков возможно при разработке новых технических решений по догрузке сцепных устройств тракторов со стороны полуприцепов, что обеспечит сохранение рационального догружающего усилия на прицепное устройство трактора в процессе разгрузки кузова разбрасывателя.

Цель исследований – повышение эффективности использования полуприцепов-разбрасывателей органических удобрений за счёт обеспечения стабилизации догрузки прицепного устройства трактора.

В соответствии с целью поставлены следующие **задачи исследования**:

1. Разработать конструктивно-технологические схемы полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений, обеспечивающие стабилизацию догрузки прицепного устройства трактора, в процессе разгрузки кузова.

2. Установить закономерности изменения догружающего усилия прицепного устройства трактора от величины опорожнения кузова двух конструктивных схем модернизации полуприцепа-разбрасывателя когда:

- в процессе опорожнения кузова осуществляется подъёмом передних колёс при традиционной подаче удобрений (подача назад);
- распределяющие рабочие органы установлены вместо переднего борта (подача удобрений вперёд).

3. Определить режим корректировки догрузки прицепного устройства трактора в процессе опорожнения кузова.

Объект исследований – полуприцепной тракторный транспортно-распределительный агрегат.

Предмет исследований – закономерности изменения догружающего усилия прицепного устройства трактора в процессе опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений.

Научную новизну диссертационной работы составляют:

- конструктивно-технологические схемы полуприцепов-разбрасывателей органических удобрений, отличающиеся тем, что колёса смещаются с последующим поднятием передних колёс в процессе разбрасывания органических удобрений; распределительные рабочие органы устанавливаются в передней части кузова и опорожнение кузова осуществляется с задней части;
- аналитические зависимости изменения догружающего усилия на прицепное устройство трактора со стороны модернизированных полуприцепов-разбрасывателей, отличающиеся учётом степени опорожнения кузова;
- закономерности изменения часового расхода топлива и буксования агрегата от величины опорожнения кузова модернизированных полуприцепов-разбрасывателей, отличающиеся тем, что учитывают направление подачи удобрений в кузове.

Теоретическая и практическая значимость. Установленные аналитические зависимости изменения догружающего усилия на прицепное устройство трактора позволяют установить величину догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя в зависимости от степени его опорожнения и дополняют теорию рабочих процессов машинно-тракторных агрегатов. Предложенные технические решения модернизации кузовных полуприцепов-разбрасывателей органических удобрений обеспечивают снижение буксования трактора и часового расхода топлива. Закономерности изменения часового расхода топлива и буксования агрегата от величины опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя обеспечивают повышение эффективности его использования.

Методология и методы исследований. Теоретические исследования основаны на положениях теоретической механики с использованием метода

математического моделирования и применением дифференциального и интегрального исчисления.

Оценку базового и модернизированных вариантов полуприцепов-разбрасывателей проводили на основании результатов полевых испытаний агрегатов на стерневом фоне с поверхностной обработкой и грунтовой дороге. Данные исследования выполнены с использованием измерительно-информационной системы. Полученные результаты обрабатывались в программах РТС Mathcad Prime 3.0 и Microsoft Excel 2010. Техно-экономическую оценку вариантов модернизации полуприцепов разбрасывателей проводили по принятой методике с использованием результатов, полученных при испытаниях ТТА на базе МТЗ-80.1

На защиту выносятся:

- конструктивно-технологические схемы модернизированных полуприцепов-разбрасывателей органических удобрений, обеспечивающих стабилизацию догрузки сцепного устройства трактора;
- зависимости изменения догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений на сцепное устройство трактора при разгрузке кузова, позволяющие определить режим его корректировки;
- экспериментальные данные часового расхода топлива двигателем и буксование трактора, позволяющие дать сравнительную технико-экономическую оценку проведённой модернизации полуприцепов разбрасывателей органических удобрений.

Личный вклад автора. Автору принадлежит постановка цели и задач исследований, разработка программы и методик экспериментальных исследований. С его участием разработаны и изготовлены конструктивные элементы модернизированного разбрасывателя. Принято непосредственное участие в организации и проведении лабораторных и полевых испытаний базового и модернизированного полуприцепов-разбрасывателей. При его участии подготовлены и опубликованы материалы исследований в журналах,

рекомендованных ВАК РФ, подготовлены и получены патенты на полезные модели кузовного полуприцепа-разбрасывателя.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований используются в учебном процессе кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей Воронежского ГАУ и кафедры технического сервиса в АПК Белгородского ГАУ при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Агроинженерия».

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность работы подтверждена высокой сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, среднее значение отклонения не превышает 4%.

Основные результаты исследований по теме диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на международных, всероссийских, межрегиональных и вузовских научно-практических конференциях проходивших в 2015-2016 гг. в Белгородском ГАУ, на международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий» (2015 г) и международной студенческой научной конференции (2016 г), на международной научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс на рубеже веков» (2015 г) в Воронежском ГАУ, а также на международной научно-практической конференции «Молодежный форум: технические и математические науки» (2015г.) в Воронежской государственной лесотехнической академии.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 11 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, получено 2 патента на полезные модели №155928 «Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений», №162350 «Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений». Общий объём публикаций составляет 2,78 п.л., из них лично соискателю принадлежит 1,23 п.л.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, библиографического списка, включающего 126 наименований из них 6 на иностранных языках и 5 электронных сайтов. Диссертация изложена на 121 странице машинописного текста, включает 1 таблица, 34 рисунка и 12 приложений.

1. Состояние вопроса, цель и задачи исследования

Сельскохозяйственный транспорт есть многогранная структура, включающая технические, технологические, организационные стороны. При рассмотрении любого процесса, связанного с перемещением груза: только транспортирование из одной точки (пункта) в другую, транспортировка и распределение материала по поверхности поля (удобрений, растворов, семян и др.), сбор материала (уборка зерновых, силосных культур, сахарной свеклы и др.) и транспортировка приходится решать вопросы, связанные с одной или всеми сторонами понятия сельскохозяйственный транспорт. Не является исключением в этом отношении и процесс внесения органических удобрений. С целью повышения эффективности распределения органических удобрений по поверхности поля рассмотрим отдельные вопросы, связанные с работой тракторного транспортно-распределительного агрегата.

1.1. Анализ способов повышения тягово-сцепных свойств колёсных тракторов

В настоящее время в связи с интенсификацией земледелия увеличиваются объёмы перевозок сельскохозяйственных грузов, следовательно, требуется увеличение производительности сельскохозяйственного транспорта и повышения его экономичности [12].

Отрасли сельского хозяйства, имеют большое количество наименований грузов (до 250 видов). Для перевозки грузов в сельском хозяйстве используется автомобильный и тракторный транспорт с использованием прицепов и полуприцепов [12, 40].

На внутри хозяйственных перевозках наибольшее распространение получил тракторный транспорт на базе колёсных тракторов, как наиболее эффективный. Это связано с тем, что тракторный транспорт, возможно применять для

движения не только по асфальтированным дорогам, но и по грунтовым. Доля перевозок тракторным транспортом составляет примерно 50-60 % от общего объема внутрихозяйственных перевозок в сельском хозяйстве [3, 4, 20]. Колесные трактора используют на уборке сельскохозяйственной продукции, вывозе и внесении в почву минеральных и органических удобрений, транспортировании соломы и силоса, подвозе семян, внесении удобрений, доставки кормов и т.д. [39, 58].

В настоящее время наблюдается тенденция приобретения моделей сельскохозяйственных тракторов более высокой мощности [68, 82]. Анализ технических характеристик современных тракторов подтверждает возрастание их энергонасыщенности [1, 2, 5, 43].

Важная проблема организации высокоэффективного сельскохозяйственного производства - обоснование рациональных параметров машинно-тракторного парка для хозяйств разного уровня развития и специализации, направлений высокоэффективного использования сельскохозяйственной техники. Так эффективность работы машино-тракторных агрегатов (МТА) определяется степенью использования мощности двигателя трактора. В условиях эксплуатации с ростом энергонасыщенности трактора уменьшается процент полезного использования мощности двигателя. Это связано с тем, что достаточно сложно, а в ряде случаев и невозможно подобрать скоростной и нагрузочный режимы работы МТА, обеспечивающие полное использование мощности двигателя [26, 71, 90, 52, 69]. Следовательно, не полное использование мощности двигателя приводит к снижению производительности МТА, увеличению материалоемкости агрегатов и повышению удельного расхода топлива, в результате чего уменьшается экономическая эффективность [7, 13, 56, 85, 93, 125].

Эффективное использование колесных тракторов и сельхозмашин, реализация заложенных в них возможностей определяются параметрами ходовой системы, например характеристиками движителей. Основная проблема, возникающая, в процессе эксплуатации тракторного транспортного агрегата

(ТТА) – это повышенное уплотняющее и разрушающее воздействие на почву по причине чрезмерного давления и пробуксовывания. Установлено, что при выполнении полевых работ ТТА ходовые системы оказывают негативное влияние на почву [14, 25, 61, 81, 108, 10, 14, 17]. Вследствие отрицательного вредного воздействия ходовых систем на почву наблюдаются следующие явления [24, 92]:

- сокращение средней урожайности сельскохозяйственных культур на 15-25%;
- вследствие работы ТТА на поле площадью 1 га образуется от 14 до 15 т пыли;
- увеличение объёма веса почвы в 1,5-1,8 раза, ведёт к росту затрат средств на её разуплотнение, обработку, увеличению расхода топлива в пределах 18%.

Существующий ГОСТ 26955-86 ограничивает давление движителей машин на почву, но у современных тракторов значение допустимого давления на почву значительно больше установленного ГОСТом [30].

С целью предотвращения негативного воздействия движителей на почву и его последствия применяется комплекс мер по совершенствованию машинно-тракторных агрегатов и систем обработки почвы.[8, 51].

Комплекс, включает три направления:

1. Технологическое, заключается в рационализации маршрутов движителей машин, уменьшении числа проходов, использование эффективных широкозахватных и комбинированных агрегатов, минимизации обработки почвы, сооружении постоянных полос для проезда техники, использовании перегрузочной технологии и др.

2. Агрономическое, заключается во внесении органических удобрений с целью противостояния уплотняющим и сдвигающим нагрузкам, в соблюдении качественных показателей при обработке почвы, внедрение операций разуплотнения.

3. Конструкторское, оно заключается в совершенствовании применяемой техники прежде всего их движителей с целью снижения или полного устранения

вредного воздействия на почву. В случае невозможности использования первых двух методов, данное направление остаётся безальтернативным в вопросе защиты почвы от переуплотнения.

Направления являются эффективными, но именно конструкторское решение проблемы является приоритетным, так как предотвратив механическое воздействие движителей на почву отпадает необходимость устранять его последствия [64].

Отдельной проблемой совершенствования тракторов является повышение их проходимости [65, 116, 119].

На практике, с целью улучшения проходимости и тяговых качеств колесных тракторов, применяются следующие способы: увеличение сцепной массы путём навешивания на ведущие колеса дополнительных грузов, а также заполнения жидкостью шин ведущих колес; использование рациональных размеров шин и рисунка протектора, что связано с разработкой новых шин; снижение давления воздуха в шинах, что приводит к увеличению площади контакта шины с грунтом; использование всех колес трактора в качестве ведущих, в этом случае сцепной массой является эксплуатационная масса трактора; рациональное распределение по осям эксплуатационной массы, что приведёт к улучшению тяговых свойств трактора и увеличению КПД; увеличение опорной поверхности и эффективности зацепления ведущих колес при помощи применения дополнительных приспособлений, например сдвоенных колёс; применение активных прицепов и рабочих органов сельскохозяйственных машин, что приводит к передачи части мощности двигателя на активный мост прицепа или рабочие органы; блокировка дифференциалов ведущих колес [37, 115, 123]. Все рассмотренные способы имеют как преимущества, так и недостатки их можно классифицировать по следующим признакам (рисунок 1.1):

1. Распределение потока мощности двигателя;
2. Изменение сцепной массы трактора;
3. Совершенствование ходовой системы.

В настоящее время самыми перспективными методами повышения тягово-сцепных свойств трактора являются методы, которые позволяют корректировать его сцепную массу.

Увеличение сцепной массы повышает, с одной стороны, силу тяги, а с другой – рост затраты энергии на перемещение балласта, что не является положительным моментом [48, 59, 60, 113, 124].

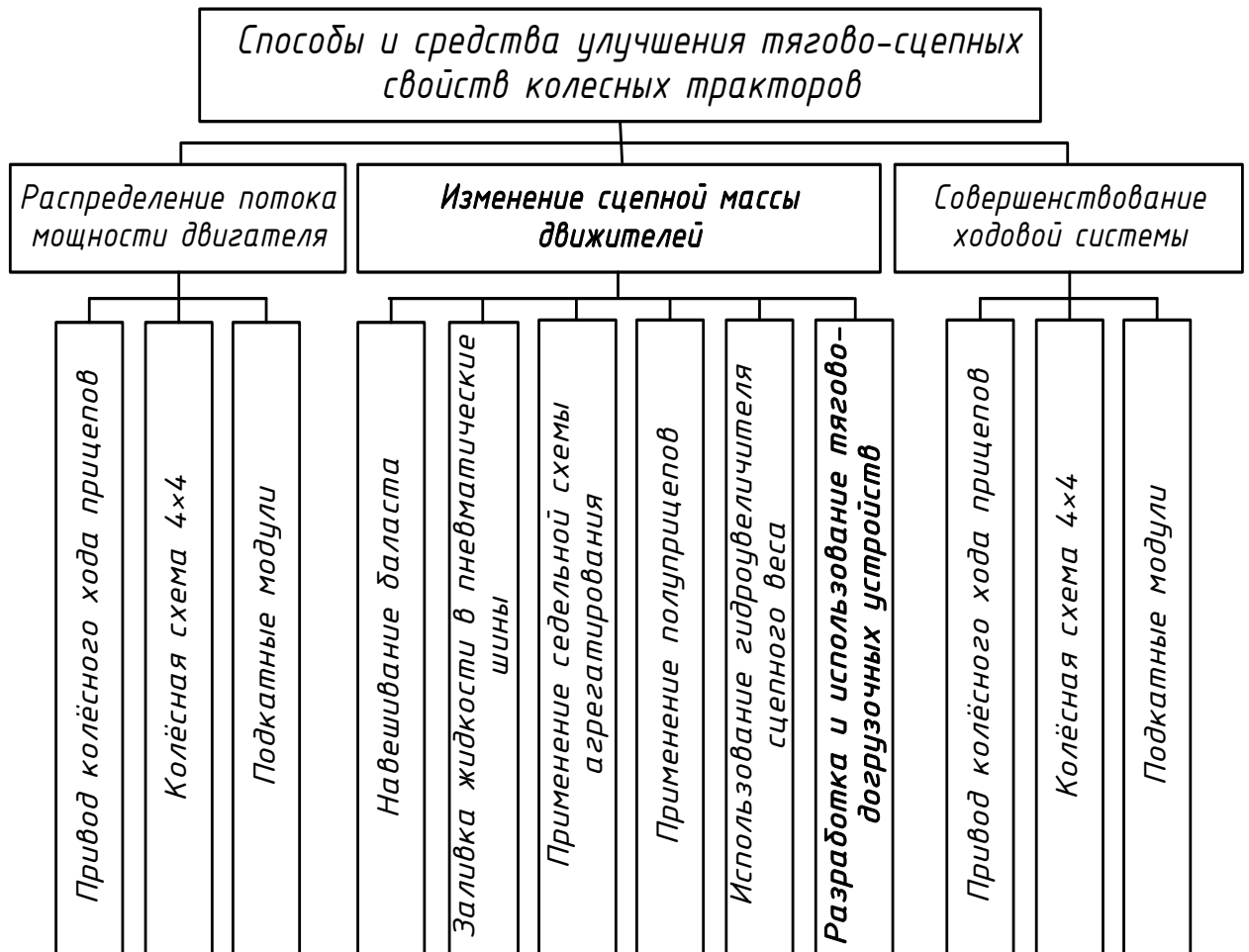


Рисунок 1.1 - Классификация способов улучшения тягово-сцепных свойств колесных тракторов

Для перевозки различных сельскохозяйственных грузов используются прицепы и полуприцепы. Эксплуатируемые полуприцепы агрегируются с трактором через тягово-сцепное (гидрокрюк) или седельное устройство, благодаря чему повышаются его тягово-сцепные качества. Полуприцепы по

сравнению с прицепами обладают лучшей маневренностью, более просты по конструкции и легче на 20-30 %. Так же ТТА в составе с полуприцепом более надёжен в эксплуатации в тяжелых дорожных условиях, чем трактор с двухосным прицепом.

Исследованием различных схем агрегатов занимались такие ученые, как Гребнев В.П. [34, 35, 36], Ворохобин А.В. [19, 34, 35, 36], Щитов С.В. [119], Охотников Б.Л. [78, 79, 80], Скурятин Н.Ф. [96, 98, 99], Кутьков Г.М. [63], Ксенович И.П. [58], Завалишин Ф.С. [44], Горшков Ю.Г. [27, 28], Атаманов Ю.Е. [6], Волощенко А.Е. [15, 16], Гуськов Ю.А. [38], Евтюшенков Н.Е. [40, 41], Егоров В.Н. [42, 78, 80], Мацнев М.Г. [66], Оробинский В.И. [86], Гамаюнов П.П. [21, 22, 23] и др.

С учётом взаимосвязи показателей в условиях эксплуатации, в частности: удельной затраты энергии, буксования, давления шин на почву, производительности, исследователями произведена оценка эффективности применения различных схем ТТА.

На транспортных внутрихозяйственных работах применяются тракторные прицепы. На их долю от общего количества приходится 70-75%, оставшаяся часть 25-30% составляют разбрасыватели органических и минеральных удобрений [54]. Прицепная схема ТТА получила наиболее широкое применение – это связано с простотой агрегатирования и независимостью от конструкции ходовой и несущей части трактора. Данная схема ТТА наиболее эффективна при достаточном сцепном весе трактора.

В работе [17] было проведено, исследование работы различных схем ТТА в труднопроходимых дорожных условиях. Авторами было рассмотрено движение трактора типа 4×4 массой 3 т с распределением массы по осям 2/3 на заднюю и 1/3 на переднюю по снегу глубиной 40-45 см. В данных условиях при массе груза в прицепе до 5 т трактор полностью буксовал, а на переувлажнённой грунтовой дороге при массе груза 10 т буксование составило 50 %. Исследователи Волощенко А.Е. и Завалишин Ф.С. получили следующие результаты по

производительности прицепного ТТА: при количестве груза более 8 т, на переувлажнённой грунтовой дороге происходило снижение производительности, но по снегу производительность уменьшалась уже при массе груза более 3 т. Исходя из данных результатов авторы делают вывод, что из-за увеличения массы груза резко возрастает буксование и соответственно снижается производительность агрегата, т.е. мощность двигателя остаётся недоиспользованной. Все эти процессы связаны с недостатком сцепного веса трактора.

В этой работе так же рассматривались вопросы эффективного использования полуприцепного ТТА при агрегатировании с помощью гидрокрюка и седельного устройства.

В процессе перемещения по полю ТТА седельной схемы суммарной массой 6 т по снежному покрову величина буксования колёс трактора поднялась до 35%, а в тракторе, который соединён с полуприцепом при помощи гидрокрюка буксование увеличилось до 65%. При агрегатировании трактора, с седельным полуприцепом, при старте агрегата передний мост начинает отрываться от дороги. Данный эффект наблюдается в связи с тем, что дышло полуприцепа подсоединено к трактору на высоте 1,4 м и догрузка на дышло в этот момент составляет 1 т. Так же было замечено, что производительность может увеличиваться с ростом грузоподъёмности седельной схемы агрегата, который передвигается по дороге с переувлажнённым грунтовым покрытием. Но следует учитывать, что при повышении массы агрегата значения в 9 т происходит резкое снижение производительности.

Так же отмечается рост производительности при продвижении агрегата массой 5,5 т по снежному покрову. Как и в предыдущем случае с возрастанием массы перемещаемого груза происходят негативные изменения в работе агрегата связанные с увеличением буксования и как следствие, падает показатель производительности ТТА.

На основании проведённых исследований по сравнительной оценке вариантов схем ТТА можно сделать вывод, что в условиях неблагоприятных для передвижения агрегата наиболее оптимальной с точки зрения технико-эксплуатационных показателей является седельная схема ТТА, которая показала себя лучше в данных условиях, чем схема прицепного ТТА. Так же на основании данного исследования можно сделать вывод об ограниченности применения как одной, так и другой рассмотренной схемы ТТА. Это связано с тем, что у обеих схем имеются свои лимитирующие особенности: для прицепной схемы ТТА – тягово-сцепные свойства трактора, а для седельной схемы ТТА – устойчивость и управляемость.

В работе [66] определялся возможный придельный вес перемещаемого груза при седельной схеме ТТА на склонах от 3 до 8 градусов. В этих исследованиях коэффициентом буксования оценивались тяговые характеристики трактора, а возможность поворота на склонах – управляемостью. В результате проведённых исследований сделан следующий вывод: образование большой величины момента опрокидывания в зависимости от силы тяги связано с конструктивно высоким месторасположением седла, в итоге возникает необходимость ограничивать массу перевозимого груза.

В этой связи рекомендуется внести корректировку в высоту точки присоединения машин в сторону её уменьшения и выполнить смещение данной точки в базу тягоча, что улучшит управляемость. Но, например, достаточно не просто для трактора ЛТЗ-145 снизить высоту точки присоединения до оптимальной величины не превышающей 1,4 м и сдвинуть точку прицепа вперед более чем на 0,4 м, что связано с компоновкой и размерами шин, а так же конструктивным расположением кабины. В результате исследований автору удалось выявить ряд существенных недостатков: седельный вариант имеет плохую управляемость и устойчивость; необходимость специально устанавливать седельный полуприцеп; большой вес седельного устройства по сравнению с

гидрокрюком; сложность присоединения седельного полуприцепа; отсутствие специальных седельных полуприцепов к распространённым типом тракторов.

На основании проведённых исследований [66] автор сделал вывод, что для увеличения агрегатной грузоподъёмности сверх установленного значения необходимо снизить значение высоты точки присоединения машин, смещая её как и ранее в базу трактора.

В работах [16, 44] авторы показывают возможность с целью улучшения характеристик агрегата использовать вес полуприцепа для догрузки трактора. С целью исследований седельного ТТА применялся трактор Т-5 схемы 4×4 с колесами одинакового диаметра и седельный полуприцеп 1ПТС-6С. В ходе исследований сделаны выводы: в передвигающемся по подготовленному под посев полю ТТА, для уменьшения буксования и удельных затрат энергии необходимо догружать задний мост трактора полуприцепом, начиная с общей массы полуприцепа 5,3 т; точки минимума затрат смещаются в сторону большей грузоподъёмности (например при догрузке 2 т минимальные энергетические затраты эквивалентны весу груза 10 т); если вес полуприцепа равен 6 т в данном случае повышение догружающего усилия на трактор приводит к уменьшению затрат энергии; увеличение догрузки при массе 4 т приводит к незначительному увеличению затрат энергии. Исходя из полученных результатов, были сделаны выводы о снижении таких величин как буксование и энергозатраты если загрузка изменяется в пределах 5 – 10 т. Данное утверждение справедливо и в случае движения по подготовленному под посев полю.

Если передвижение происходит по снежному покрову, а так же по переувлажненной дороге и мягкой почве тенденция изменения буксования и затрат энергии сохраняется, но имеет ещё более резко выраженный характер. Например, при нулевой догрузке полное буксование наступает при общей массе груза 4,5 т, а при догрузке трактора 2 т буксование не превышает 35% при массе полуприцепа 6 т.

В итоге авторами сделаны следующие выводы: улучшение проходимости и снижение удельных энергозатрат происходит при увеличении догрузки трактора от веса полуприцепа до 2 т; предельная величина догрузки трактора Т-5 зависит от прочностных характеристик трактора и грузоподъёмности шин.

При использовании агрегатируемых посредством гидрокрюка полуприцепов имеется возможность повышения сцепного веса на задние колёса трактора двумя способами: догружая колёса от дышла полуприцепа за счёт перевозимого груза; перераспределяя вес с передней оси трактора на заднюю [49]. В данном исследовании авторы указывают на необходимость ограничивать давление от полуприцепа на гидрокрюк в разрешённых пределах, в частности у тракторов класса 1,4 значение нагрузки составляет 1 т [59], а для безопасного движения ТТА [31, 109] в гору должно выполняться условие:

$$G_K > 0,2 \cdot G_{TP}, \quad (1.1)$$

где G_K - нагрузка на переднюю ось, Н;

G_{TP} - вес трактора, Н.

Исходя из данного условия, можно сделать вывод, что увеличение грузоподъёмности ТТА вынудит балластировать переднюю часть трактора.

Увеличение грузоподъёмности ТТА, будет вести к росту давления ведущих колес трактора на почву и, как следствие, повышению уплотнения почвы. Поэтому при проектировании ТТА необходимо использовать определённые шины и давление в них [121, 126], или эксплуатировать ТТА с меньшей грузоподъёмностью [67, 91, 106, 117].

Применение седельных полуприцепов даёт возможность устранять разгрузку передних колёс трактора благодаря воздействию догружающего усилия от полуприцепа. При таком случае нужно размещать седельное устройство над задней осью или смещать как можно ближе к кабине трактора. Но размещение седельного устройства возможно только для тракторов со смещенной к передней оси кабиной и расположением веса по осям в пропорции – 1/3 задняя, 2/3 передняя. В связи с этим не всегда возможно реализовать седельную схему ТТА.

По этой причине седельную схему ТТА мало используют в сельскохозяйственном производстве. В редких случаях седельная схема ТТА используется как на грузовых автомобилях, так и на тракторах 3 класса при необходимости перемещения грузов большой массы.

Применение прицепного варианта ТТА показала низкую эффективность, так как возникают сложности с догрузкой трактора, а как следствие снижается шанс увеличения грузоподъемности ТТА и снижения величины буксования у ведущих колёс.

1.2. Влияние догрузки сцепных устройств тракторов со стороны транспортных и транспортно-технологических средств на буксование и топливную экономичность

Тягово-сцепные качества трактора оцениваются тяговым усилием и буксованием. Повысит тяговое усилие, и снизить буксование возможно следующими способами: повысить сцепную массу, заблокировать колёса, увеличить опорную поверхность движителя (например применение полугусеничного хода).

На расход топлива значительное влияние оказывает степень загрузки трактора. Например, при загрузке 40% расход топлива увеличивается более чем на 50%.

Работа [83] посвящена повышению эффективности в сельхозпредприятиях путем разработки и совершенствованию конструктивных схем тракторных прицепов, что обеспечивает улучшение технико-эксплуатационных показателей ТТА. Автором разработана методика расчета долговечности базовых деталей транспортных средств, работающих в условиях переменной нагрузки, так же была разработана нормативная база прицепного тракторного транспорта. В данной работе предложен метод расчёта экономической эффективности сочетающий

скорости движения ТТА и его полную массу, учитывающий при этом тягово-сцепные и энергетические показатели трактора, а также плавность хода ТТА.

Результаты проведенных исследований позволяют определить наилучшие экономические показатели, и, как следствие, оптимизировать буксование.

В работе [11] рассмотрен вопрос увеличения тягово-сцепных свойств прицепного транспортного агрегата при помощи автоматического гидродогружающего устройства. Автор кроме связи прицепа через буксировочное приспособление вносит предложение об использовании дополнительной силовой связи, а так же предлагает рассмотреть прицепной ТТА как полуприцепной. В работе выполнена гидравлическая корректировка нагрузок воздействующих на колеса транспортного агрегата по вертикали, уточнено положение тяговой динамики трактора. Данное исследование выполнено на теоретическом уровне.

Обосновано применение навесных систем с автоматическими гидродогружающими устройствами и использованием в дополнение силовой связи для различных условий, максимальная эффективность была достигнута благодаря применению позиционного регулятора (уменьшение значения буксования от 3 до 24,8 %). Было выявлено, что использование дополнительной силовой связи в ТТА, снижает нагрузку на передние колеса до 50%, обеспечивая догрузку задних колес трактора на 55 %. Благодаря уже рассмотренной ранее связи появляется вероятность оптимальной эксплуатации ТТА при удовлетворительной управляемости на поверхностях с низкой сцепляющей способностью.

Применяя разработанное тягово-сцепное устройство, рост производительности составил в среднем 8,5%, а снижение удельного расхода топлива составило 13%.

Но в максимально приближенным к оптимальным условиям на дороге нужного результата получено не было, а при максимальном значении гидродогрузки трактора начинается разгрузка передних колес, тем самым ухудшая управляемость ТТА.

С целью повышения эффективности эксплуатационных характеристик ТТА в работе даны рекомендации по улучшению и оптимизации способов регулировки гидродогрузки.

Недостатком рассмотренного исследования является отсутствие анализа на уровне кинематики движения ТТА по местности с различными объектами пересечения.

В работе [53] решается задача максимального эффективного использования колесного МТА по средствам применения специальной пневмогидравлической навески и двигателя постоянной мощности, что увеличит производительность, улучшить тягово-сцепные свойства и снизит удельный расход топлива. Автор исследования предложил гидротрансформатор (ГТ) и двигатель постоянной мощности (ДПМ). Данные устройства в автоматическом режиме способны адаптироваться к колебательным внешним нагрузкам благодаря преобразовательным возможностям энергетической установки. Использование ГТ, с одной стороны повышается долговечность двигателя, но с другой - происходит снижение КПД, что приводит к росту потребления топлива и снижению производительности. В этой ситуации ДПМ позволяет сделать трансмиссию более простой, снизить металлоемкость и стоимость. ДПМ позволяет экономить топливо на наиболее экономичном корректорном участке измененной регуляторной характеристики двигателя.

Во время проведения опытов было выявлено, что изменение регулировок топливной аппаратуры серийных двигателей в пределах корректорной ветви регуляторной характеристики даёт положительный эффект (возрастает производительность и уменьшается погектарный расход топлива), но в тоже время идёт возрастание динамичности нагружения трактора, что приводит к повышению буксования.

В работе для защиты МТА от негативного воздействия динамических нагрузок предлагается в навеске трактора установить упругую связь между

трактором и сельхозмашиной. Упругая связь поможет амортизировать рывки создаваемые сельскохозяйственной машиной.

Применение упругого пневмогидравлического элемента, в механизме навески трактора позволяет устранить большую часть недостатков упругих элементов.

В итоге проведённые автором эксперименты показали что:

1) применение агрегата с ДПМ и ПГН (пневмогидравлической навеской) позволяет снизить коэффициент буксования на 12 %, что уменьшает разрушение структуры почвы;

2) предложенный агрегат (ДПМ+ПГН) стабилизирует нагрузку при работе с разными сельскохозяйственными машинами, что позволяет снизить расход топлива, в частности пахотные работы - на 15,7%, культивация - на 14,7%, посев - на 16,1%;

На основании анализа полученных результатов рекомендовано исследовать дефорсирование двигателя до мощности выше мощности при максимальном крутящем моменте для обеспечения трактору с ПГН возможности более существенного увеличения производительности МТА.

В работе [27] решается проблема недоиспользования мощности двигателей тракторов в связи с неоптимальными тягово-сцепными характеристиками колесных тракторов в связи с малым сцепным весом. Проблему предлагается решить перераспределением части веса полуприцепа на трактор, что позволяет рассматривать его как грузонесущее средство, а не только как тяговое энергетическое средство.

Автор ставит задачу выполнить разработку метода позволяющего повышать вес транспортируемого груза полуприцепным транспортно-технологическим агрегатом на примере трактора класса 1,4.

Для решения поставленной задачи предлагается:

а) составить аналитическую модель распределения веса агрегата с тягово-сцепным устройством (ТСУ) по опорам при движении в различных эксплуатационных условиях;

б) разработать новую конструктивно-технологическую схему тягово-сцепного устройства;

в) учитывая энергетические возможности двигателя и грузоподъемность шин трактора уточнить метод определения грузоподъемности полуприцепного ТТА с новым ТСУ;

г) определить зависимость догружающей силы трактора и общего веса полуприцепа от буксования.

Проведенные исследования позволили: установить максимальную величину догружающей трактор силы для шин Ф-52 на склонах характерных для Центрально-Чернозёмного района (10,326 кН); установить в первом приближении закономерность изменения буксования от значения силы, которая догружает трактор и суммарного веса полуприцепа исходя из условия что сила взаимодействия трактора и полуприцепа располагается внутри его базы на том же уровне где находится опорная поверхность; определить оптимальную грузоподъемность разбрасывателя органических удобрений с ТСУ и трактором МТЗ-80 (80,44 кН).

В работе [120] поставлена задача повышения продуктивности, усовершенствования тягово-сцепных параметров и понижения техногенного действия ТТА на почву посредством внесения корректировок вертикальных нагрузок на колеса агрегата. Предлагается провести модернизацию ТТА заключающуюся в установке между передним мостом прицепа и прицепным устройством дополнительного корректора сцепного веса (гидроцилиндра).

С целью повышения сцепного веса и увеличения тягово-сцепных свойств ТТА в работе предложены к решению следующие задачи: обосновать эффективность установки на ТТА гидроцилиндра; установить влияние установленного гидроцилиндра на тягово-сцепные свойства ТТА; определить

производительность агрегата в зависимости от тягово-сцепных свойств трактора; изучить воздействие ТТА на почву.

Задачи решались следующими способами: находится реакция, в шарнире сцепки применяя принцип возможных перемещений, далее производится построение зависимостей реакции от угла и точки приложения добавочной нагрузки; по условию сцепления с почвой находится касательная сила тяги трактора; определяется коэффициент использования сцепного веса; определяется величина буксования; строится номограмма для вычисления производительности ТТА с применением на транспортных работах. Во время проведения эксперимента замерялось тяговое усилие, пройденный агрегатом путь, частота вращения ведущих колес, характеристики почвы, время опыта.

В результате выполненных работ были сделаны следующие выводы: применяя модернизированный прицеп 2ПТС-4, с корректором сцепного веса, величина буксования снизилась на величину от 25 до 30%, в то время как тяговая мощность возросла на 11,5-12,1%; использование модернизированного прицепа 2ПТС-4, позволило увеличить скорость движения агрегата от 9,3% до 20,1%, производительность - от 9,9 до 19,9% и снизить расход топлива на 6,5 - 6,8%.

Изменение показателей в положительную сторону произошло благодаря переносу доли массы прицепа с применением гидроувеличителя на основные колёса трактора.

Данное исследование проводилось в Амурской области в не уклоне.

Работа [94] как и работа [120] выполнялась в условиях Амурской области, как и в предыдущих исследованиях ставилась цель повысить эффективность применения ТТА за счет повышения тягово-сцепных параметров. В работе автором решались следующие задачи исследований: определить перспективное направление совершенствования ТТА в Амурской области; установить воздействие расположения точки прицепа машинного агрегата с трактором и приложенной на ведущую ось дополнительной нагрузки, на его тягово-сцепные характеристики и продуктивность ТТА; разработать устройство, дающее

возможность частично перераспределять нагрузку с колес прицепа на ведущие колеса трактора; определить зависимости и закономерности оказывающие влияние на качественные показатели работы рассматриваемого ТТА; произвести проверку результатов исследований в условиях реального производства; дать технико-экономическую оценку использования предложенного ТТА.

В работе автором был выполнен значительный объём теоретических и практических исследований, что позволило разработать устройство, перераспределяющее часть нагрузки с колес прицепа на ведущие колеса ТТА и изменяющее расположение точки прицепа транспортного агрегата с трактором. Выполненные исследования позволили сделать вывод, о зависимости буксования и производительности ТТА от величины смещения точки прицепа машинного агрегата и конфигурации дополнительной перегрузки в шарнире сцепки. Разработанная автором номограмма даёт представление о эффективности ТТА в зависимости от дополнительной нагрузки в шарнире сцепки. Устройство для перемещения точки прицепа сконструирован из последующих частей: ползун сцепки, рычаг перемещения ползуна, гидроцилиндр.

В ходе разбора кинематики движения тракторно-транспортных агрегатов и методов повышения их тягово-сцепных параметров стало известно, что наиболее перспективным направлением совершенствования ТТА является применение устройств перераспределяющих долю давления с колес прицепа на ведущие колеса трактора; установлено, что на тягово-сцепные характеристики и продуктивность ТТА во время криволинейного движения оказывает влияние состояние точки прицепа агрегата и размер дополнительной перегрузки на ведущую ось трактора, так же были установлены математические зависимости данных показателей; разработано устройство снижающее на 24% буксование ведущих колес трактора при криволинейном движении ТТА; установлено, что при тяговом усилии 5,88 кН и изменении дополнительного значения нагрузки до 14,7 кН, происходит уменьшение буксования ТТА до 5%, увеличение рабочей

скорости на 2,6 км/ч и как следствие наблюдается рост производительности до 9,0 ткм/ч.

Авторы считают, что полученные результаты могут использоваться при совершенствовании конструкций транспортных средств и их эксплуатации.

Цель работы [42] - повысить эффективность использования ТТА в направлении перераспределения нагрузок меж его осями с помощью применения силовой гидросистемы трактора.

Решаются следующие задачи: установить закономерности перераспределения нагрузок меж осями ТТА от характеристик агрегата и величины сцепного веса трактора; исследовать возможное влияние на тягово-сцепные свойства трактора неровностей поверхности, при перераспределении нагрузок между осями ТТА; разработать методику и в соответствии с ней вести экспериментальные изучения технико-экономических показателей ТТА при эксплуатации их в лесопарковых зонах.

Автор указывает на то, что при помощи штатной гидросистемы трактора возможно увеличить сцепной вес, воздействуя на подъём передней оси прицепа через удлинители нижних тяг навески трактора и дышло прицепа. Максимальную нагрузку на задние колёса трактора, возможно получить если производить в одно время увеличение расстояния до точки крепления к раскосам и уменьшение размера продольных нижних тяг навески с удлинителями. В ходе проведения экспериментальных исследований проводился контроль следующих показателей: время эксперимента, количество оборотов ведущих колес трактора, расход горючего, величина давления в гидросистеме трактора.

Проведённые испытания показали, что в условиях недостаточного сцепления, возможно, применять прицепы грузоподъемностью до 6 т с условием догрузки ведущих колес трактора МТЗ-80. Так же в ходе исследований было установлено, что буксование снижается на 60%, расхода топлива на 20%, а скорость движения агрегата возрастает на 8,8%.

Следует обратить внимание, что данные изучения по увеличению тягово-сцепных параметров ТТА проводились в лесопарковых зонах, где перемещение транспортных средств достаточно затруднено, а экологические показатели часто более важны, чем экономические.

Данное исследование позволяет нарастить эффективность применения колесных тракторов в критериях лесопромышленного изготовления. Перераспределение нагрузок меж осями положительно сказывается на состоянии почвенного покрова в лесопарковых зонах, позволяет снизить расходы на обслуживание лесопарковых зон и сделать их более привлекательными для отдыха людей.

В статье [34] поднимается вопрос о повышении эффективности использования прицепных ТТА. Авторами для повышения эффективности предложено двухпоточное тягово-сцепного устройство, которое включает в себя как тяговую, так и догружающую силовые связи. В работе предложена схема предполагаемого прицепного ТТА на который действуют силы, а так же он оборудован тягово-сцепным устройством. В статье приведены полученные математические выражения, при помощи которых возможно определить какая вертикальная реакция дороги воздействует на передние и задние колёса как трактора, так и прицепа. Так же представлена зависимость массы трактора и её распределение по осям и высоты оси подвеса от угла наклона дополнительной силовой связи. Анализируя приведённые зависимости, авторы, приходят к выводу, что чем более происходит догрузка и изменение угла наклона к горизонту дополнительной силовой связи, тем больше сцепной вес трактора и поэтому лучше его тягово-сцепные характеристики.

Проведённые дорожные испытания предложенной конструкции тягово-сцепного устройства на песке, сухой и мокрой грунтовой дороге показали, что наибольшая эффективность тягово-сцепного устройства достигается при движении прицепного ТТА в условиях плохой проходимости. Внедрение предложенного в статье тягово-сцепного устройства, позволит уменьшить

удельный расход горючего на величину около 20% и тем самым увеличить продуктивность использования прицепного ТТА примерно на 15%.

Исследование по повышению эффективности использования прицепных ТТА также проводились на горизонтальном участке.

В статье [18] исследуется повышение продуктивности применения ТТА корректированием нагрузок на колеса в вертикальной плоскости. Авторами получена теоретическая зависимость между производительностью ТТА и причинами, учитывающими тягово-сцепные характеристики трактора и вес перемещаемый прицепом, что даёт возможность найти условия, при которых ТТА будет показывать максимальную производительность. С целью анализа правильной коррекции вертикальных нагрузок используется коэффициент изменения производительности. В ходе теоретических расчетов выявлено, что увеличение сцепного веса за счет корректирования нагрузок по вертикали даёт возможность повысить грузоподъемность тракторного прицепа, что соответственно увеличит производительность ТТА. В частности, при перемещении трактора на колёсном ходу 4К4а по сверх увлажнённой стерне происходит снижение буксования ведущих колес на 6% благодаря увеличению на 20% его сцепного веса, что приводит к увеличению на 38% грузоподъемности прицепа и, в конечном счете, повышает производительность на 6%. Подобные результаты были получены и на грунтовой дороге после дождя. Предлагаемая авторами исследования теоретическая модель даёт возможность определять наиболее разумное значение грузоподъемности тракторного прицепа учитывая внесённые коррективы в нагрузки действующие вертикально на колеса ТТА при разных дорожных критериях.

Таким образом анализ работ по влиянию догрузки сцепных устройств колёсных тракторов со стороны полуприцепов и прицепов указывает на перспективность развития этого направления при решении вопросов модернизации транспортно-технологических средств.

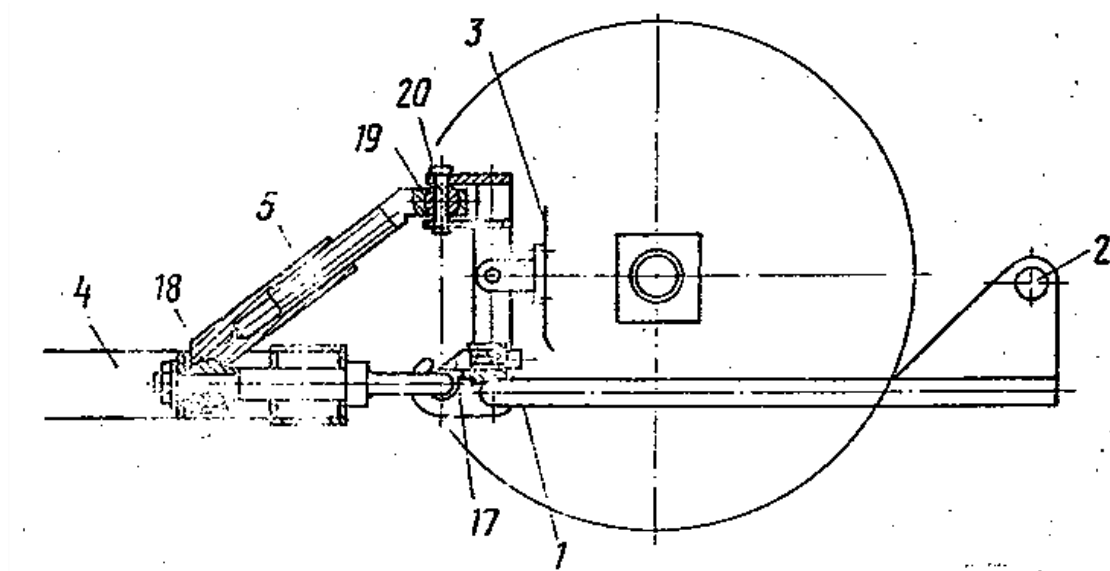
1.3. Технические решения по повышению эффективности применения полуприцепной схемы тракторно-транспортного агрегата

Выше было рассмотрено влияние схемы агрегатирования трактора с прицепом, полуприцепом под гидрокрюк, с седельным полуприцепом на буксование движителей, топливную экономичность, возможность повышения производительности ТТА, оказалось, что полуприцепная схема агрегатирования трактора с транспортным средством наиболее эффективна. Однако ограничивающим фактором в повышении эффективности такой схемы является разгрузка переднего моста трактора, приводящая к снижению управляемости и устойчивости движения.

Рассмотрим технические решения, направленные на повышения эффективности использования полуприцепной схемы ТТА.

Предложено устройство (рис 1.2), [75] позволяющее повысить эффективность устройства в работе и безопасность его движения.

Дышло полуприцепа посредством петли соединяется с крюком сцепного элемента и фиксируется подпружиненной защелкой. Верхний конец тяги регулируемой длины соединяется с проушинами сцепного элемента пальцем, освобождают сцепной элемент от связи с рамой тягача, удалив палец из отверстий, при этом часть веса полуприцепа через дышло, сцепной элемент и шарнир передается на тягач, увеличивая его сцепной вес. Благодаря тому, что ось шарнира проходит через, центр масс тягача, при такой догрузки сохраняется неизменным первоначальное распределение нагрузки по осям тягача, увеличивая реализуемую ими силу тяги при той же управляемости.



1 – сцепной элемент, 2 – шарнир, 3 – рама тягача, 4 – дышло полуприцепа, 5 – тяга регулируемой длины, 17 – подпружиненная защёлка, 18,19 – сферический шарнир, 20 – ось пальца

Рисунок 1.2 – Схема опорно-сцепного устройства сочленённого транспортного средства Патент Советского Союза № 1650480

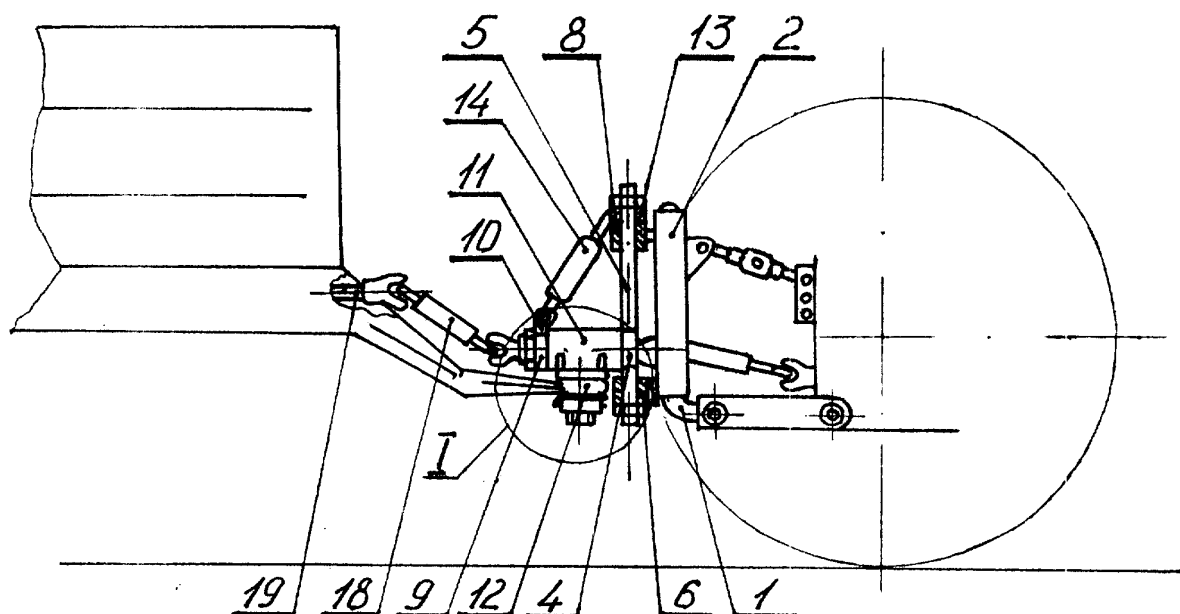
Повышается устойчивость подрессоренных масс тягача к продольным колебаниям от воздействий полуприцепа, в среднем положении тяги регулируемой длины, когда ось пальца вертикальна и проходит через центр шарнирного соединения дышла с тягачом; между ним и полуприцепом отсутствует момент, зависящий от углового положения в плане. При этом управляемость полуприцепом максимальная. Если, изменив длину тяги, наклонить ось пальца к полуприцепу, то при его повороте относительно тягача в сцепном устройстве возникает момент, стремящийся вернуть трактор и полуприцеп в исходное положение. В этом случае полуприцеп создает дестабилизирующий момент, стремясь уйти с траектории прямолинейного движения, повышая чувствительность рулевого управления.

Данное опорно-сцепное устройство позволяет повысить эффективность работы и безопасность движения сочлененного транспортного средства за счет более рациональной догрузки осей тягача, улучшения управляемости и

регулирования стабилизирующего момента не только по величине, но и по направлению

Но устройство не позволяет использовать сочлененное транспортное средство с приводом машин от вала отбора мощности тягача из-за наличия тяги регулируемой длины, установленной на дышле полуприцепа и соединенной со сцепным элементом на тягаче.

Предложено устройство (рис 1.3), [110] обеспечивающее догрузку трактора весом транспортируемого в полуприцепе груза.



1 – сцепной элемент, 2 – ответный элемент, 4 – кольцо, 5 – ось, 6 и 8 – втулка, 9 – кольцо, 10 – проушина, 11 – корпус, 12 – тяговое кольцо дышла, 13 – шарнир, 14 – упор, 18 – карданные сочленения, 19 – выходной конец вала

Рисунок 1.3 – Схема тягово-догрузочного устройства Патент России

№ 2096190

При исполнении транспортно-технологических операций ответный элемент присоединяется вместе со сцепным устройством при поддержки навески трактора и укрепляют запорным устройством. Далее происходит переключение рычага гидрораспределителя в положение – "плавающее". В результате частично вес полуприцепа перекладывается на ответный элемент через кольцо дышла, втулку, кольцо, проушины, палец, упор, шарнир, вертикальную ось, втулки, поперечную

пластину, а элемент сцепления продольной тяги гидронавески и поперечную ось крепят на осто́ве трактора. Если происходит изменение направленности перемещения трактора, то ответный элемент поменяет положение по отношению к полуприцепу по причине поворота оси во втулках и шарнире упора. В случае изменения расположения полуприцепа по сравнению с трактором в вертикальной поперечной плоскости поворот ответного элемента по сравнению с дышлом полуприцепа исполняют вращением втулки в корпусе. В момент перемещения сочлененного транспортного средства через какой-то барьер, изменение расположения трактора по сравнению с полуприцепом исполняют благодаря вращению продольных тяг гидронавески трактора в шарнирах ее оси.

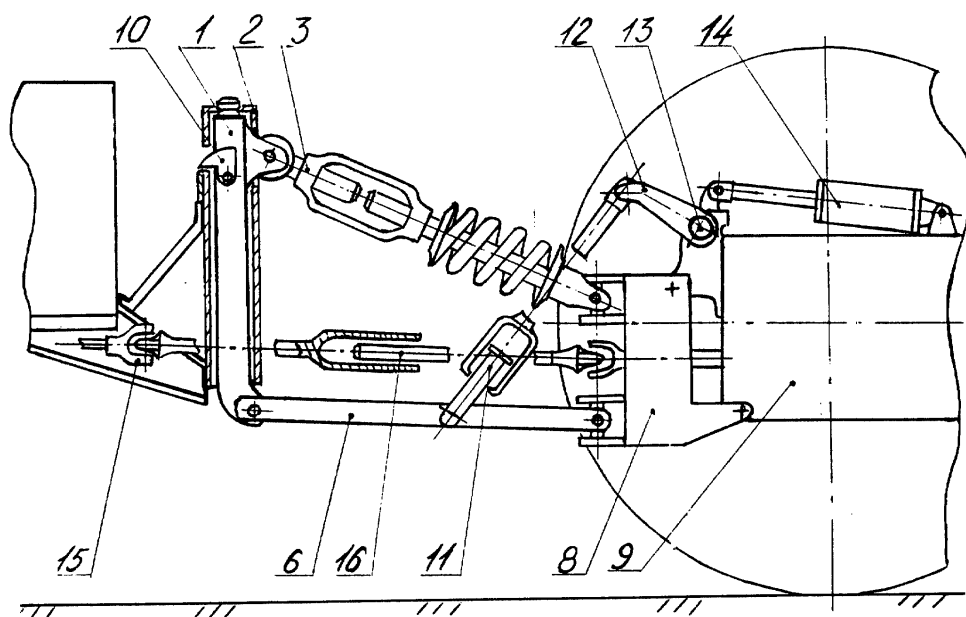
При выполнении транспортно-технологических операций промежуточный вал соединяют с валом отбора мощности карданными сочленениями.

Устройство позволит избавиться от негативного действия силы по вертикали, которая предаётся от полуприцепа к трактору, что позволит избежать разгрузку передних колёс и обеспечит лучшую управляемость ТТА.

Тягово-догрузочное устройство имеет следующие недостатки: при поворотах происходит самопроизвольное изменение положения тяг навески и дышла полуприцепа, чем нарушается принцип работы тягово-догрузочного устройства; наличие четырёх карданных шарниров понижает надёжность устройства; присутствие промежуточной опоры для карданной передачи приводит к усложнению конструкции и понижению надёжности привода.

Целью изобретения [46, 111] (рис 1.4), является: устранение самопроизвольного изменения положения тяг и дышла полуприцепа при криволинейной траектории движения; обеспечение постоянной догрузки ТТА в различных режимах транспортных или транспортно-технологических операций; максимально возможное упрощение конструкции и как следствие повышение надёжности тягово-догрузочного устройства. Изобретение относится к сцепным устройствам, и может быть использовано при агрегатировании ТТА.

Для присоединения орудия тягач подводят к орудию и сцепной элемент вводят в ответный элемент путем подъема нижних тяг гидроцилиндром навески тягача. В это же время производят соединение элемента подвижного шлицевого соединения карданного вала. Соединяют сцепной элемент с ответным элементом и укрепляют запорным устройством.



1 – сцепной элемент, 2 – ответный элемент, 3 – верхняя подпружиненная тяга, 4 – горизонтальная ось шарнира Гука, 5 – сферический шарнир, 6 – нижнее тяги, 8 – кронштейн, 9 – тягач, 10 – запорное устройство, 11 – телескопический раскос, 12 – рычаги, 13 – поворотный вал, 14 – навески тягача, 15 – карданный вал, 16 – подвижное шлицевое соединение

Рисунок 1.4 – Схема тягово-догрузочного устройства Патент России

№ 2148499

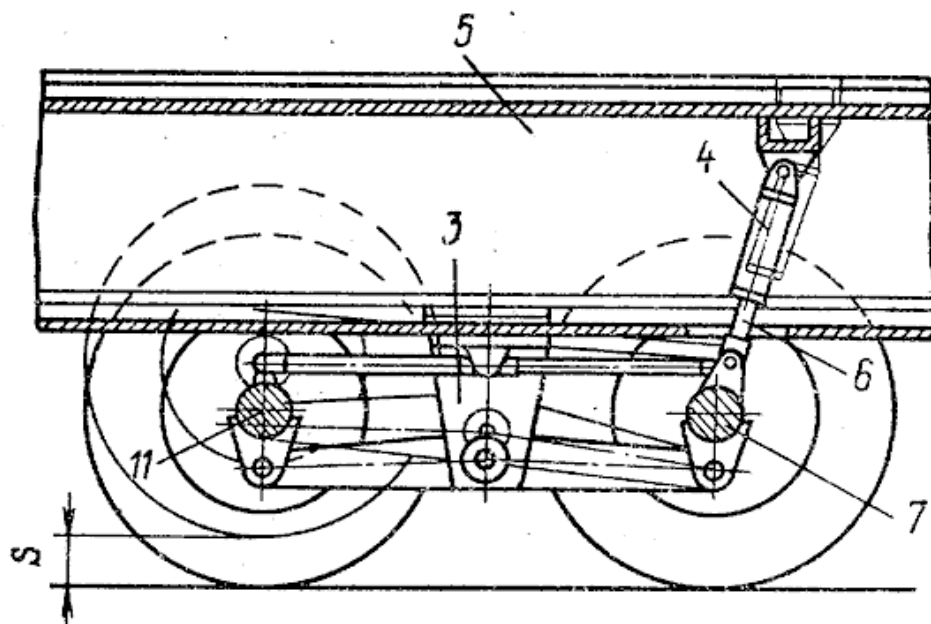
При приведении ТДУ в действие золотник гидрораспределителя гидроцилиндра навески тягача включают в позицию "плавающее". Если агрегатирование не происходит необходимо увеличивать длину верхней тяги переменной длины до тех пор, пока кузов полуприцепа займет горизонтальное положение относительно рассматриваемой поверхности. В то же время часть веса полуприцепа при помощи ответного элемента, сцепного элемента, верхней тяги

переменной длины, нижней тяги, шарнира Гука, кронштейна переключают на тягач.

Применение ТДУ даёт возможность убрать негативное действие силы в вертикальной плоскости, которая передаётся от полуприцепного устройства на тягач и отрицательно влияет на разгрузку передних управляемых колёс. Так же это даёт возможность перераспределить нагрузку между всеми осями агрегата и обеспечить нужную управляемость.

Недостатком данного ТДУ является то, что оно дополнительно воздействует на ось трактора при движении по наклонным поверхностям, что в результате приводит к перегрузке передней оси на спуске и ухудшению управляемости на подъёме.

Предложено транспортное средство (рис 1.5), [75] позволяющее повысить долговечность и надёжность балансирной подвески путём подъёма её передней оси при повороте тягача на заданный угол.



3 – балансирная подвеска, 4 – гидроцилиндр, 5 – рама, 6 – шток,
7 – задняя ось, 11 – передняя ось

Рисунок 1.5 – Схема балансирного узла транспортного средства Патент
Советского Союза № 1572834

В случае разворота тягача на угол, больший α , в узлах балансирной подвески возникают очень большие боковые нагрузки, что ведёт к интенсивному износу шин балансирной подвески и необходимости усиления металлоконструкции данного узла. Для того чтобы сохранить высокую управляемость транспортного средства и устранить отмеченные недостатки, передняя ось балансирной подвески выполнена с возможностью её автоматического подъёма при развороте тягача на угол свыше α .

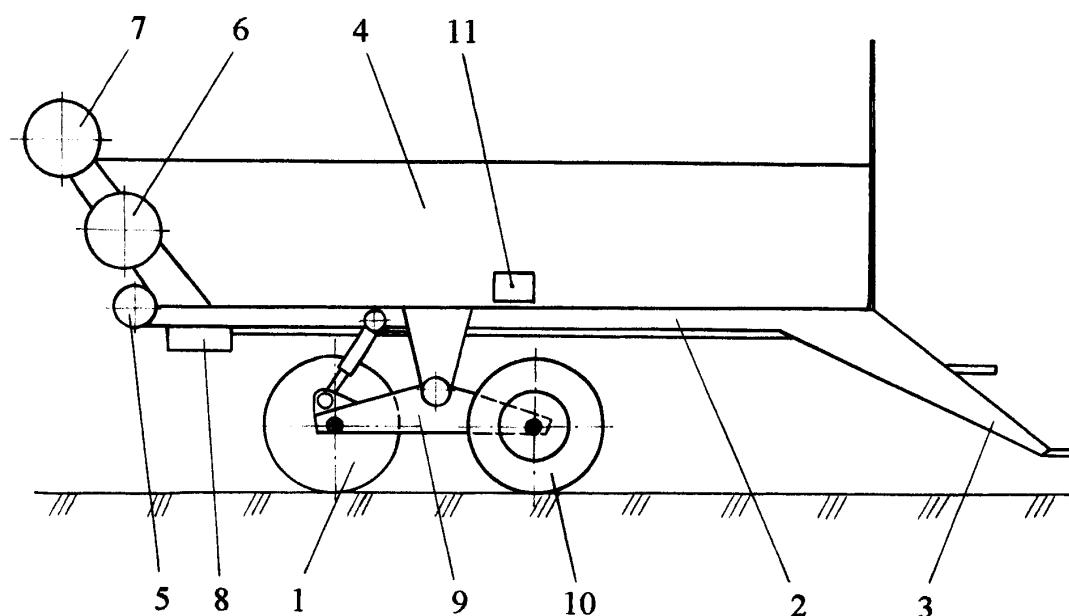
Однако данное транспортное средство не может обеспечивать управление догружающим усилием, а позволяет лишь повысить долговечность и надёжность работы балансирной подвески полуприцепа при повороте тягача на заданный угол.

Предложен разбрасыватель органических удобрений [89] (рис 1.6), позволяющий снизить затраты энергии при внесении органических удобрений и повысить надёжности путем конфигурации догружающего давления на прицепное приспособление трактора.

ТТА в составе трактора и разбрасывателя органических удобрений, устанавливают на специальную линию, отмеченную на поле. Золотник гидрораспределителя трактора переводят из положения «плавающее» в положение «подъем», в этот момент датчик давления находится в положении «заперто» (действует нагрузка от удобрений) и разбрасыватель опирается на все колёса.

Далее начинается процесс внесения органических удобрений. В тот момент, когда масса удобрений снижается до значения перехода датчика в положение «открыто», гидроцилиндры приподнимают передние колеса балансира, что приводит к смещению точки опоры с оси балансира на ось задних колес. Смещение точки опоры даёт возможность увеличить догрузку, действующую от дышла полуприцепа-разбрасывателя на заднюю ось трактора, что в итоге позволяет снизить коэффициент буксования. Остаток удобрений выбрасываются при поднятых передних колёсах балансира..

Работу на холостом ходу полуприцепа-разбрасывателя так же предлагается производить при поднятых передних колёсах балансира, что повысит маневренность ТТА, снизит сопротивление перекачиванию, уменьшает износ шин и шарниров подвески.



1 – ходовая часть, 2 – рама, 3 – дышло, 4 – кузов, 5 – цепочно-планчатый транспортер, 6 – измельчающий барабан, 7 – разбрасывающий барабан, 8 – редуктор, 9 – балансир, 10 – колёса, 11 – подпружиненный датчик давления

Рисунок 1.6 – Общий вид разбрасывателя удобрений Патент России

№ 2278496

Отрицательным моментом в рассмотренном механизме является то, что корректировать догрузку со стороны полуприцепа - разбрасывателя на трактор можно лишь однократно, что не даёт возможности широкого регулирования догрузки ТТА при дальнейшем опорожнении кузова.

1.4. Выводы

В ходе проведённого анализа способов повышения тягово-сцепных свойств тракторов и влияния догрузки гидронавески тракторов со стороны транспортных и транспортно-технологических средств на технико-экономические показатели, а

также технических решений по догрузке гидронавески тракторов со стороны полуприцепов установлено, что:

- увеличение грузоподъёмности ТТА возможно посредством улучшения тягово-сцепных свойств ТТА, наиболее перспективный способ это применение полуприцепов с перераспределением части их веса на сцепное устройство трактора;

- соединение полуприцепа с трактором желательно производить внутри базы трактора, в точке находящейся максимально близко к опорной поверхности

- предлагаемые технические решения по догрузке сцепного устройства трактора со стороны полуприцепов большей частью являются не эффективными в направлении улучшения управляемости ТТА, необходимости изменения или включения дополнительных узлов к сцепному устройству трактора;

- отсутствуют технические решения, обеспечивающее сохранение рационального догружающего усилия на сцепное устройство трактора в процессе загрузки или разгрузки технологической ёмкости.

2. Исследование распределения веса транспортно-технологического агрегата переменной массы по его опорам

При внесении минеральных, органических удобрений, опрыскивании растений, посева сельскохозяйственных культур используются машины: разбрасыватели, опрыскиватели, сеялки, комбайны, оснащенные бункерами, которые выбрасывают или накапливают обрабатываемый материал, что приводит к изменению их массы при выполнении рабочего хода, это в принципе и отличает распределение или сбор материала от процесса обработки почвы. Почвообрабатывающие агрегаты при выполнении работы имеют постоянную массу, а распределяющие или собирающие обрабатываемый материал – переменную.

2.1. Обоснование целесообразности модернизации полуприцепов-разбрасывателей удобрений

Эффективность использования полуприцепного агрегата заключается в возможности сделать трактор грузонесущим, что приведёт к увеличению его сцепного веса и, как следствие, к понижению буксования и часового расхода горючего. Но вследствие того, что вес агрегата переменный, будет переменной и сила, которая его догружает и воздействует на сцепное устройство трактора, а также сила сопротивления перекатыванию. Если говорить о понижении буксования и часового расхода горючего, то необходимо в этом случае сохранить постоянной величину догрузки сцепного устройства трактора. [101].

Рассмотрим процесс распределения органических удобрений полуприцепным агрегатом. У полуприцепного агрегата часть веса полуприцепа перераспределяется на сцепное устройство трактора, причем догрузка сцепного устройства трактора ограничивается несущей способностью шин его задних колес и минимально допустимой нагрузкой передних управляемых колес.

У кузовных разбрасывателей органических удобрений имеется своя специфика работы суть, которой состоит в том, что опорожнение кузова в процессе внесения удобрений выполняется в основном с его передней части что, в конечном счёте, приводит к интенсивному понижению догрузки сцепного устройства трактора. Существует несколько способов позволяющих максимально снизить или исключить понижение догрузки сцепного устройства трактора:

1. Модернизировать разбрасыватель путём разового перемещения балансиров колёс в сторону разбрасывания, а так же дальнейшего подъема передних колес при определённой степени опорожнении кузова.

2. Выполнить размещение распределяющих рабочих органов (битеров) в передней части кузова, в отличие от классической схемы с расположением в задней части, что, как и в предыдущем случае потребует серьезное вмешательство в конструктивно-технологическую схему машины.

3. Осуществлять синхронное смещение колёсного хода в направлении движения удобрений в кузове разбрасывателя, что так же потребует внесения значительных изменений в конструкцию агрегата.

Первый вариант стабилизации догрузки сцепного устройства трактора обладает худшими показателями по сравнению со второй и третьей вариациями, но он требует наименьших затрат как с точки зрения времени, так и с точки зрения технико-экономической реализации, поэтому рассмотрим более подробно первый и второй варианты модернизации полуприцепов-разбрасывателей органических удобрений.

С целью обоснования главных конструктивно-технологических характеристик модернизированного полуприцепа-разбрасывателя необходимо владеть информацией касающейся его паспортных параметров и основных конструктивных характеристик.

В технической характеристике полуприцепов-разбрасывателей не приводятся координаты центра тяжести. Для его определения необходимо знать распределение веса между колесным ходом и прицепным кольцом дышла, что

достигается путем взвешивания левого, правого балансиров и давления на платформу весов прицепного кольца дышла [97]. Затем из уравнения моментов (2.1) относительно точки А (рисунок 2.1) найдем продольную координату центра тяжести полуприцепа-разбрасывателя l_u .

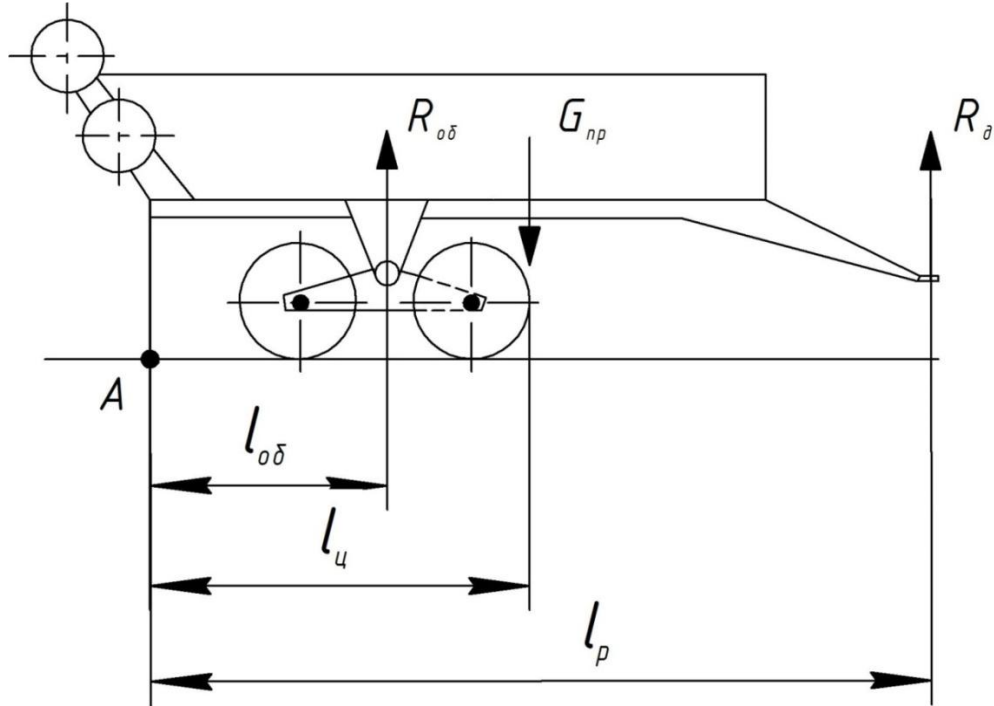


Рисунок 2.1 – Схема сил, действующих на пустой полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений

$$R_{об} \cdot l_{об} + R_{\delta}'' \cdot l_p = G_{np} \cdot l_u \quad (2.1)$$

где, $R_{об}$ - реакция опоры, кН;

R_{δ}'' - реакция со стороны сцепного устройства трактора при пустом полуприцепе-разбрасывателе, кН;

G_{np} - вес пустого полуприцепа-разбрасывателя, кН;

$l_{об}, l_u, l_p$ - расстояние от точки А до точки действия соответствия реакции опоры, центра тяжести и реакции со стороны прицепного устройства трактора, м.

Но $R_{об} = (G_{np} - R_{\delta}'')$,

тогда $(G_{np} - R_{\delta}'') \cdot l_{об} + R_{\delta}'' \cdot l_p = G_{np} \cdot l_u$

откуда
$$l_u = \frac{(G_{np} - R_{\delta}^n) \cdot l_{o\delta} + R_{\delta}^n \cdot l_p}{G_{np}} \quad (2.2)$$

Зная продольную координату центра тяжести полуприцепа-разбрасывателя l_p определим величину догрузки сцепного устройства трактора при полной загрузке кузова разбрасывателя (рисунок 2.2).

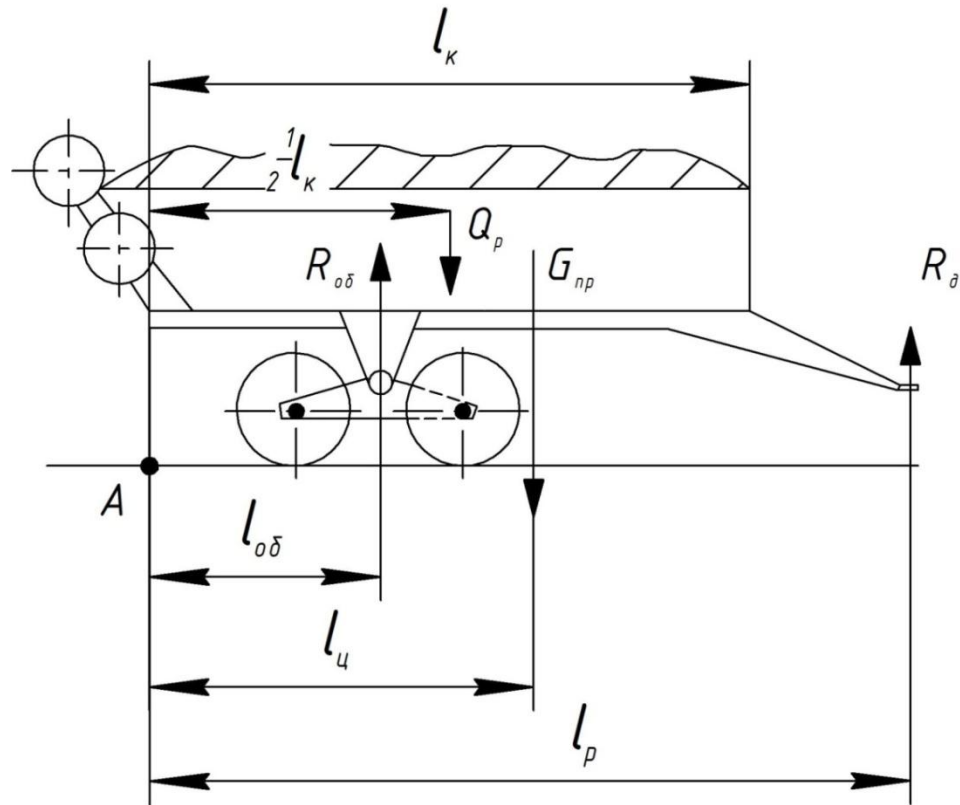


Рисунок 2.2 – Схема сил действующих на загруженный полуприцеп-разбрасыватель (базовый вариант)

Составим уравнение моментов относительно точки А аналогичные уравнению (2.1)

$$(G_{np} + Q_p^H - R_{\delta}^H) \cdot l_{o\delta} + R_{\delta} \cdot l_p = Q_p^H \frac{l_k}{2} + G_{np} \cdot l_u \quad (2.3)$$

Откуда находим

$$R_{\delta}^H = \frac{Q_p^H \frac{l_k}{2} + G_{np} \cdot l_u - (G_{np} + Q_p^H) \cdot l_{o\delta}}{l_p - l_{o\delta}} \quad (2.4)$$

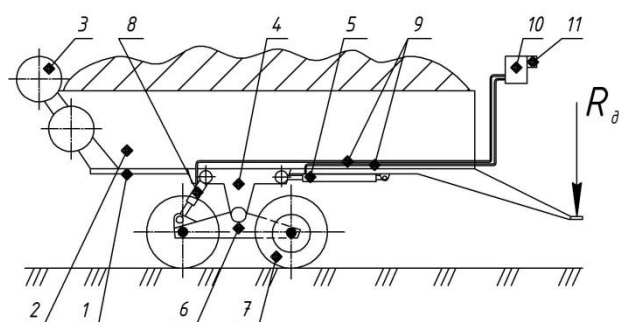
Установленная зависимость (2.4) даёт возможность найти нагрузку со стороны полуприцепа-разбрасывателя на сцепное устройство трактора R_o^H при номинальном значении его грузоподъёмности равной Q_p^H .

2.2. Модернизация полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений

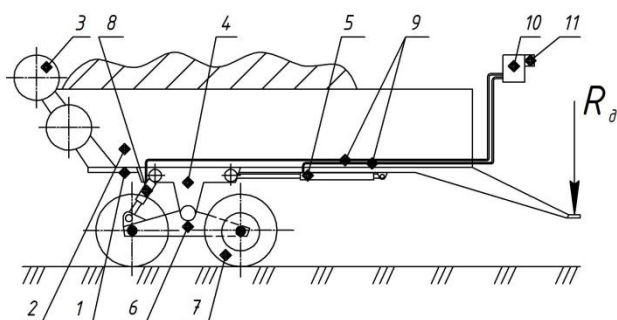
Модернизацию проведем на примере полуприцепа-разбрасывателя типа РОУ-6 грузоподъемностью 6 тонн, который имеет планчатый подающий транспортёр для подачи органических удобрений, а так же для их распределения два горизонтальных бitera являющиеся распределяющими рабочими органами. Суть предлагаемой модернизации будет ясна из рисунка 2.3 и пояснения работы полуприцепа-разбрасывателя [87].

На рисунке 2.3а изображен полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений (вид сбоку); на рисунке 2.3б – полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений со смещёнными назад кронштейнами (вид сбоку); на рисунке 2.3в – полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений со смещёнными назад кронштейнами и поднятыми вверх передними колёсами (вид сбоку); на рисунке 2.4 – принципиальная схема изменения догружающего усилия прицепного устройства трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя от степени опорожнения кузова, где 1, 2, 3 – кривые, характеризующие соответственно базовый вариант, при смещении кронштейнов назад и при одновременном смещении кронштейнов и подъёме вверх передних колёс.

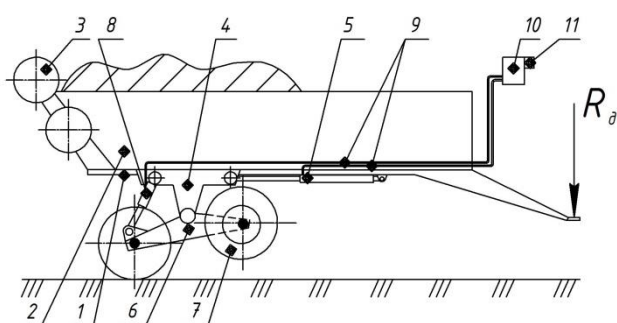
Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений состоит (см. рисунок 2.3) из рамы 1, на которую установлен кузов 2, рабочие органы 3, к нижней части рамы 1 по обе стороны с возможностью продольного перемещения установлены кронштейны 4, причём к их передним частям шарнирно закреплены штоки гидроцилиндров 5, а корпуса гидроцилиндров 5 шарнирно прикреплены к раме 1.



а)



б)



в)

а) полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений (базовый вариант)

б) полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений со смещенными назад кронштейнами (вид сбоку)

в) полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений со смещенными назад кронштейнами и поднятыми вверх передними колесами (вид сбоку)

1- рама; 2-кузов; 3-рабочие органы; 4-кронштейны; 5-гидроцилиндр; 6-балансиры; 7-колеса; 8-гидроцилиндры; 9-гидравлическая арматура; 10-гидрораспределитель; 11-таймер.

Рисунок 2.3 – Конструктивная схема модернизированного полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений

К нижней части кронштейнов шарнирно закреплены балансиры 6, на концах которых установлены колёса 7, причём на задних концах балансиров 6 установлены гидроцилиндры 8, их штоки шарнирно соединены с задними частями кронштейнов 4. Гидроцилиндры 5 и 8 соединены гидравлической арматурой 9 с гидрораспределителем трактора 10, оснащённым таймером 11.

Принцип работы устройства следующий.

Общий вес полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений распределяется по двум опорам: на колёса 7 и прицепное устройство трактора, тем самым увеличивая его сцепной вес на величину R_0 (см. рисунок 2.4), что снижает буксование движителей.

В процессе работы полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений опорожнение кузова 2 начинается с передней его части, вследствие чего центр масс полуприцепа-разбрасывателя смещается назад и, в результате, происходит снижение догрузки R_0 прицепного устройства трактора (рисунок 2.4, отрезок кривой 1), что неминуемо ведёт к росту буксования. При известной грузоподъёмности Q полуприцепа-разбрасывателя, его рабочей ширине захвата B_p , установленной дозы внесения d , рабочей скорости $\mathcal{G}_p$, определяется время t опорожнения кузова 2.

$$t = \frac{Q}{B_p \cdot d \cdot \mathcal{G}_p}, \quad (2.5)$$

где Q - грузоподъёмность полуприцепа-разбрасывателя, кг;

B_p - рабочая ширина захвата, м;

d - доза внесения органических удобрений, кг/м²;

$\mathcal{G}_p$ - рабочая скорость, м/с.

В найденное время t_1 (рисунок 2.4) посредством таймера 11, гидрораспределителя трактора 10, гидравлической арматуры 9, включаются гидроцилиндры 5, что приводит к смещению кронштейнов 4 назад (рисунок 2.3б), в результате чего достигается исходная догрузка R_0 на сцепное устройство

трактора. В процессе продолжающегося снижения органических удобрений в кузове догрузка трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя изменяется по отрезку кривой 2 (см. рисунок 2.4). В расчётное время t_2 , также посредством таймера 11, гидрораспределителя трактора 10 гидравлической арматуры 9 включаются гидроцилиндры 8, что приводит к подъёму передних колёс (рисунок 2.3в) и, в результате вновь достигается исходная догрузка R_0 на сцепное устройство трактора. Дальнейшее убавление органических удобрений в кузове ведёт к уменьшению величины догрузки, характеризуемой отрезком кривой 3 (рисунок 2.4). Точка О показывает, что произошло полное опорожнение кузова полуприцепа-разбрасывателя.

Такая модернизация полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений позволит стабилизировать догрузку прицепного устройства трактора, что приведёт к снижению буксования движителей трактора и, как следствие, уменьшению часового и удельного расхода топлива [100, 103].

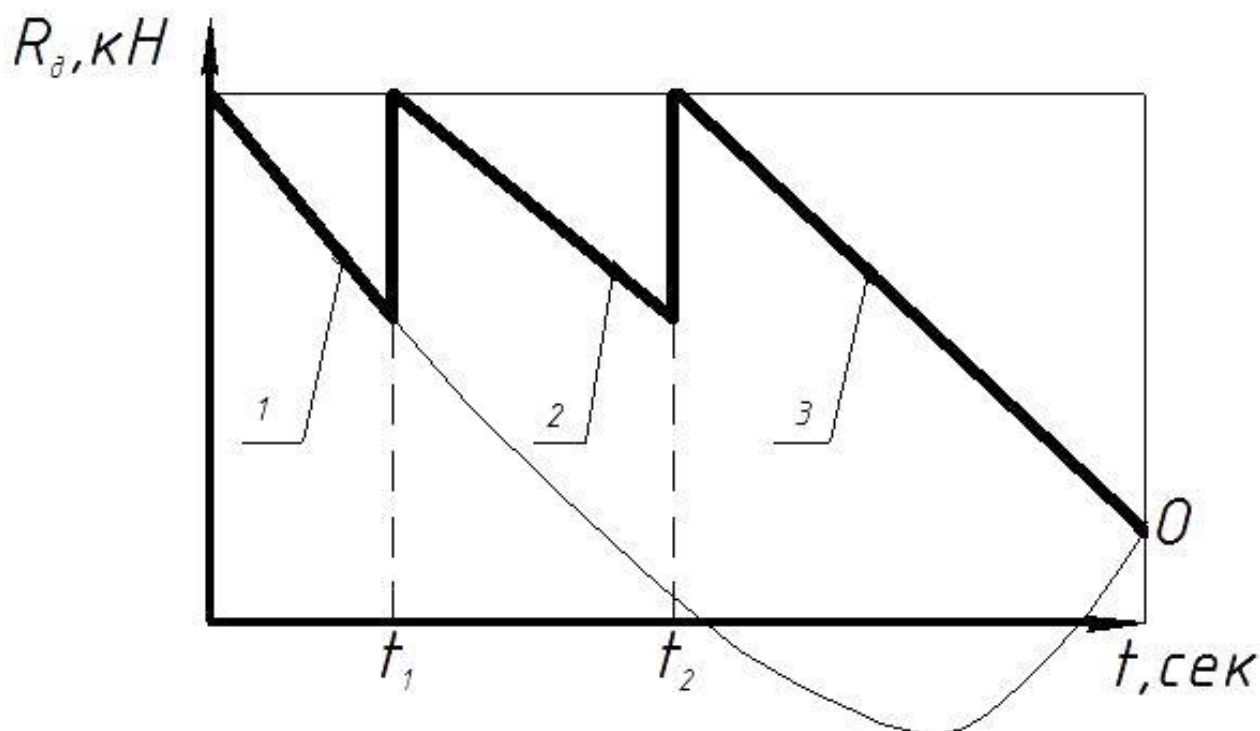


Рисунок 2.4 – Принципиальная схема изменения догружающего усилия сцепного устройства трактора от продолжительности опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя

Приведённая схема показывает, что при такой модернизации не в полной мере достигается стабилизация догрузки сцепного устройства трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя.

2.3 Исследование сил, действующих на полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений при опорожнении кузова (первый вариант модернизации)

Ранее было показано, каким образом происходит изменение сил действующих на полуприцеп-разбрасыватель с непрерывным изменением центра масс [97].

Проанализируем этот процесс с учитывая выше сказанное при:

- не смещённом расположении кронштейнов колесного хода и балансиров полуприцепа-разбрасывателя;
- смещенном назад кронштейне колесного хода;
- смещенном назад кронштейне колесного хода и поднятых передних колесах;

Представим грузоподъемность полуприцепа-разбрасывателя Q_p как произведение

$$Q_p = \frac{Q_p^H}{l_k} \cdot l_k = q \cdot l_k$$

где q - удельный вес груза в кузове полуприцепа-разбрасывателя приходящийся на один метр его длины, кН/м

Для текущего значения веса груза в кузове Q_{pi} его значение будет равно

$$Q_{pi} = \frac{Q_p^H}{l_k} \cdot l_i = q \cdot l_i \quad (2.6)$$

l_i - длина кузова полуприцепа-разбрасывателя, на которой размещен груз весом Q_{pi} .

Представим текущее значение длины кузова полуприцепа-разбрасывателя как произведение

$$l_i = l_k \cdot \lambda$$

здесь λ - доля длины кузова занятая грузом.

Тогда текущее значение веса груза в кузове запишется так:

$$Q_p = l_k \cdot \lambda \cdot q$$

Составим уравнение моментов относительно точки А (см. рисунок 2.2)

$$R_{o\delta} \cdot l_{o\delta} + R_{\delta}^H \cdot l_p = Q_p \frac{l_k}{2} + G_{np} \cdot l_u \quad (2.7)$$

Или

$$(G_{np} + q \cdot l_k \cdot \lambda - R_{\delta}^H) \cdot l_{o\delta} + R_{\delta}^H \cdot l_p = q \cdot l_k \cdot \lambda \cdot \frac{\lambda \cdot l_k}{2} + G_{np} \cdot l_u$$

$$G_{np} \cdot l_{o\delta} + q \cdot l_k \cdot \lambda \cdot l_{o\delta} - R_{\delta}^H \cdot l_{o\delta} + R_{\delta}^H \cdot l_p = l_k^2 \cdot \lambda^2 \cdot \frac{q}{2} + G_{np} \cdot l_u$$

После преобразований

$$l_k^2 \cdot \lambda^2 \cdot \frac{q}{2} - q \cdot l_k \cdot \lambda \cdot l_{o\delta} + G_{np} \cdot (l_u - l_{o\delta}) + R_{\delta}^H \cdot l_{o\delta} - l_p = 0$$

$$A\lambda^2 - B\lambda + C = 0 \quad (2.8)$$

$$\text{где } A = \frac{q}{2} l_k^2; B = q \cdot l_k \cdot l_{o\delta}; C = G_{np} \cdot (l_u - l_{o\delta}) + R_{\delta}^H \cdot l_{o\delta} - l_p \quad (2.9)$$

В условиях, когда не происходит смещения кронштейнов колёсного хода, а все колёса балансира находятся в исходном положении, то решив уравнение (2.8) получим, что $\lambda = 1$.

Как уже было сказано, разгрузка кузова полуприцепа-разбрасывателя выполняется с передней его части.

Как уже ранее отмечалось, опорожнение кузова полуприцепа-разбрасывателя происходит с передней. Для того чтобы восстановить номинальные значения догружающего усилия прицепного устройства трактора

нужно посредством гидроцилиндров 5 (см. рисунок 2.3) переместить кронштейны 4 назад на некоторую заданную $l_{и}$ величину посредством гидроцилиндра 5. Это позволит уменьшить плечо приложения реакции силы, действующей на колесный ход. Решая квадратное уравнение (2.8) при значениях постоянных коэффициентов (2.9) равных

$$A = \frac{q}{2} l_k^2; B = q \cdot l_k (l_{об} - l_{и}) \text{ и } C = G_{np} \cdot (l_{и} + l_{и} - l_{об}) + R_{\delta}^H \cdot l_{об} - l_{и} - l_p$$

где $l_{и}$ - заданная фиксированная величина смещения кронштейнов, м.

и получим значение степени опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя λ_1 , которому соответствует номинальное значение догружающего усилия на прицепное устройство трактора, равного R_{δ}^H . В процессе дальнейшего уменьшения груза в кузове догружающее усилие будет изменяться по другой закономерности, чем оно изменялось в начальный момент (см. рисунок 2.4)

В момент подключения гидроцилиндра 5 (см. рисунок 2.3) в кузове полуприцепа-разбрасывателя количество груза будет равным

$$Q_1 = Q_p \cdot (1 - \lambda_1) \quad (2.10)$$

Это произойдет через промежуток времени t_1 , равный

$$t_1 = \frac{Q_1}{q_p} = \frac{Q_p \cdot (1 - \lambda_1)}{B_p \cdot d \cdot \mathcal{G}_p} \quad (2.11)$$

Здесь q_p - секундная производительность разбрасывателя, кг/с;

B_p - рабочая ширина захвата полуприцепа-разбрасывателя, м;

d - доза внесения органических удобрений на один метр квадратный, кг/м²;

$\mathcal{G}_p$ - рабочая скорость агрегата, м/с;

Продолжающийся процесс разгрузки кузова полуприцепа-разбрасывателя вновь будет создавать условия для снижения догружающего усилия прицепного устройства трактора. Дальнейший рост догрузки до номинального значения R_{δ}^H можно обеспечить путём подъёма передних колес полуприцепа-разбрасывателя

включая гидроцилиндры 8 (рисунок 2.3). В результате, произойдёт сокращение плеча приложения реакции опоры на колесный ход $R_{об}$. Сокращение плеча произойдёт на величину l_z которая равна радиусу колеса полуприцепа-разбрасывателя r_k .

$$l_z = r_k$$

Так как колеса балансиров колесного хода установлены с минимальным зазором относительно друг друга, принимаем его равным нулю.

Степень опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя в момент подъема передних колес должна быть равна λ_2 , ее значения так же находятся из квадратичного уравнения (2.8), при чем значения постоянных коэффициентов (2.9) должны быть равны:

$$A = \frac{q}{2} l_k^2; B = q \cdot l_k (l_{об} - l_{ш} - r_k)$$

$$C = G_{np} \cdot (l_{ш} + r_k + l_{ш} - l_{об}) + R_o^H \cdot l_{об} - l_{ш} - r_k - l_p \quad (2.12)$$

Время включения гидроцилиндров 8 (рисунок 2.3) от начала процесса опорожнения кузова t_2 равно

$$t_2 = \frac{Q_2}{q_p} = \frac{Q_p \cdot (1 - \lambda_2)}{B_p \cdot d \cdot v_p} \quad (2.13)$$

Поскольку время включения гидроцилиндров 5 и 8 (рисунок 2.3) известно, то целесообразно использовать таймер 11 (рисунок 2.3), управляющее звуковым сигналом, который будет подаваться через время t_1 и t_2 , оповещающий тракториста включить гидроцилиндры сначала 5, а затем 8. Возможно автоматизировать процесс перевода соответствующих секций гидрораспределителя 10 (рисунок 2.3) трактора с нейтрального положения в рабочее «на подъем» или «опускание».

Нужно заметить, что подъем передних колес полуприцепа-разбрасывателя возможен тогда, когда вес удобрений оставшийся в кузове и часть веса разбрасывателя, приходящегося на задние колёса не будет превышать несущей способности шин задних колес, т.е.

$$2N_k \geq G_{np} + Q_p^H \lambda_2^* - R_o^H \quad (2.14)$$

Где N_k – несущая способность шины заднего колеса полуприцепа-разбрасывателя, кН;

λ_2^* – доля длины кузова полуприцепа-разбрасывателя с удобрениями перед включением гидроцилиндра 8 (рисунок 2.3).

Откуда находим долю длины кузова полуприцепа-разбрасывателя с удобрением.

$$\lambda_2^* = \frac{2N_k - G_{np} + R_o^H}{Q_p^H} \quad (2.15)$$

Если окажется, что

$$\lambda_2^* < \lambda_2,$$

то включение гидроцилиндров 8 (рисунок 2.3) необходимо осуществлять при степени опорожнения кузова равной $(1 - \lambda_2^*)$.

Таким образом рассмотрен вариант дискретного восстановления исходного значения догружающего усилия прицепного устройства трактора. Схема изменения догружающего усилия от времени разгрузки кузова представлена на рисунке 2.4. Его анализ показывает, что возможность стабилизации сохранения исходного значения догружающего усилия R_o^H не используется в достаточной мере. Проанализируем уравнение (2.8), описывающее изменение догружающего усилия прицепного устройства трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя от степени опорожнения кузова $(1 - \lambda)$ (см. рисунок 2.4).

Важно знать следующие параметры уравнения (2.8):

1. при каком значении λ достигается максимальная разгрузка прицепного устройства трактора?,

2. при каких значениях λ догрузка на прицепное устройство равно нулю?

Приравнявая первую производную функции, (2.8) нулю найдём значение λ^{opt} , когда достигается максимальная разгрузка прицепного устройства трактора, т.е.

$$\frac{\alpha F(\lambda)}{\alpha \lambda} = 0$$

Подставляя в уравнение (2.8) значение λ^{opt} найдём наибольшую разгрузку R_o^0 прицепного устройства, которая будет иметь отрицательное значение, что негативно скажется на буксовании движителей и часовом расходе топлива двигателем трактора.

Значение λ , когда достигается нулевая догрузка на прицепное устройство трактора, также находится из уравнения (2.8), если в зависимости (2.2) значение R_o принять равным нулю.

Рассмотрим вариант, когда распределяющие рабочие органы (битера) установлены в передней части кузова.

2.4. Исследование влияния степени опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений на прицепное устройство трактора при подаче их от заднего борта к переднему (второй вариант модернизации)

На рисунке 2.5 представлена схема полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений с размещением распределяющих рабочих органов в передней части кузова, что предполагает подачу удобрений не назад, а вперед, т.е. опорожнение кузова происходит с задней его части [86, 102].

Составим уравнения моментов сил, действующих на полуприцеп-разбрасыватель относительно точки А (рисунок 2.5) и установим зависимость изменения догружающего усилия на прицепное устройства трактора R_o от степени опорожнения кузова.

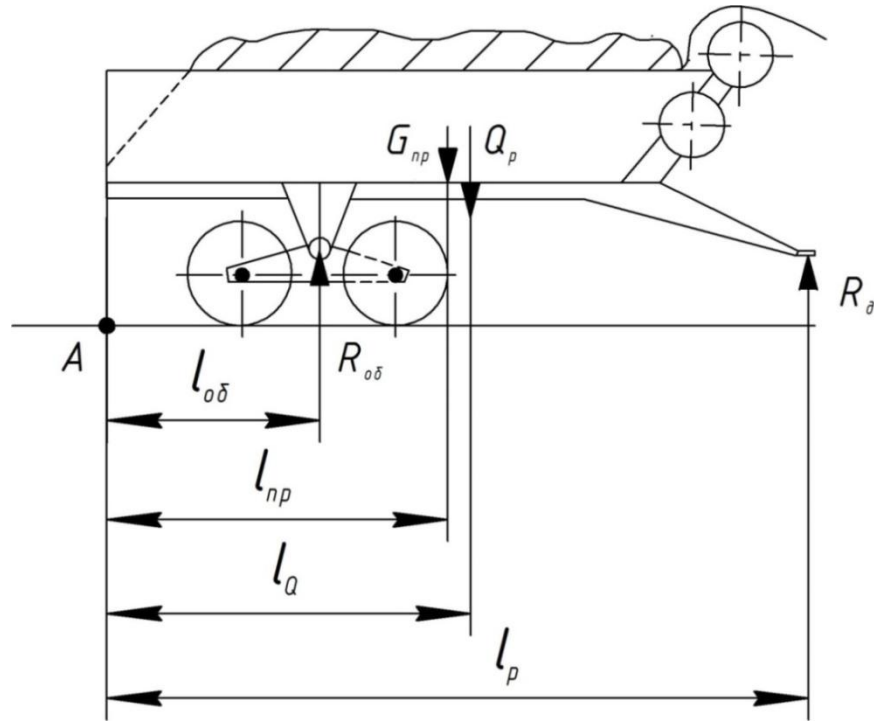


Рисунок 2.5 – Схема сил, действующих на полуприцеп-разбрасыватель при подаче органических удобрений к распределяющим рабочим органам, установленным вместо переднего борта кузова

На рисунке l_Q – плечо приложения силы раной Q_p относительно точки A.

Выражение будет иметь вид аналогичный (2.7) только Q_p представим в виде

$$Q_p = q \cdot l_k (1 - \lambda)$$

Представим значение l_Q выражением

$$l_Q = \frac{1}{2} l_k (1 - \lambda)$$

Тогда зависимость (2.7) примет вид

$$\left[G_{np} + q \cdot l_k (1 - \lambda) - R_{\partial} \right] l_{o\delta} + R_{\partial} l_k = G_{np} \cdot (l_u - l_{o\delta}) + q \cdot l_k \cdot (1 - \lambda) \frac{1}{2} l_k (\lambda + 1) \quad (2.16)$$

После преобразований получаем

$$q \cdot \frac{l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{o\delta} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{np} (l_{o\delta} - l_u) = R_{\partial} \cdot (l_{o\delta} - l_p) \quad (2.17)$$

Откуда

$$R_{\partial} = \frac{q \cdot \frac{l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{об} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{np}(l_{об} - l_{ц})}{(l_{об} - l_p)} \quad (2.18)$$

Здесь l_Q - плечо приложения веса органических удобрений, оставшихся в кузове полуприцепа-разбрасывателя, относительно точки А, м.

Анализ зависимости (2.18) показывает, что догружающее прицепное устройство трактора силы имеет экстремум, это хорошо видно на рисунке 2.6. Максимальное значение $R_{\partial}^{\max}$ несколько выше исходного R_{∂}^u , поэтому следует провести сравнение этих величин и дать оценку управляемости трактора, если управляемость нарушается, необходимо на переднюю часть трактора навесить грузы или уменьшить догружающую прицепное устройство трактора силу путём смещения колёсного хода полуприцепа-разбрасывателя в направлении подачи удобрений в кузове.

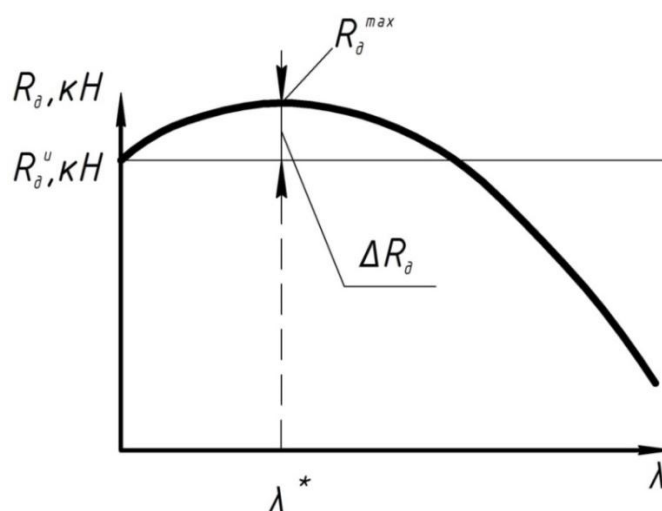


Рисунок 2.6 – Схема изменения догружающего усилия на прицепное устройство трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя от степени опорожнения кузова

Максимальное значение догружающего усилия на сцепное устройство трактора находится по общеизвестной схеме, а именно:

– определяется первая производная функции (2.17) по степени опорожнения кузова λ и приравнивается нулю и устанавливается оптимальное её значение λ^{opt} .

– подставляется в полученное после дифференцирования уравнение значение λ^{opt} и находится максимальная величина догружающего усилия $R_{\delta}^{\max}$.

Превышение догружающего усилия ΔR_{δ} над исходным R_{δ}^u находится как разность

$$\Delta R_{\delta} = R_{\delta}^{\max} - R_{\delta}^u \quad (2.19)$$

Проведем анализ изменения реакции опоры на передние колеса трактора в результате действия на него догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя и крюкового усилия в зависимости от степени опорожнения кузова. На рисунке 2.7 показаны силы, действующие на прицепное устройство трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя. Составим уравнения моментов относительно точки А.

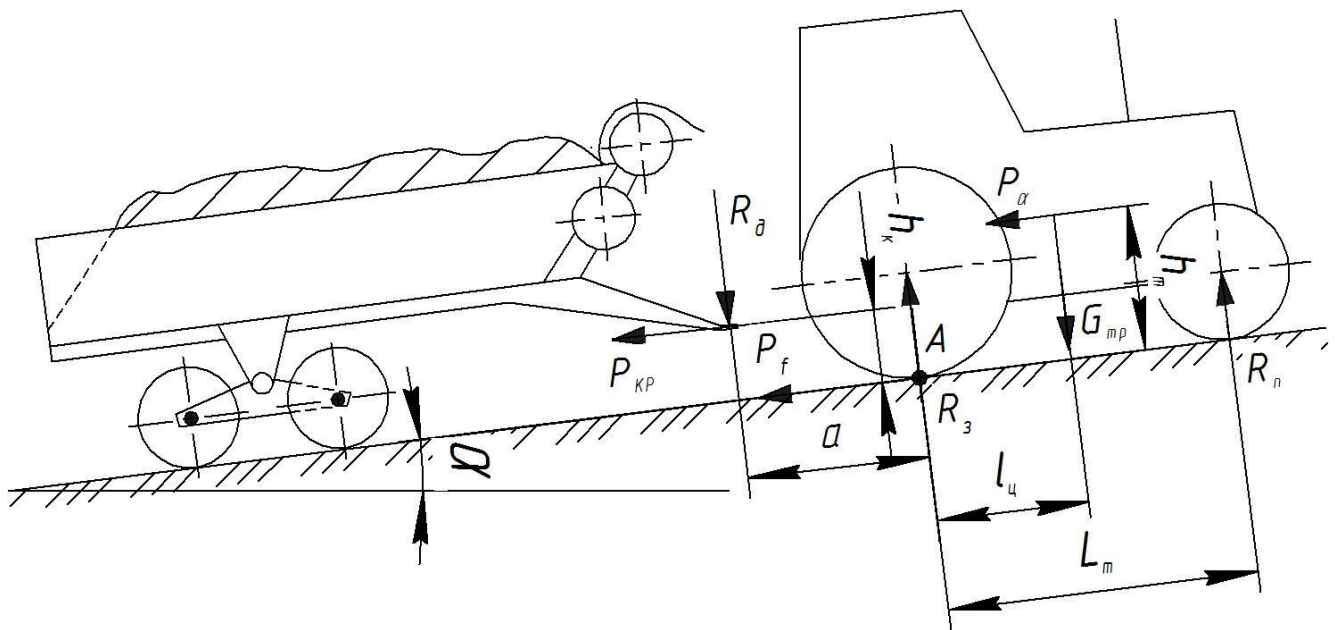


Рисунок 2.7 – Схема сил, действующих на прицепное устройство трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя при движении на подъем при установившейся скорости

$$R_{\delta} \cdot a + P_{кр} \cdot h_k + P_{\alpha} \cdot h_m + P_n \cdot L_m = G_{мп} \cdot \cos \alpha \cdot l_{ц} \quad (2.20)$$

Откуда находим реакцию опоры на передние колеса трактора

$$R_n = \frac{G_{mp} \cdot \cos \alpha \cdot l_u - (R_\delta \cdot a + P_{kp} \cdot h_k + P_\alpha \cdot h_m)}{L_m} \quad (2.21)$$

Где G_{mp} – вес трактора, кН;

P_{kp} – сила сопротивлений передвижения полуприцепа-разбрасывателя, кН;

P_α – сила сопротивления подъема, кН;

l_u – горизонтальная координата центра масс трактора, м;

h_m – вертикальная координата центра масс трактора, м;

h_k – расстояние от опорной поверхности до прицепного устройства трактора, м;

Q_k – горизонтальная координата точки присоединения полуприцепа-разбрасывателя к трактору, м.

В свою очередь сила P_{kp} находятся в зависимости от степени опорожнения кузова разбрасывателя, а именно:

$$P_{kp} = [G_{np} + Q_p(1 - \lambda) - R_\delta] \cdot f \quad (2.22)$$

$$P_\alpha = G_{mp} \cdot \sin \alpha \quad (2.23)$$

Где f – коэффициент сопротивления перекачиванию полуприцепа-разбрасывателя

α – угол подъема агрегата.

Сила, догружающая прицепное устройство трактора R_δ , определяется зависимостью (2.18), являющееся также функцией степени опорожнения кузова разбрасывателя.

Тогда с учётом выражений 2.18, 2.22 и 2.23 зависимость изменения реакции опоры на передние колёса трактора примет вид:

$$R_n = \frac{G_{mp} \cdot \cos \alpha \cdot l_u}{L_m} - \frac{\left(\frac{q \cdot l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{o\delta} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{np}(l_{o\delta} - l_u) \right)}{L_m (l_{o\delta} - l_p)} \cdot a -$$

$$\frac{\left[G_{np} + Q_p(1 - \lambda) - \frac{q \cdot l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{o\delta} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{np}(l_{o\delta} - l_u) \right]}{L_m} \cdot f \cdot h_k -$$

$$\frac{G_{mp} \cdot \sin \alpha \cdot h_m}{L_m} \quad (2.24)$$

Таким образом, реакция опорной поверхности на передние управляемые колёса трактора есть функция грузоподъёмности разбрасывателя, степени опорожнения кузова угла подъёма агрегата и ряда его конструктивных параметров.

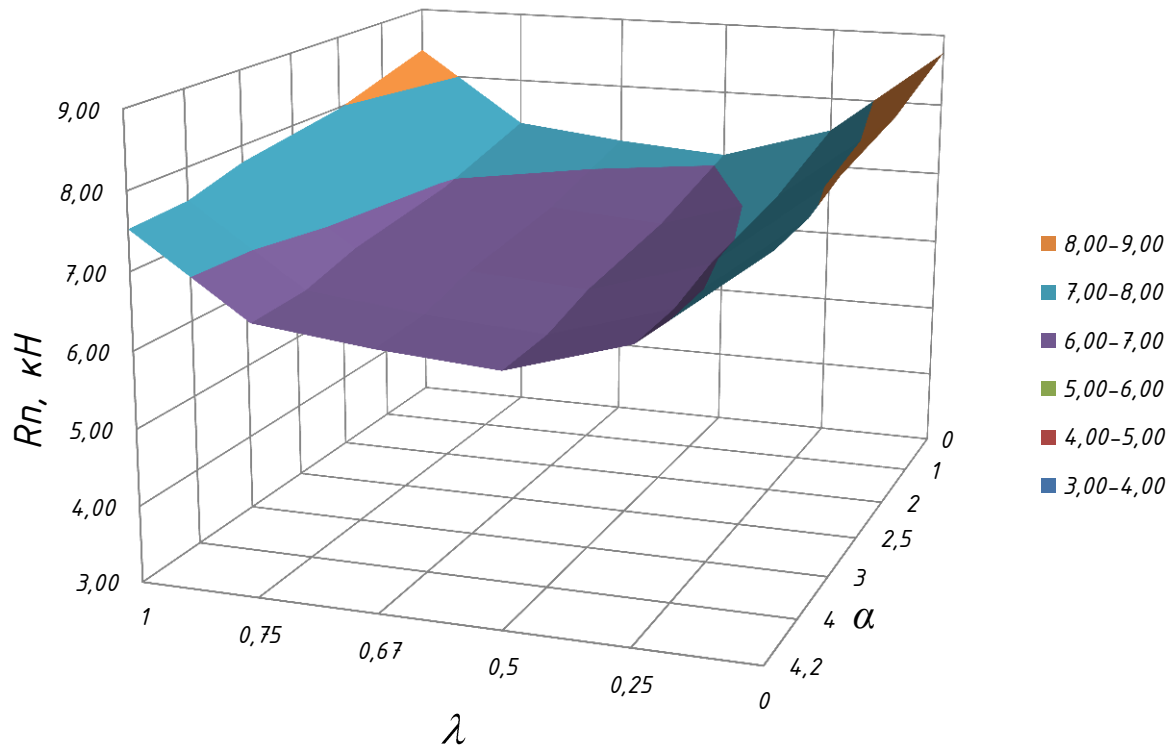


Рисунок 2.8 – Изменение реакции опоры на передние колёса трактора от угла подъёма агрегата α и степени опорожнения кузова λ

Исходя из полученных результатов исследований (рисунок 2.8), можно сделать вывод, что нагрузка на переднюю ось трактора $G_K > 0,2 \cdot G_{TP}$ находится в допустимых пределах при угле склона полей до $4,2^\circ$, причём вероятность появления полей в ЦЧЗ с углом склона более $4,2^\circ$ [45] не превышает 16%.

2.5 Выводы

1. Выполненные исследования позволили предложить ряд способов модернизации полуприцепов-разбрасывателей, обеспечивающие повышение стабилизации догрузки сцепного устройства трактора:

- синхронно смещать колёсный ход в направлении движения удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя;
- в процессе опорожнения кузова увеличивать плечо действия силы тяжести на сцепное устройство трактора со стороны оставшегося количества удобрений;
- осуществлять подачу удобрений к распределяющим рабочим органам, установленным на месте переднего борта кузова (обратная подача удобрений).

2. Два последних способа модернизации полуприцепов разбрасывателей менее затратные и наиболее эффективные, аналитические зависимости, описывающие процесс опорожнения кузова, позволяют определить минимальное и максимальное значение догружающего усилия на сцепное устройство трактора, а так же установить степень опорожнения кузова, когда догружающее усилие равно нулю.

3. Установлено, что при подъёме трактора МТЗ-80 с модернизированным полуприцепом-разбрасывателем РОУ-6 на подъём реакция опоры на передние колёса трактора будет находиться в допустимых пределах при углах склона не превышающих $4,2^\circ$, причём количество полей в ЦЧЗ с углом склона более $4,2^\circ$ не превышает 16%.

3. Программа и методика проведения экспериментальных исследований

С целью обеспечения решения поставленных задач необходимо выполнить следующие:

1. Определить в статике закономерность изменения догрузки со стороны полуприцепа-разбрасывателя на сцепное устройство трактора при разгрузке кузова назад и вперёд.
2. Определить буксование и часовой расход топлива трактора при разгрузке кузова назад и вперёд для количества груза в кузове 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0 тонн при движении агрегата по полю.
3. Определить буксование и часовой расход топлива при движении агрегата по грунтовой дороге при гружённом и пустом полуприцепе разбрасывателя.
4. Определить буксование и часовой расход топлива при движении разбрасывателя на задних колёсах по полю и грунтовой дороге, когда в кузове груз не будет превышать предельную на них нагрузку.
5. Определить буксование и часовой расход топлива при движении агрегата в холостую по грунтовой дороге при поднятых передних колёсах разбрасывателя.
6. Дать оценку условиям проведения эксперимента (фон поля, уклон, твёрдость почвы, её влажность).

3.1. Определение закономерности изменения догрузки со стороны полуприцепа-разбрасывателя на сцепное устройство трактора

В работе предусматривается проведение исследования на примере тракторного транспортно-распределительного агрегата МТЗ-80+РОУ-6 грузоподъёмностью 6 тонн.

Минимальное значение экспериментальных точек, необходимое для установления закономерности процесса разгрузки кузова равно пяти, поэтому при проведении исследований мы должны получить шесть значений догрузки сцепного устройства трактора, имитируя процесс опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя при внесении органических удобрений. Поэтому на днище кузова полуприцепа-разбрасывателя наносим пять делений отстоящих на равном расстоянии одно от другого. Измерение габаритов полуприцепа-разбрасывателя и его разбиение на равные участки производим при помощи лазерного дальномера Leica Disto A5 (точность измерений $\pm 2,0$ мм, дальность до 200 м) (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 - Лазерный дальномер (рулетка) Leica Disto A5

Полуприцеп-разбрасыватель устанавливаем на ровную площадку, под опору его снорки устанавливаем весы (платформенные ВСП4-3000А, до 3т) (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 - Весы платформенные ВСП4-3000А

Затем порционно укладываем в кузов груз (мешки с песком по 50 кг), причём при исследовании влияния степени разгрузки кузова на догрузку прицепного устройства трактора когда подача удобрений осуществляется назад, первую порцию груза q_0 равную $q_0 = \frac{Q_p}{6}$ размещаем в шестом отсеке кузова, т.е. в задней его части (рисунок 3.3). После чего фиксируем на весах значение догружающего усилия на прицепное устройство трактора. Затем укладываем вторую порцию груза в пятый отсек кузова разбрасывателя и проводим определение догрузки прицепного устройства трактора. В такой последовательности определяем догрузку прицепного устройства трактора при загрузки четвёртого, третьего, второго и первого отсеков кузова полуприцепа-разбрасывателя.



Рисунок 3.3 – Размещение груза в шестом отсеке кузова

При проведении данного эксперимента необходимо соблюдать технику безопасности, заключающуюся в том, что при укладке порций груза в 6 отсек кузова полуприцепа-разбрасывателя возможно опрокидывание его назад, поэтому под раму кузова в месте крепления распределяющих рабочих органов (битеров) необходимо установить два упора.

При установлении закономерности изменения догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя на сцепное устройство трактора, когда подача органических удобрений будет осуществляться вперёд, разгрузку кузова осуществляют в обратной последовательности, т.е. сначала из кузова выгружают порцию груза из шестого отсека, затем пятого и так далее до полного опорожнения, фиксируя при этом на весах значение догружающего усилия.

3.2. Подготовка полуприцепа-разбрасывателя к проведению полевых исследований

Во втором разделе диссертационной работы дан анализ изменения догружающего усилия на прицепное устройство трактора при исходных параметрах полуприцепа-разбрасывателя, когда колёсный ход смещается на некоторую величину назад и для условий если колёсный ход полуприцепа-разбрасывателя смещается назад, а передние колёса поднимаются, т.е. движение его осуществляется на задних колёсах. Реализовать модернизацию полуприцепа-разбрасывателя по первому варианту, в не заводских условий крайне сложно, поэтому мы ограничиваемся модернизацией полуприцепа-разбрасывателя по второму варианту, когда поднимаются передние колёса, без смещения колёсного хода назад. Для этого изготавливаются два упора длиной большей на 70-100 мм расстояния от заднего конца балансира до ближайшей поперечной балки рамы разбрасывателя. Концы упоров оснащаются фиксирующими элементами (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Концы упоров оснащённые фиксирующими элементами

Упоры устанавливаются следующим образом: полуприцеп-разбрасыватель устанавливают на ровную (желательно горизонтальную) площадку, под передние концы балансиров последовательно устанавливают домкрат (рисунок 3.5) и поднимают их вверх на величину 100-120 мм при этом расстояние между задними концами балансиров и поперечной балкой рамы полуприцепа-разбрасывателя увеличатся на такую же величину. После этого устанавливают упоры и убирают домкрат.

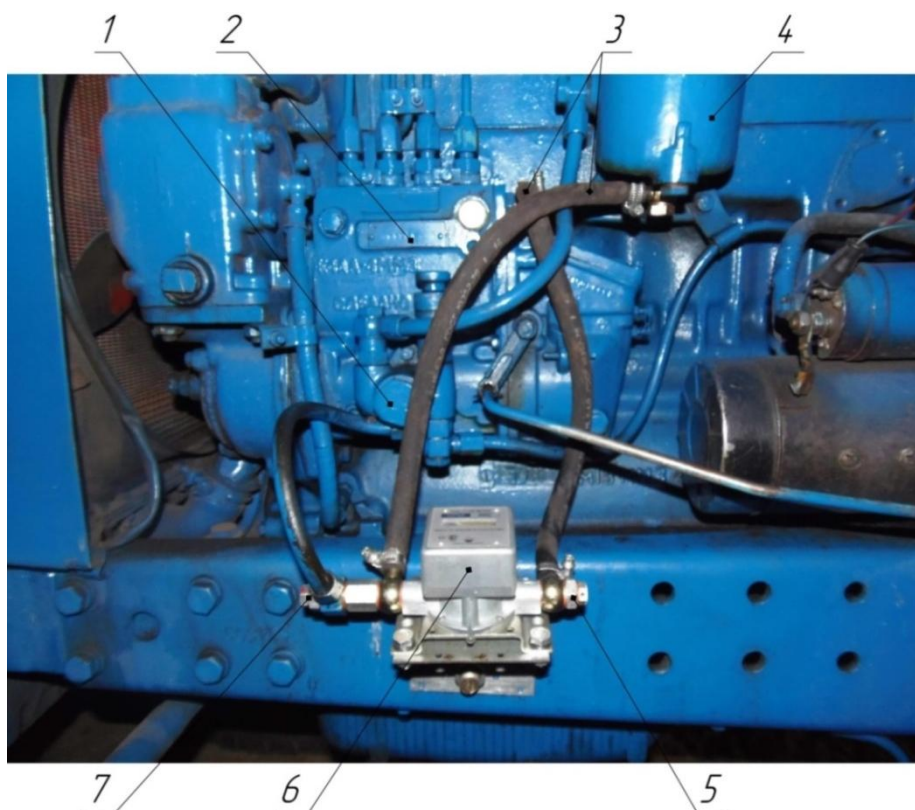


Рисунок 3.5 – Установка домкрата под передний конец балансира

Эксперимент по определению догружающего усилия, расхода топлива двигателем, буксование движителей трактора при такой модернизации полуприцепа-разбрасывателя позволит подтвердить или опровергнуть целесообразность такой модернизации полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений.

3.3. Определение часового расхода топлива двигателем трактора

Для нахождения часового расхода топлива в топливную систему двигателя трактора МТЗ-80 был установлен расходомер DFM 50С (рисунок 3.6).



1 – помпа; 2 – ТНВД; 3 – топливопроводы; 4 – фильтр тонкой очистки; 5 – перепускной клапан; 6 – расходомер DFM 50С; 7 – обратный клапан

Рисунок 3.6 -, Установленный в топливную систему двигателя трактора МТЗ – 80.1 расходомер DFM 50С

Данный расходомер работает по принципу преобразования в численность электрических импульсов того объёма протекающего топлива, который проходит через него за определённый промежуток времени. Расходомер работает на батарейках, которые встроены непосредственно в него.

В ходе установки расходомера в топливную систему трактора необходимо выполнить несколько этапов:

1. Произвести определение состояния трактора.
2. Выполнение непосредственно монтажа.

3. Оценка работоспособности расходомера.

Первый этап производится в две стадии:

а) Необходимо завести мотор и произвести его испытание как на холостом ходу от 5 до 10 минут, так и в двигательном режиме в течении того же промежутка времени. Работа мотора должна быть равномерной, без потери мощности.

б) Далее необходимо осмотреть все элементы топливной системы на наличие не герметичности

Если замечаний на первом этапе не возникло, разрешается переходить к монтажу расходомера.

Во время работ по монтажу устройства нужно следовать определённым правилам:

1. Элементы топливной системы трактора должны быть не защищены от наружных разрушающих факторов.

2. Не допускается допускать изгиб элементов топливной системы, т.к. будет нарушена её пропускная способность.

3. Присоединение элементов топливной системы на трактор обязательно производиться при помощи стяжек 0,5м.

4. По причине температурных колебаний гибкие элементы топливной системы обязательно должны быть выбраны с запасом.

5. По возможности следует избегать установки расходомера на частях топливной системы с вибрационным и тепловым воздействием.

6. Выполняя соединение элементов нужно тщательно наблюдать за чистотой соединительных элементов.

7. В местах где необходимо уплотнение разрешается применять исключительно уплотнительные шайбы и поставляемого комплекта.

8. Элементы топливной системы выполненные из резины требуется крепить хомутами нужного диаметра с применением поворотных угольников.

9. В заключительной стадии монтажа следует обратить внимание на наличие воздуха в элементах системы и при необходимости его удалить.

Так же необходимо уделить особое внимание объёму передаваемого через расходомер топлива, он должен точно соответствовать объёму который потребляет мотор.

С целью уменьшения дополнительного воздействия на топливную систему DFM смонтирован по схеме «на давление» (рисунок 3.7).

Из рисунка 3.7 чётко видно, что расходомер расположен за фильтром тонкой очистки. Расходомер является промежуточным звеном между фильтром тонкой очистки и топливным насосом высокого давления.

Как говорилось ранее, очень важным является вопрос обеспечения правильного учёта горючего, для выполнения данного требования нужно изменить точку поступления лишнего горючего обратно в топливную систему.

С этой целью необходимо внести небольшое конструктивное изменение в схему, такие как перенос перепускного клапана, с топливного насоса на участок находящийся между помпой и расходомером (как правило на фильтр тонкой очистки). Если не произвести данное изменение, то ошибка опыта по фиксированию расхода топлива увеличится от 3 до 6 раз.

Конечно же, в зависимости от погодных или других факторов трактор потребляет разные объёмы горючего [57, 82, 122].

Часовой расход топлива G_q , л/ч, можно определить по формуле [107]:

$$G_q = 0,7 \cdot R \cdot N \quad (3.1)$$

где R - удельный расход топлива, гкВт/ч;

N - мощность двигателя, л. с.

На потребление топлива оказывает влияние множество факторов, некоторые более существенные (качество дорожного покрытия), а другие менее существенные (погодные условия), в итоге потребление варьируется от 8,5 до 13 л/ч [105, 107].

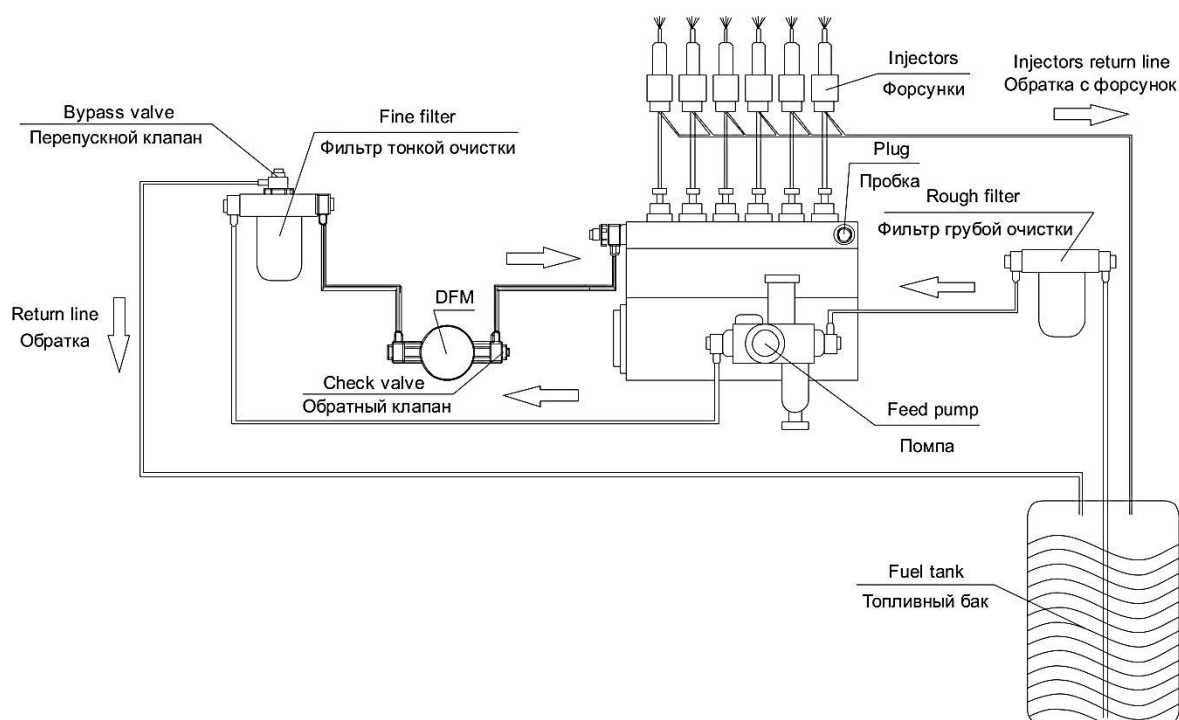


Рисунок 3.7 – Применяемая схема установки DFM 50С на «давление»

Оценка часового расхода топлива происходила на поле УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО БелГАУ им. В.Я. Горина, п. Майский, Белгородская область.

Прежде чем производилась оценка расхода топлива, была выполнена разметка участка на поле. Для разметки применялся курвиметр ADA Wheel 100 Digital, с его помощью были отсчитаны 200 м в разных направлениях. Разметка по 200 м производилась на поле, а на дороге с грунтовым покрытием произведён замер участка дороги протяжённостью 2000 м с применением спутниковой навигации и программы NAVITEL произвели замер участка дороги с грунтовым покрытием протяжённостью 2000 м.

На размеченных по 200 м участках (туда и обратно) фиксировался часовой расход топлива (G_q , л/ч) и число оборотов ведущих колёс трактора (n_o) при проведении каждого варианта опыта.

3.4. Определение буксования движителей трактора

Буксования движителей трактора МТЗ-80 фиксировалось при работе ТТА МТЗ-80+РОУ-6 на деформируемом грунте (продискованная стерня зерновых) и грунтовой дороге при всех вариантах опытов

Вес пустого полуприцепа – разбрасывателя равен 19,57 кН, номинальная грузоподъемность – 58,84 кН. Эксперимент проводился на поле УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО БелГАУ им. В.Я. Горина, п. Майский, Белгородская область.

В качестве груза использовался песок затаренный в мешки по 50 ± 1 кг. Расфасовку песка производили на платформенных весах ВСП4-3000А.

Буксование движителей трактора определяли по формуле:

$$\delta = \left(1 - \frac{200}{n_d \cdot l} \right) \quad (3.1)$$

где n_d - число импульсов датчика, шт;

l - длина дуги на ободе колеса, соответствующая одному импульсу датчика, м.

Длина дуги на ободе колеса равна:

$$l = \frac{\pi \cdot D_k}{K_{\text{болтов}}} \quad (3.2)$$

где D_k - диаметр ведущего колеса трактора, м;

$K_{\text{болтов}}$ - число выступов (болтов) на полуоси трактора, шт.

Измерение величины буксования движителей трактора выполняли на размеченном ранее участке протяжённостью 200 м во встречных направлениях. Как уже было отмечено, разметка поля выполнялась, курвиметром (рисунок 3.8). Фиксация позиции начала и конца производилась с помощью стрелки – отвеса, а фиксация измеренных данных на дисплее.



Рисунок 3.8 - Электронное дорожное измерительное колесо (курвиметр) ADA Wheel 100 Digital

Для вычисления буксования по формуле (3.1) необходимо экспериментально определить среднее число оборотов ведущего колеса для участка размеченного на поле и участка проходящего по дороге с грунтовым покрытием.

С целью избежать большой погрешности измерений при выполнении опыта следует чётко контролировать параметры:

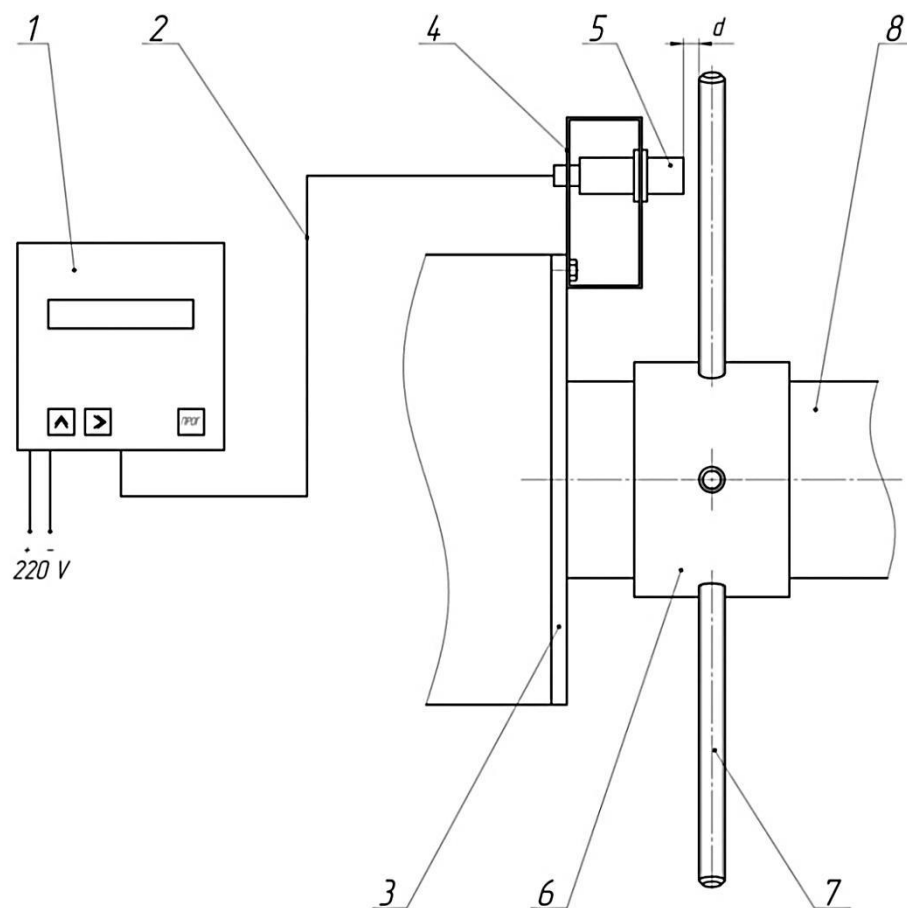
1. $n_{дв}$ - частоту вращения коленчатого вала двигателя, об/мин;
2. n_o - число оборотов ведущего колеса трактора, шт;
3. t - время движения трактора на проходимом участке, с.

Контроль частоты вращения коленчатого вала производился по тахоспидометру. Необходимо было постоянно удерживать частоту вращения коленчатого вала в пределах 2200 об/мин. Данная частота вращения удерживается

на пятой передаче при скорости движения равной 10 км/ч, что полностью соответствует агротехнологическим требованиям.

Для фиксации числа оборотов ведущего колеса трактора на размеченных участках применялся счётчик импульсов СИ 8 и индуктивный датчик Autonics PRCM18-8DN (рисунок 3.9).

Нужная точность измерения числа оборотов соответствует ГОСТ 7057-81 [32] и составляет 0,2 оборота колеса. На полуось при поддержке хомута из полосовой стали зафиксировали пять симметрично расположенных стержней относительно центра вращения колеса.



1 - микропроцессорный счетчик импульсов СИ 8; 2 – соединительный кабель; 3 - крышка рукава полуоси; 4 – корпус-держатель индуктивного датчика; 5 - индуктивный датчик Autonics PRCM18-8DN; 6 – хомут; 7 – стержни; 8 - полуось трактора

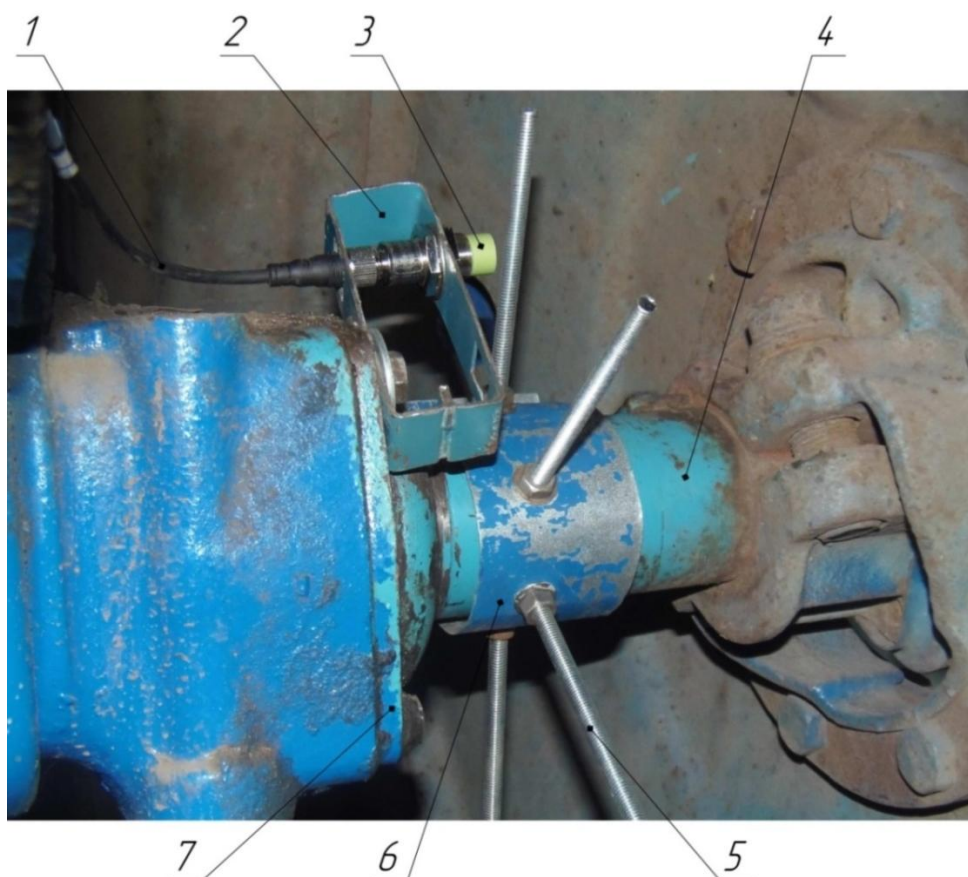
Рисунок 3.9 - Принципиальная схема счетчика числа оборотов колеса

Применяемый счётчик комплектуется элементами приведёнными на рисунке 3.9. Микропроцессорный счетчик импульсов 1 подсоединен к индуктивному датчику 5 кабелем 2. Сам индуктивный датчик 5 установлен в корпусе-держателе 4, который прикреплён на крышке рукава полуоси 3. На полуоси 8 установлен хомут 6 с закрепленными на нём стержнями 7. Крепление индуктивного датчика производится как можно ближе к стержням, но не задевая их (оптимальное значение $d=8$ мм).

Счетчик импульсов оборота колеса, смонтированный на тракторе МТЗ-80, представлен на рисунке 3.10.

Принцип работы счётчика следующий.

Для запуска в работу счётчик импульсов необходимо подключить к источнику бесперебойного питания, так как у нет встроенных элементов питания. Данный фактор необходимо учитывать заранее. Чтобы прекратить работу счётчика его просто необходимо отсоединить от источника бесперебойного питания, т.е. для начала отсчёта производим подключение к источнику, а для окончания соответственно отсоединяем от источника питания. В результате все данные сохраняются, поэтому при необходимости нового отсчёта необходимо выполнить его сброс. В процессе передвижения трактора по полю или дороги с грунтовым покрытием происходит вращение полуоси, а прикреплённые к ней стержни будут один за другим проходить через индуктивный датчик, который обладает чувствительностью к металлическим элементам. В итоге происходит срабатывание датчика. Срабатывание сопровождается индикацией и в момент срабатывания сигнал по кабелю передаётся на счётчик импульсов. Принцип работы непосредственно самого микропроцессорного счётчика достаточно прост, он просто складывает подаваемые на его вход импульсы. Результаты отображаются на экране счётчика.



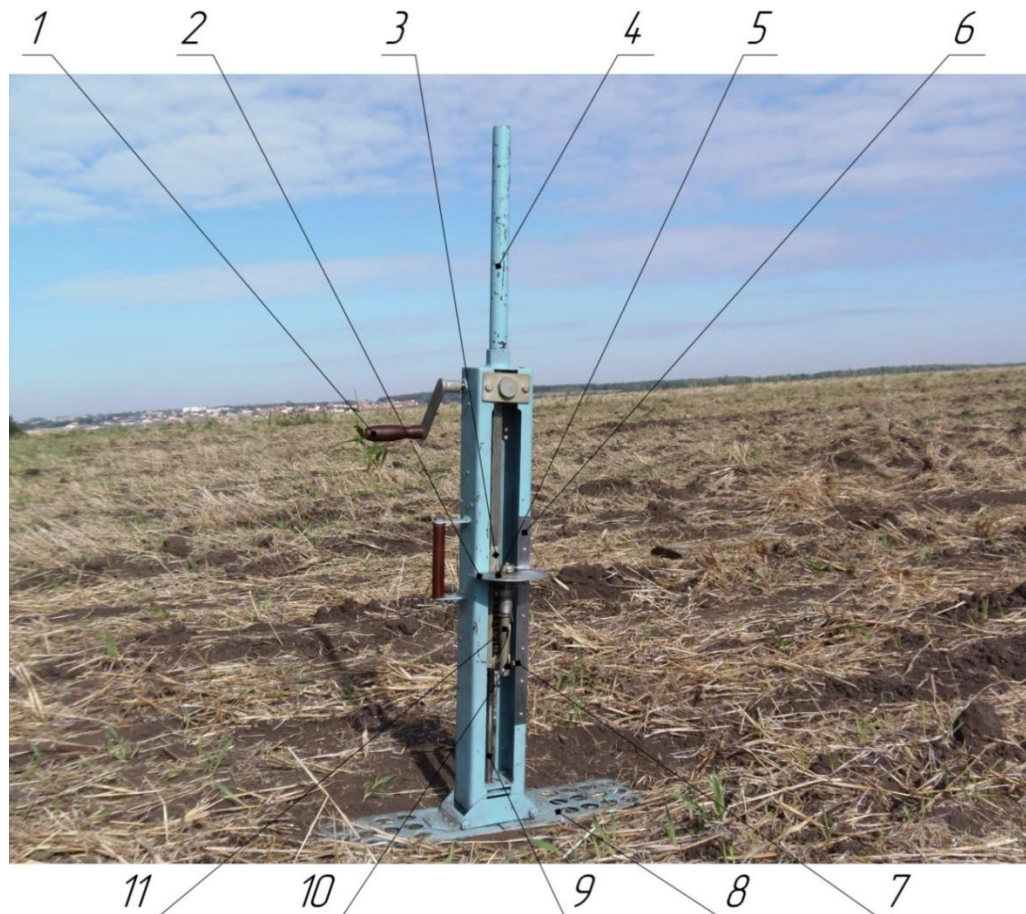
1 – соединительный кабель; 2 – корпус-держатель индуктивного датчика; 3 – индуктивный датчик Autonics PRCM18-8DN; 4 – полуось трактора; 5 – выступы; 6 – хомут; 7 – крышка рукава полуоси

Рисунок 3.10 - Счетчик импульсов оборота колеса, установленный на трактор МТЗ-80

Результаты исследований представлены в приложении.

3.5. Оценка фона поля

Твердость почвы на поле определяли устройством ИП 232 РЭ (рисунок 3.11) по методике ГОСТ 20915-2011.



1 – рукоятка; 2 – шкала усилий; 3 – стакан; 4 – чехол; 5 – стрелка; 6 – измерительная линейка; 7 – указатель глубины; 8 – откидные упоры; 9 – штанга; 10 – шпилька; 11 – валик винтовой

Рисунок 3.11 – Прибор для измерения твердости почвы ИП 232 РЭ

Твердомер используется, следующим образом: необходимо установить устройство на размеченном участке поля, далее стоя на откидных упорах 8

Прибором ИП 232 РЭ пользуются следующим образом: установить прибор опорной площадкой на выбранный для опыта участок почвы. Стоя на откидных упорах 8, держась за головку чехла 4, медленно вращая приводную рукоятку 1 по часовой стрелке начать заглубление в почву штанги 9 с плунжером.

Как только подастся звуковой сигнал нужно прекратить вращение рукоятки 1 и произвести запись показателя стрелки 5. Значение стрелки показывает максимальную твердость почвы на данном отрезке погружения плунжера. Далее отводим стрелку в нулевое положение, и продолжать заглублять плунжер.

Закончив опыт вращая рукоятку 1 нужно вернуть штангу 9 в первоначальное положение. Далее по тому же принципу производится замер твёрдости других участков почвы.

Влажность почвы 9 %, определялся в соответствии с ГОСТ 20915-2011.

Учёт атмосферных и климатических показателей не производился.

Влажность воздуха 38 %.

Характеристика фона поля: стерневой фон с поверхностной обработкой почвы дисками; поперечный уклон 2°; тип почвы – чернозем.

3.6 Выводы

Анализ схемы дискретного изменения догружающего усилия сцепного устройства трактора и выполненные предварительные расчёты продолжительности опорожнения кузова показали, что при грузоподъёмности полуприцепа-разбрасывателя 6 т, дозе внесения органических удобрений 30 т/га, ширине захвата 5 м и скорости движения 3 м/с она не превышает 2,5 минуты, поэтому в целях подтверждения гипотезы о снижении буксования движителей трактора и часового расхода топлива двигателем при восстановлении исходного значения догружающего усилия сцепного устройства трактора модернизация полуприцепа-разбрасывателя была проведена лишь в части подъёма его передних колёс, т.к. реализация перемещения кронштейнов колёсного хода вдоль рамы, к которым крепятся балансиры, является затратным по средствам и времени.

Исследование влияния изменения направления подачи органических удобрений от заднего борта кузова к переднему на сцепное устройство трактора осуществлено путём последовательной его разгрузки.

4. Результаты экспериментальных исследований и обоснование режима корректирования догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя РОУ-6 на трактор

Во второй главе рассмотрены вопросы изменения догружающего усилия на прицепное устройство трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя для трёх вариантов:

1. Подача органических удобрений осуществляется к распределяющим рабочим органам, установленным в задней части кузова (базовый вариант).
2. Базовый вариант, но осуществляется однократное корректирование исходного значения догружающего усилия на сцепное устройство трактора.
3. Подача органических удобрений осуществляется в обратном направлении, т.е. когда рабочие органы установлены вместо переднего борта (предлагаемый вариант-обратная подача).

4.1. Изменение догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя на сцепное устройство трактора при подаче органических удобрений по базовому варианту

Проведённые исследования в стационарных условиях позволили получить зависимость изменения догружающего усилия прицепного устройства трактора [95] (рисунок 4.1) откуда видно, что теоретическая кривая, построенная по выражению (4.1) и экспериментальная практически совпадают, ошибка опыта не превышает 2,95% (приложение А).

$$R_o(\lambda) = \frac{l_k^2 \cdot q}{2 \cdot (l_p - l_{об})} \cdot \lambda^2 - \frac{l_k \cdot q \cdot l_{об}}{l_p - l_{об}} \cdot \lambda + \frac{G_{np} \cdot (l_u - l_{об})}{l_p - l_{об}} \quad (4.1)$$

Исследуем на экстремум выражение (4.1).

$$\frac{dR_o(\lambda)}{d(\lambda)} = 0 \quad \text{или} \quad \frac{l_k^2 \cdot q}{2 \cdot (l_p - l_{об})} \cdot 2 \cdot \lambda - \frac{l_k \cdot q \cdot l_{об}}{l_p - l_{об}} = 0$$

Откуда находим значение степени опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя когда достигается максимальное значение разгружающего усилия, действующее на прицепное устройство трактора.

Установлено - максимум разгрузки достигается при $\lambda^{onm} = 0,33$, т.е. когда в кузове разбрасывателя остаётся количество груза равное $Q_0^{onm} = \lambda^{onm} \cdot Q = 0,33 \cdot 6 = 2$ т.

Подставляя в выражение (4.1) значение $\lambda^{onm} = 0,33$ найдём максимальную величину разгружающего усилия, оно равно $R_0^{max} = -2,33 кН$.

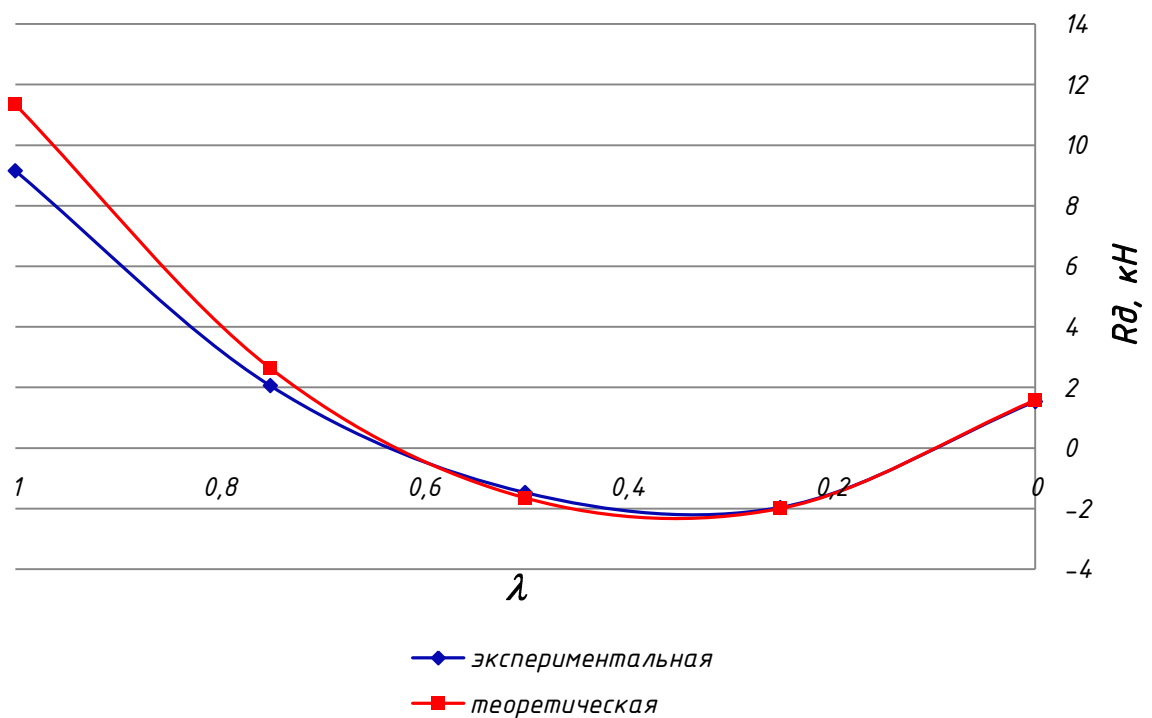


Рисунок 4.1- Изменение догружающего усилия на сцепное устройство трактора от степени опорожнения кузова (базовый вариант)

Нулевое значение догружающего усилия на сцепное устройство трактора, т.е. когда полуприцеп становится прицепом достигается при двух значениях степени опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя, определим их. Для этого необходимо выражение (4.1) приравнять нулю, а именно

$$\frac{l_k^2 \cdot q}{2 \cdot (l_p - l_{об})} \cdot \lambda^2 - \frac{l_k \cdot q \cdot l_{об}}{l_p - l_{об}} \cdot \lambda + \frac{G_{np} \cdot (l_u - l_{об})}{l_p - l_{об}} = 0 \quad (4.2)$$

и решить квадратное уравнение (4.2), в результате получаем два значения степени опорожнения кузова, когда полуприцепной агрегат становится прицепным, это происходит при $\lambda_1 = 0,623$ и $\lambda_2 = 0,0804$, т.е. когда в кузове находится соответственно 3,738 и 0,482 тонны органических удобрений.

Как выше было показано обеспечение номинальной догрузки равной $R_o^H = 10,86 \text{ кН}$ достигается путём подъёма передних колёс разбрасывателя, в результате чего изменяются расстояния приложения сил веса пустого полуприцепа-разбрасывателя и оставшегося количества органических удобрений в кузове до точки присоединения дышла к сцепному устройству трактора на величину радиуса колеса разбрасывателя.

Установлено, что подъём передних колёс полуприцепа-разбрасывателя, когда будет обеспечиваться исходное значение догружающего усилия целесообразно осуществлять при количестве удобрений в кузове равном $Q = 4,36$ тонны, т.е. при степени опорожнения кузова $\lambda = \frac{6 - 4,36}{6} = 0,273$, но несущая способность задних колёс разбрасывателя не превышает $2 \cdot 16,67 \text{ кН}$, поэтому расчёты по формуле (2.14) показывают, что подъём передних колёс полуприцепа-разбрасывателя возможен при количестве груза в кузове равном $Q^* = 2,5$ тонны.

4.2. Изменение догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя на сцепное устройство трактора при подаче органических удобрений от заднего борта кузова к переднему

В рассматриваемом случае опорожнение кузова происходит с задней его части, поэтому количество груза, находящегося в кузове за осью балансиров, не уравнивается таким же количеством груза находящегося перед осью балансира, в результате чего центр тяжести груза, оставшегося в кузове, смещается вперёд ближе к сцепному устройству трактора, а это ведёт к возрастанию догружающего усилия [77] (рисунок 4.2). Сходимость теоретических

(4.3) и экспериментальных данных высокая, ошибка опыта не превышает 3,92% (приложение Б).

Исследуем на экстремум зависимость (4.3) по λ

$$R_{\partial} = \frac{q \cdot \frac{l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{об} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{np}(l_{об} - l_{\psi})}{(l_{об} - l_p)} \quad (4.3)$$

$$\frac{dR_{\partial}(\lambda)}{d(\lambda)} = 0 \text{ или } \frac{q \cdot \frac{l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{об} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{np}(l_{об} - l_{\psi})}{(l_{об} - l_p)} = 0$$

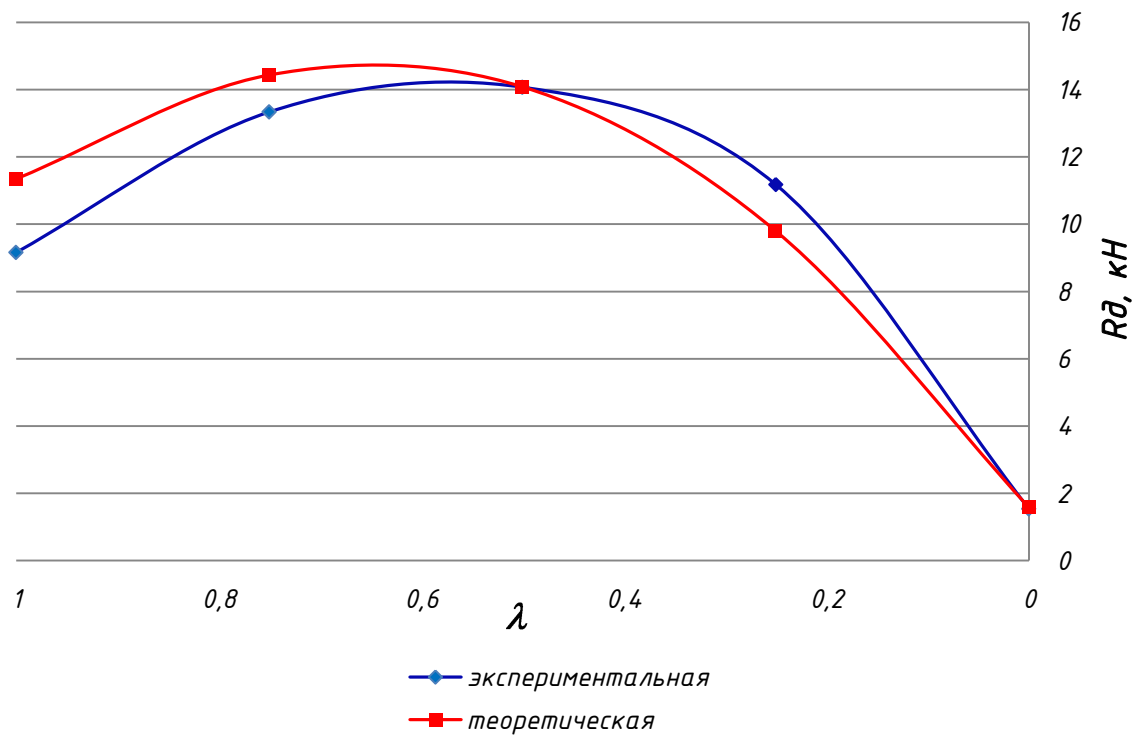


Рисунок 4.2- Изменение догружающего усилия на сцепное устройство трактора при подаче органических удобрений от заднего борта кузова к переднему

Расчёты показывают, что максимальное значение догружающего усилия без учёта влияния крюкового усилия и силы сопротивления подъёму равно 14,75 кН, оно достигается при степени опорожнения кузова λ равном 0,67. При этом догружающее усилие превышает номинальное значение на величину ΔR_{∂} равную

$$\Delta R_{\partial} = R_{\partial}^{max} - R_{\partial}^H = 14,75 - 10,86 = 3,89 \text{ кН} \quad (4.4)$$

Такое превышение номинального значения может нарушить управляемость трактора, если угол подъёма будет превышать $4,2^{\circ}$, но такие поля используются в качестве пастбищ или для выращивания многолетних трав, где органические удобрения не вносятся, причём доля таких полей не превышает 16%.

4.3. Анализ результатов полевых исследований процесса опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений РОУ-6

4.3.1. Сравнительная оценка расхода топлива при прямой и обратной подаче органических удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя

Как уже ранее отмечалось при разгрузке кузова полуприцепа-разбрасывателя непрерывно идёт изменение догружающего усилия на прицепное устройство трактора и снижение силы сопротивления на крюке, поэтому аналитически сложно определить изменение часового расхода топлива и буксование двигателей от степени опорожнения кузова, т.е. часовой расход топлива и буксование двигателей определяем экспериментальным путём [76, 77, 104]. Результаты экспериментальных исследований проведённых в соответствии с изложенной выше методикой представлены в приложении Б и на рисунке 4.3.

Как следует из рисунка 4.3 часовой расход топлива при традиционной подаче органических удобрений к распределяющим рабочим органам (базовый вариант) выше чем при обратной. Это, видимо является результатом меньшего буксования трактора (рисунок 4.5), т.к при традиционной подаче органических удобрений догружающее усилие на сцепное устройство трактора приобретает не только нулевое значение при двух значениях количества груза в кузове, но и существенное отрицательное значение, достигающее 2,33 кН

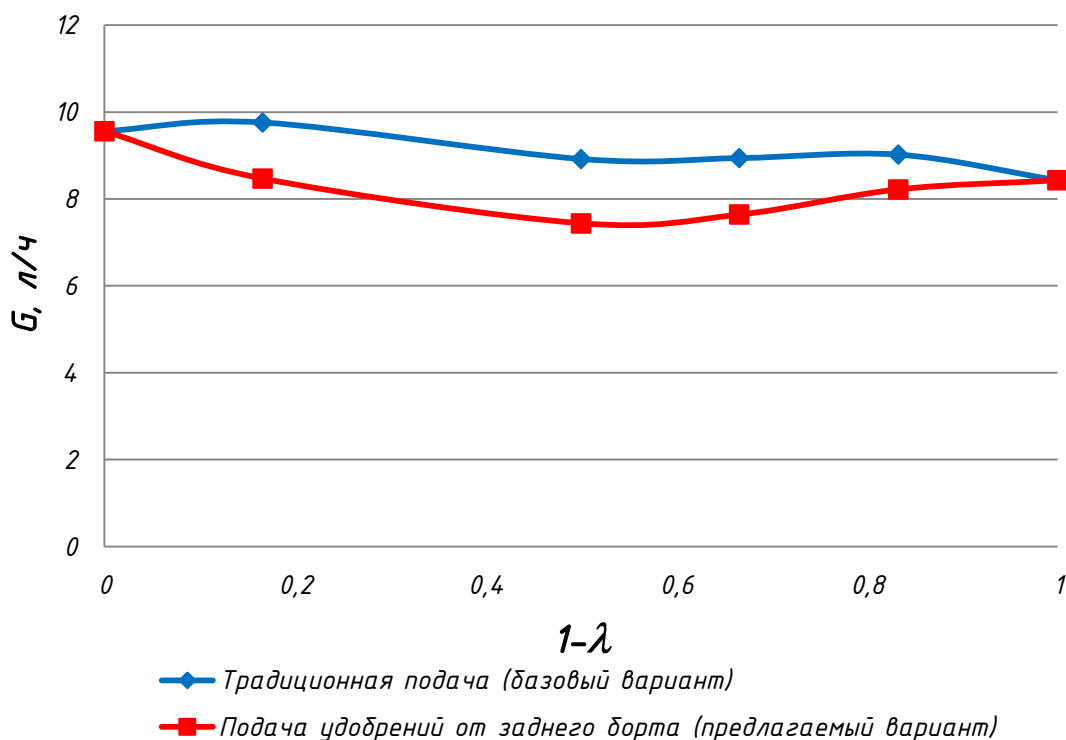


Рисунок 4.3- Изменение часового расхода топлива от степени опорожнения кузова

Площадь между кривыми, характеризующими часовой расход топлива трактором при традиционной подаче удобрений и подаче от заднего борта кузова в определённом масштабе представляет собой экономию топлива за период разгрузки кузова полуприцепа-разбрасывателя. Полученные кривые описаны полиномами 4 степени:

– при традиционной подаче удобрений

$$G_T = -28,14\lambda^4 + 56,014\lambda^3 - 34,507\lambda^2 + 5,5006\lambda + 9,5607$$

достоверность аппроксимации $R^2 = 0,9998$

– при обратной подаче удобрений от заднего борта

$$G_T = -14,15\lambda^4 + 23,191\lambda^3 - 3,6983\lambda^2 - 6,4656\lambda + 9,5575$$

достоверность аппроксимации $R^2 = 0,999$

Поэтому экономия топлива за время разгрузки одного кузова, составит:

$$\Delta G = \int_0^1 (-28,14\lambda^4 + 56,014\lambda^3 - 34,507\lambda^2 + 5,5006\lambda + 9,5607)d\lambda -$$

$$- \int_0^1 (-14,15\lambda^4 + 23,191\lambda^3 - 3,6983\lambda^2 - 6,4656\lambda + 9,5575)d\lambda = 1,126 \text{ л / ч}$$

Кривые, характеризующие часовой расход топлива двигателем при опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя традиционным способом и когда при соответствующей степени опорожнения подняты его передние колёса, представлены на рисунке 4.4, где видно, что такой приём позволяет снизить часовой расход топлива при распределении оставшейся части органических удобрений [103].

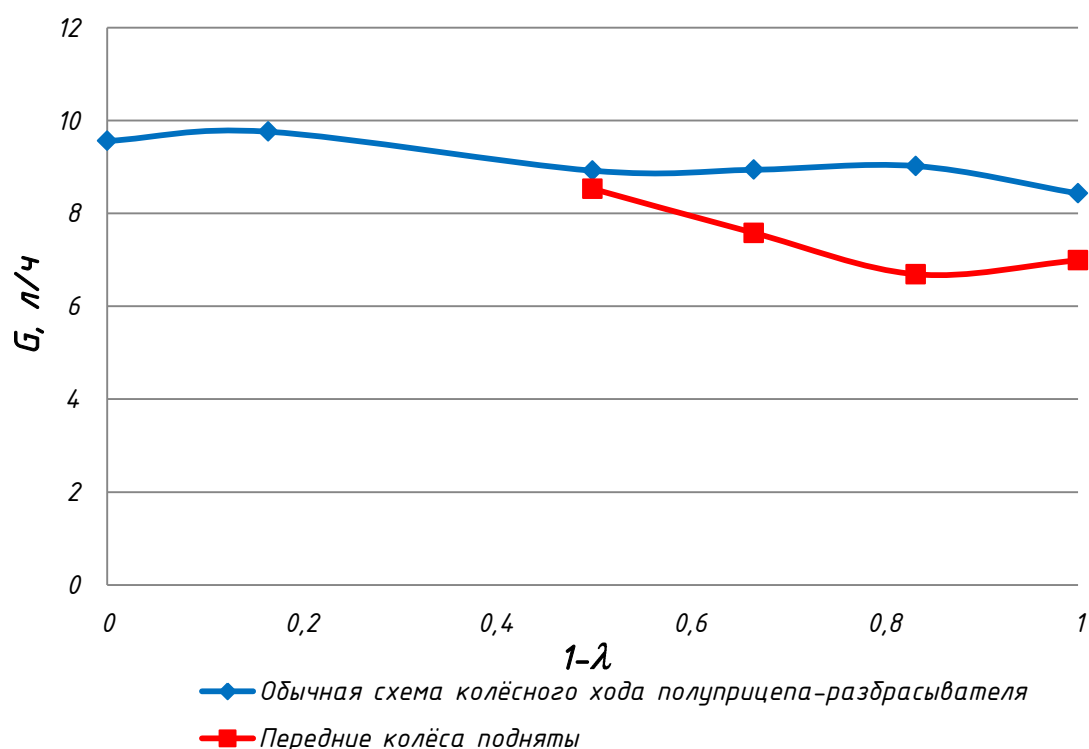


Рисунок 4.4- Изменение часового расхода топлива от степени опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя (базовый вариант)

Площадь между кривыми на рисунке 4.4 так же показывает величину экономии топлива. Полученные кривые хорошо описываются полиномами 4 и 3 степени:

– базовая схема колёсного хода полуприцепа-разбрасывателя

$$G_T = -28,14\lambda^4 + 56,014\lambda^3 - 34,507\lambda^2 + 5,5006\lambda + 9,5607$$

достоверность аппроксимации $R^2 = 0,9998$

– передние колёса полуприцепа-разбрасывателя подняты

$$G_T = 40,305\lambda^3 - 79,389\lambda^2 + 45,469\lambda + 0,6047$$

достоверность аппроксимации $R^2 = 1$

Кроме этого экспериментально установлено, что движение агрегата МТЗ-80+РΟΥ-6 по полю и грунтовой дороге вхолостую с передними поднятыми колёсами полуприцепа-разбрасывателя эффективнее. Экономия топлива в этом случае составляет 0,8 л/ч [103].

На основании изложенного можем сделать вывод, что в целях экономии часового расхода топлива целесообразно подачу органических удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя, осуществлять от заднего борта к переднему, а движение агрегата по полю и грунтовой дороге вхолостую выполнять с поднятыми передними колёсами.

4.3.2. Сравнительная оценка буксования при традиционной подаче и подаче органических удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя от заднего борта к переднему

Параллельно с исследованием расхода топлива двигателем трактора по всем вариантам указанным в программе исследований (глава 3), сделана сравнительная оценка буксования движителей. Отдельные результаты представлены на рисунке 4.5 и 4.6. Характер изменения буксования трактора от степени опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя не противоречит изменению часового расхода топлива.

Для того чтобы оценить изменение буксования движителя трактора в процессе разгрузки кузова полуприцепа-разбрасывателя опишем экспериментальные данные приведённые на рисунке 4.5 и 4.6 полиномами:

– при традиционной подаче удобрений (базовый вариант)

$$\delta_1 = -32,765\lambda^4 + 52,898\lambda^3 - 28,25\lambda^2 + 2,2879\lambda + 7,1829$$

$$R^2 = 0,9991$$

– при подаче удобрений от заднего борта к переднему (предлагаемый вариант)

$$\delta_2 = -19,996\lambda^4 + 29,5\lambda^3 - 13,01\lambda^2 - 2,3331\lambda + 7,1865$$

$$R^2 = 0,9998$$

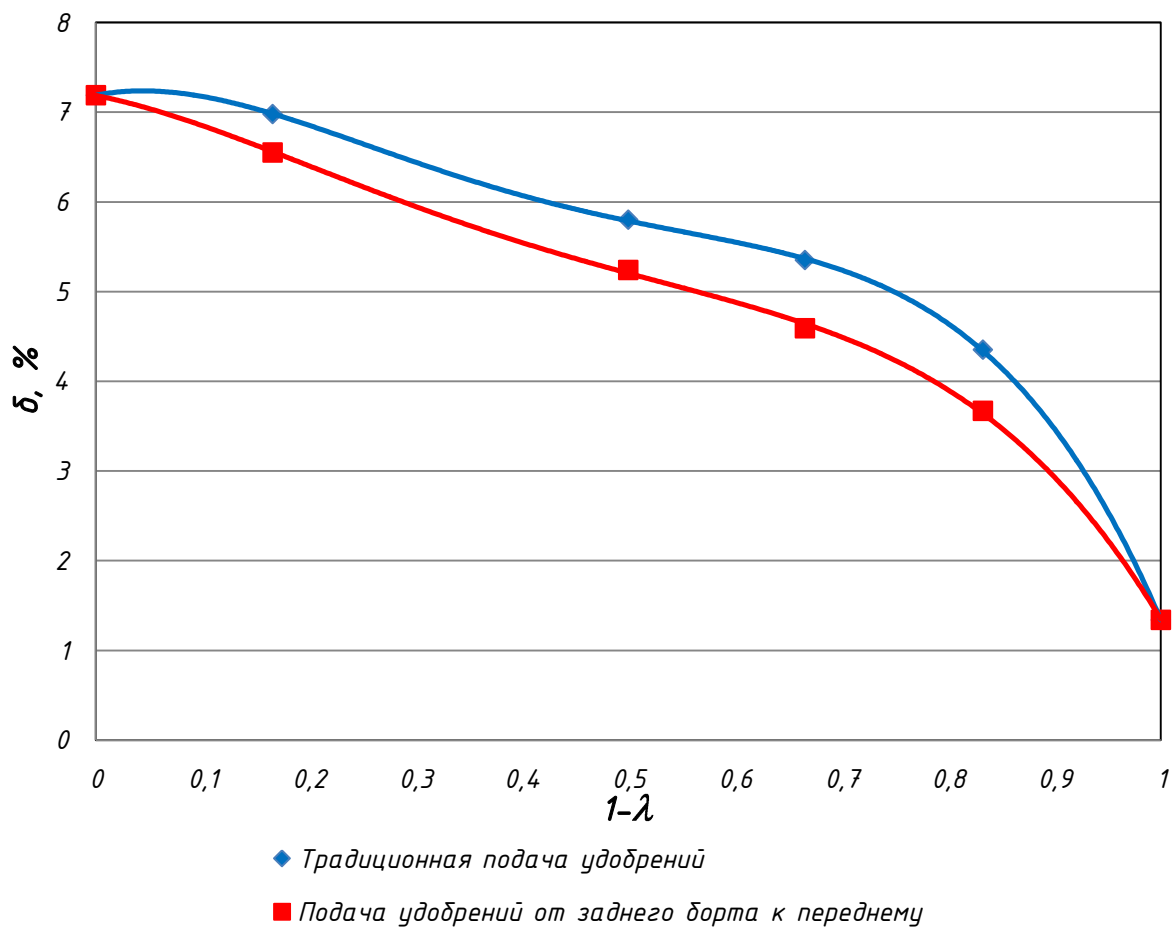


Рисунок 4.5- Изменение буксования трактора от степени опорожнения кузова

Для одного и другого случая среднее значение буксования найдём путём интегрирования полученных выражений в диапазоне $\lambda = 0 \div 1$, т.е.

$$\bar{\delta}_\delta = \int_0^1 (-32,765\lambda^4 + 52,898\lambda^3 - 28,25\lambda^2 + 2,2879\lambda + 7,1829) d\lambda = 5,582\% \quad (4.5)$$

$$\bar{\delta}_{np} = \int_0^1 (-19,996\lambda^4 + 29,5\lambda^3 - 13,01\lambda^2 - 2,3331\lambda + 7,1865)d\lambda = 5,059\% \quad (4.6)$$

Величину снижения буксования трактора за период времени разгрузки кузова найдём как разность.

$$\Delta\delta = \bar{\delta}_{\bar{o}} - \bar{\delta}_{np} = 0,523\% \quad (4.7)$$

Т.е. модернизация разбрасывателя путём перестановки распределяющих рабочих органов на место переднего борта позволит снизить буксование трактора и, как следствие, увеличить рабочую скорость агрегата на величину равную $\Delta\mathcal{G}_p$.

Скорость определяется зависимостями:

– для традиционной разгрузки кузова

$$\mathcal{G}_{\bar{o}} = \mathcal{G}_m (1 - \bar{\delta}_{\bar{o}}), \quad (4.8)$$

где $\mathcal{G}_{\bar{o}}$ - рабочая скорость агрегата по базовому варианту, м/с;

$\mathcal{G}_m$ - теоретическая скорость агрегата по базовому варианту, м/с;

$\bar{\delta}_{\bar{o}}$ - среднее значение буксования трактора, %.

– для разгрузки кузова от заднего борта

$$\mathcal{G}_{np} = \mathcal{G}_m (1 - \bar{\delta}_{np}), \quad (4.9)$$

где $\mathcal{G}_{np}$ - рабочая скорость агрегата по предлагаемому варианту, м/с;

$\bar{\delta}_{np}$ - среднее значение буксования трактора по предлагаемому варианту, %.

Выразим значение теоретической скорости из выражения (4.8).

$$\mathcal{G}_m = \frac{\mathcal{G}_{\bar{o}}}{(1 - \bar{\delta}_{\bar{o}})}, \quad (4.10)$$

И подставим выражение (4.9) в выражение (4.10), тогда

$$\mathcal{G}_{np} = \frac{\mathcal{G}_{\bar{o}}}{(1 - \bar{\delta}_{\bar{o}})} \cdot (1 - \bar{\delta}_{np}). \quad (4.11)$$

Следовательно, в предполагаемом варианте рабочая скорость агрегата вырастит на величину равную:

$$\Delta g_p = \frac{(1 - \bar{\delta}_{np})}{(1 - \bar{\delta}_u)} = \frac{(1 - 0,05)}{(1 - 0,056)} = 1,006 \quad (4.12)$$

Изменение рабочей скорости агрегата в рассматриваемом случае составляет 0,6 %, т.е. находится в пределах ошибки опыта.

4.4 Выводы

1. Анализ изменения догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя на сцепное устройство трактора в зависимости от величины опорожнения кузова показал, что:

- у базового варианта при количестве удобрений в кузове от 3,74 т до 0,48 т догружающее усилие приобретает отрицательное значение, максимальная разгрузка сцепного устройства трактора равная 2,33 кН, достигается, когда в кузове остаётся 2 тонны органических удобрений;

- корректировку догружающего усилия, с целью доведения его до исходного значения путём подъёма передних колёс полуприцепа-разбрасывателя, необходимо проводить при количестве груза в кузове равном 4,36 т, а по условиям несущей способности шин задних колёс – при 2,5 тонны;

- когда подача органических удобрений осуществляется от заднего борта кузова к переднему, где установлен распределяющий рабочий орган, догружающая сцепное устройство трактора сила имеет положительное значение, причём в начальный момент опорожнения кузова она возрастает и достигает максимума, равного 14,75 кН при степени опорожнения равном $\lambda = 0,67$, т.е. когда в кузове находится 4 тонны удобрений, превышение над исходным значением составляет 3,89 кН, сходимость теоретических и экспериментальных данных высокая, ошибка опытов не превышает 4%.

2. Установлено что с увеличением степени опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя буксование трактора снижается с 7 % до 1,2% как при традиционной подаче (подача удобрений от переднего борта), так и при

подаче удобрений от заднего борта. Зависимость буксования от степени опорожнения кузова описывается полиномом четвёртой степени при показателе тесноты связи близкой единице. Среднее значение буксования по рассматриваемым вариантам за период опорожнения кузова соответственно равны: 5,582 и 5,059 %.

5. Эффективность использования модернизированного полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений

5.1. Характеристика условий применения полуприцепов-разбрасывателей

Органические удобрения, в частности подстилочный навоз, вносят с применением кузовных полуприцепов-разбрасывателей по прямоточной, перевалочной и перегрузочной технологиям.

Прямоточная технология включает следующие технологические операции: погрузку навоза на площадке при животноводческой ферме в кузов полуприцепа-разбрасывателя; транспортировку по профилированным или просёлочным дорогам до поля; транспортировку по полю до места начала распределения; распределение навоза до полного опорожнения кузова; выезд агрегата на край поля, движения агрегата вхолостую к месту погрузки.

Особенность перевалочной технологии внесения навоза заключается в том, что технологический процесс расчленяется на транспортную и распределительную операции, а именно: на площадке при животноводческой ферме навоз грузится в транспорт общего назначения, как правило, в большегрузные автомобили или тракторные прицепы, а также в полуприцепы-разбрасыватели, транспортируются на край поля, где разгружается и укладывается в бурт. Затем в соответствии с агротехническими сроками навоз из буртов погружается в полуприцепы-разбрасыватели, транспортируется по полю к месту начала распределения, распределяется и агрегат вхолостую возвращается к бурту на крою поля.

Перегрузочная технология внесения навоза предполагает наличие автосамосвалов с предварительным подъёмом кузова или полевой передвижной перегрузочной эстакады, причём вместимость кузовов автотранспортных средств и полуприцепа-разбрасывателя должна быть одинаковой. В первом случае автосамосвал с предварительным подъёмом кузова доставляет навоз в то место на

поле, где закончилось распределение навоза, т.е. полуприцеп-разбрасыватель выполняет лишь функцию распределения. Как вариант – автосамосвал с предварительным подъёмом кузова доставляет навоз на край поля, а к нему подъезжает распределяющий агрегат. Если используется полевая передвижная эстакада, установленная на поле, то обычный автосамосвал доставляет навоз к эстакаде, где и происходит перегрузка его в кузов полуприцепа-разбрасывателя. Эстакада может устанавливаться как в центре поля, так и в центре выделенного участка поля, на которые разделено всё поле.

Рядом исследователей установлено, что прямоточную технологию внесения навоза целесообразно применять на коротких расстояниях до 1,5÷2км, а свыше этого – перевалочную или перегрузочную [99]. В настоящее время в отрасли животноводства наблюдается углубление специализации и концентрации, приводящих к созданию крупных молочно-товарных ферм от 200 до 1200 голов, свиноводческих комплексов по откорму 32-54 тыс. голов и более. Это ведёт к накоплению значительных объёмов навоза в одном месте, что обуславливает вывоз его на большие расстояния до десяти и более километров. В сложившейся ситуации всё большее значение принимает перевалочная технология.

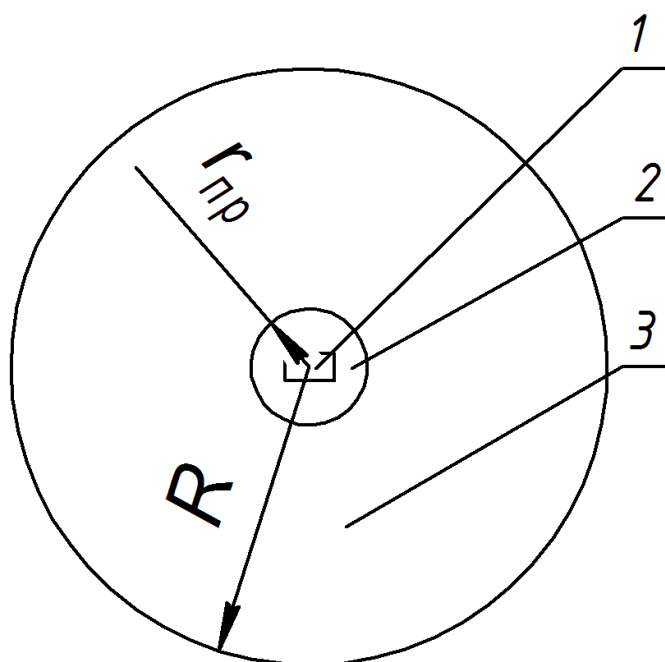
Покажем это на примере. Если допустить, что доза внесения органических удобрений не зависит от удалённости полей, удобряемая площадь близка к форме круга, а прямоточная технология применяется на расстояниях не превышающих 2 км, то объём навоза, вносимого по перевалочной технологии, в относительных величинах будет определяться зависимостью

$$\gamma = \frac{V_o - V_{np}}{V_{np}} = \frac{V_o}{V_{np}} - 1 \quad (5.1)$$

здесь γ - объём навоза в относительных величинах, вносимый по перевалочной технологии, т;

V_o - общее количество навоза, подлежащее вывозке и внесению на поле, т;

V_{np} - количество навоза, вносимое по прямоточной технологии, т.



1 – животноводческий комплекс; 2 – площадь, удобряемая по прямооточной технологии; 3 – площадь, удобряемая по перевалочной технологии

R и r_{np} – расстояния применения перевалочной и прямооточной технологии

Рисунок 5.1- Схема размещения площадей, удобряемых по прямооточной и перевалочной технологиям

Выразим общий объём навоза и объём вносимый по прямооточной технологии через радиусы площадей в виде круга (рисунок 5.1).

$$V_o = \pi \cdot R^2 \cdot \bar{d} \quad \text{и} \quad V_{np} = \pi \cdot r_{np}^2 \cdot \bar{d} \quad (5.2)$$

где R и r_{np} – максимальные значения расстояний целесообразного применения перевалочной и прямооточной технологий внесения навоза, м;

$\bar{d}$ – среднее значение дозы внесения навоза на гектар, кг/м².

Тогда выражение (5.1) с учётом зависимостей (5.2) примет вид

$$\gamma = \frac{R^2}{r_{np}^2} - 1 = \left(\frac{R}{r_{np}}\right)^2 - 1 \quad (5.3)$$

Как выше отмечалось прямооточная технология целесообразна на расстояниях удаления полей от животноводческого комплекса до 2 км, а перевалочная – до 14 км [99].

$$\gamma = \left(\frac{14}{2}\right)^2 - 1 = 48$$

Расчёты показывают, что для рассмотренных условий внесения навоза кузовными полуприцепами-разбрасывателями объём органических удобрений, вносимый по перевалочной технологии превышает объём внесения по прямоточной в 48 раз. Это указывает на то, что за базу оценки применения модернизированного кузовного полуприцепа-разбрасывателя следует принимать перевалочную технологию внесения навоза, т.е. когда полуприцеп-разбрасыватель выполняет только распределительную функцию, а доставка навоза на край поля осуществляется транспортом общего назначения. Но полуприцепы-разбрасыватели часто используются на доставки грузов как обычные полуприцепы, учтём это при технико-экономической оценке применения модернизированного полуприцепа-разбрасывателя.

5.2. Оценка топливной экономичности использования модернизированного полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений

Сравнительная оценка изменения буксования транспортно-распределительных агрегатов в составе трактора МТЗ-80+РΟΥ-6 и МТЗ-80+РΟΥ-6М(модернизированный) выполненная в четвёртом разделе, показала, что модернизация, заключающееся в обеспечении подачи навоза от заднего борта кузова полуприцепа-разбрасывателя к переднему, где установлены распределяющие рабочие органы, позволяет в среднем увеличить рабочую скорость агрегата всего лишь на 0,6%, это не может существенно повысить производительность агрегата в составе с модернизированным полуприцепом-разбрасывателем, следовательно сравнение и прямых и приведённых затрат средств по базовому и предлагаемому вариантам не отразят технико-экономическую эффективность. Это произойдёт ещё и потому, что модернизация полуприцепа-разбрасывателя не приведёт к ощутимому увеличению его балансовой стоимости, т.к. стоимость двух гидроцилиндров по прайс-листу

компании ООО «Агро» равна 4884 руб., а стоимость гидравлической арматуры 2444 руб., следовательно, балансовая стоимость полуприцепа составит 387328 руб., т.е. увеличится на 7328 руб. или 1,9 %. Более того привод распределяющих рабочих органов у модернизированного полуприцепа-разбрасывателя менее металлоёмкий и проще в конструктивном исполнении. Приведённые рассуждения позволяют сделать вывод – нет необходимости в определении капиталовложений и расчёте приведённых затрат по обоим вариантам транспортно-технологических агрегатов.

Сравнительную оценку эффективности модернизации полуприцепа – разбрасывателя приведём по затратам топлива в расчёте на один рейс(цикл) [29, 33]. Цикл включает следующие элементы времени: подъезд агрегата под погрузку, разворот и его отъезд, движение по полю с грузом к месту начала распределения, распределение удобрений, движение агрегата по полю вхолостую к месту погрузки.

Экспериментальные исследования, результаты которых представлены в четвёртом разделе, показали, что различия в часовом расходе топлива по базовому и модернизированному вариантам наблюдается при рабочем ходе агрегатов, в обеих случаях, т.е. когда подача органических удобрений осуществляется к переднему борту кузова (рисунок 4.3) и при подаче удобрений назад, но с поднятыми передними колёсами полуприцепа-разбрасывателя с количеством груза в кузове менее половины от номинальной величины (рисунок 4.4).

Расход топлива двигателем трактора по элементам цикла определяется зависимостью

$$Q_i = G_{Ti} \cdot t_i \quad (5.4)$$

где Q_i - расход топлива на i -м элементе цикла, л;

G_{Ti} - часовой расход топлива двигателем при выполнении i -го элемента цикла, л/ч;

t_i - продолжительность элемента цикла, ч.

Продолжительность разгрузки кузова полуприцепа-разбрасывателя определяется зависимостью

$$t_i = \frac{Q}{q} = \frac{Q}{B_p \cdot d \cdot \mathcal{G}_p} \quad (5.5)$$

Здесь q - секундная подача органических удобрений к распределяющим рабочим органам, кг/с;

B_p - рабочая ширина захвата полуприцепа-разбрасывателя, м;

d - доза внесения органических удобрений на один квадратный метр, кг/м²;

$\mathcal{G}_p$ - рабочая скорость агрегата, м/с.

Грузоподъёмность Q и рабочую ширину захвата B_p кузовных полуприцепов-разбрасывателей возможно считать величинами постоянными, для полуприцепа-разбрасывателя РОУ-6 они соответственно равны 6000 кг и 5 м. Доза внесения органических удобрений (подстилочного навоза) изменяется от 2 до 6 кг/м², а рабочая скорость агрегата – от 2 до 4 м/с.

Изменение продолжительности разгрузки кузова полуприцепа-разбрасывателя при $Q = 6000$ кг и $B_p = 5$ м по двум переменным: доза внесения d и рабочая скорость агрегата $\mathcal{G}_p$ представлено на рисунке 5.2.

Для определения количества сэкономленного топлива необходимо проанализировать баланс времени цикла агрегата:

при прямоточной технологии и использовании его в качестве полуприцепа на транспортных работах – доставка органических удобрений на край поля

$$T_{ц.р.пр} = t_{н.о} + t_{нов} + t_{загр} + t_{дгд} + t_{дгп} + t_{внес.} + t_{дхп} + t_{дхд} \quad (5.6)$$

при работе по перевалочной технологии.

$$T_{ц.р.пер} = t_{н.о} + t_{нов} + t_{загр} + t_{дгп} + t_{внес.} + t_{дхп} \quad (5.7)$$

Здесь $T_{ц.р.пер}$; $t_{н.о}$; $t_{нов}$; $t_{загр}$; $t_{дгд}$; $t_{дгп}$; $t_{разг}$; $t_{дхп}$; $t_{дхд}$ - продолжительность соответственно времени цикла, подъезда-отъезда под погрузку; поворота; загрузка кузова разбрасывателя, движение гружёного полуприцепа-разбрасывателя по дороге и полю (для прямоточной технологии) к месту начала

распределения органических удобрений, распределения их; движение агрегата по полю и по дороге (для прямоточной технологии) к месту загрузки, с.

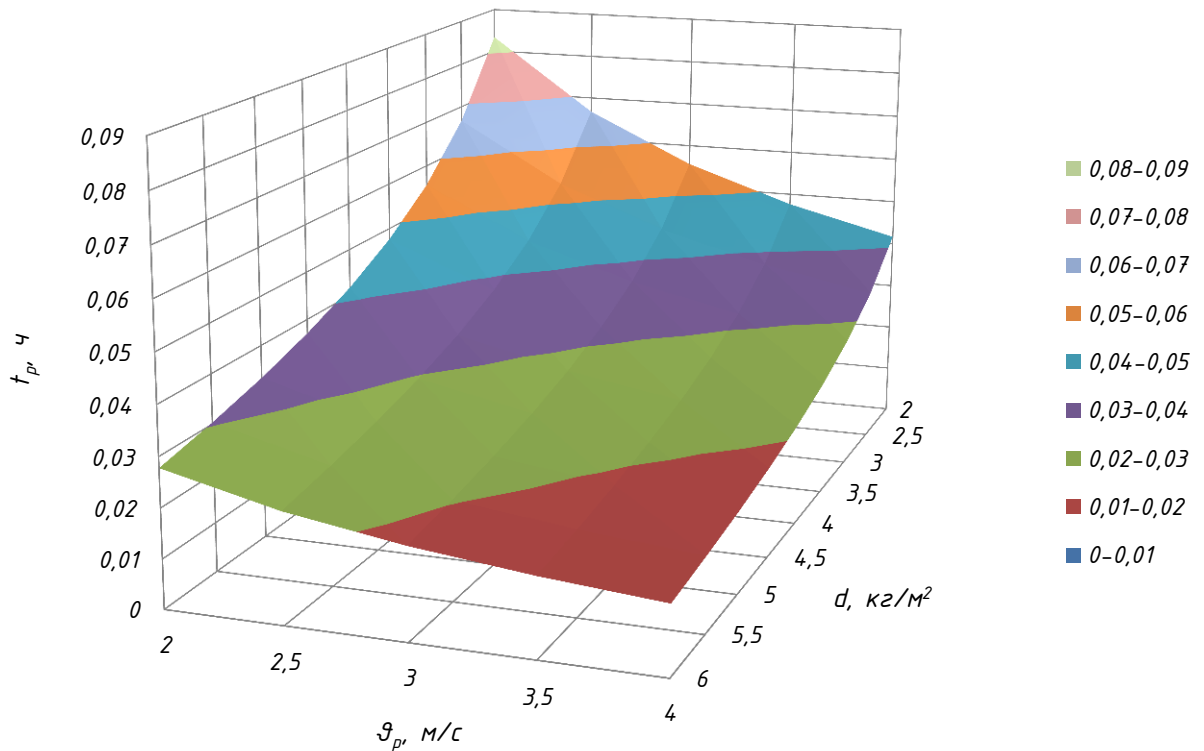


Рисунок 5.2- Изменение продолжительности разгрузки кузова полуприцепа-разбрасывателя от дозы внесения d и рабочей скорости агрегата v_p

Часовая производительность полуприцепа-разбрасывателя W_q^T , т/ч, определяется зависимостью:

при прямоточной технологии и использование в качестве полуприцепа

$$W_q^T = \frac{Q_{пп} K_{\Gamma}}{T_{\text{ц}}} \tau_p = \frac{Q_{пп} K_{\Gamma} \tau_p}{t_{n.o} + t_{нов} + t_{загр} + t_{дгд} + t_{дгп} + t_{внес.} + t_{дхп} + t_{дхд}}, \quad (5.8)$$

при перевалочной технологии

$$W_q^T = \frac{Q_{пп} K_{\Gamma}}{T_{\text{ц}}} \tau_p = \frac{Q_{пп} K_{\Gamma} \tau_p}{t_{n.o} + t_{нов} + t_{загр} + t_{дгп} + t_{внес.} + t_{дхп}}, \quad (5.9)$$

где $Q_{пп}$ - грузоподъемность полуприцепа, т;

$T_{\text{ц}}$ - время цикла, ч;

τ_p - коэффициент использования времени смены (принимается равным 0,7);

K_r - коэффициент использования грузоподъемности (принимается равным 1);

t_{no} - время подъезда под погрузку и отъезда из-под погрузки транспортного средства (принимается равным 0,02), ч;

$t_{нов}$ - время поворота транспортного средства (принимается равным 0,0167), ч;

$t_{загр}$ - время загрузки, ч;

$t_{дог}; t_{огн}$ - соответственно время движения транспортного средства с грузом по дороге и по полю, ч;

$t_{внес.}$ - время внесения удобрений, ч;

$t_{дог}; t_{огн}$ - соответственно время движения транспортного средства в холостую по дороге и по полю, ч.

Определим среднее значение каждой составляющей времени цикла. Время подъезда и отъезда полуприцепа разбрасывателя под погрузку возможно определить по формуле [88]

$$t_{no} = 27 + 0,008Q \quad (5.10)$$

Продолжительность загрузки кузова найдём как отношение грузоподъёмности Q_p к производительности погрузчика $W_{ног}$

$$t_{загр} = \frac{Q_p}{W_{ног}} \quad (5.11)$$

Примем производительность погрузчика равным $W_{ног} = 100$ т/ч, тогда

$$t_{загр} = \frac{6000}{100000} = 0,06 \text{ ч}$$

Время движения агрегата к месту начала распределения не остаётся постоянным, оно зависит от схемы движения агрегата по полю и порядкового номера рейса. Схема движения агрегата может быть Г-образной и «лучевой» (рисунок 5.3). При «лучевой» схеме движения агрегат проходит более короткий путь от места загрузки к месту начала распределения, поэтому выбираем «лучевую» схему. При такой схеме движения агрегата протяжённость пути представляет гипотенузу прямоугольного треугольника катетом которого, для

среднего значения длины пути агрегата является половина длины поля. Для условий Белгородской области и Центрально-Чернозёмной зоны она равна 800 м [74,98], а расстояние от фермы до поля $l_o = 3560$ м [98].

тогда при прямоточной технологии:

$$t_{\partial z\partial} = t_{\partial x\partial} = \frac{L}{g_{\partial z\partial(\partial x\partial)}} = \frac{2/3 \cdot 2000}{3,39} = 393,31 \text{ с} (0,109 \text{ ч}) \quad (5.12)$$

при перевалочной технологии:

$$t_{\partial z\partial} = t_{\partial x\partial} = \frac{l_n \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot g_{\partial z\partial}} = \frac{800}{1,42 \cdot 3,39} = 166,19 \text{ с} (0,046 \text{ ч}) \quad (5.13)$$

при использовании в качестве полуприцепа на доставке органических удобрений в поле:

$$t_{\partial z\partial} = t_{\partial x\partial} = \frac{L}{g_{\partial z\partial(\partial x\partial)}} = \frac{3560}{3,39} = 1050,15 \text{ с} (0,292 \text{ ч}) \quad (5.14)$$

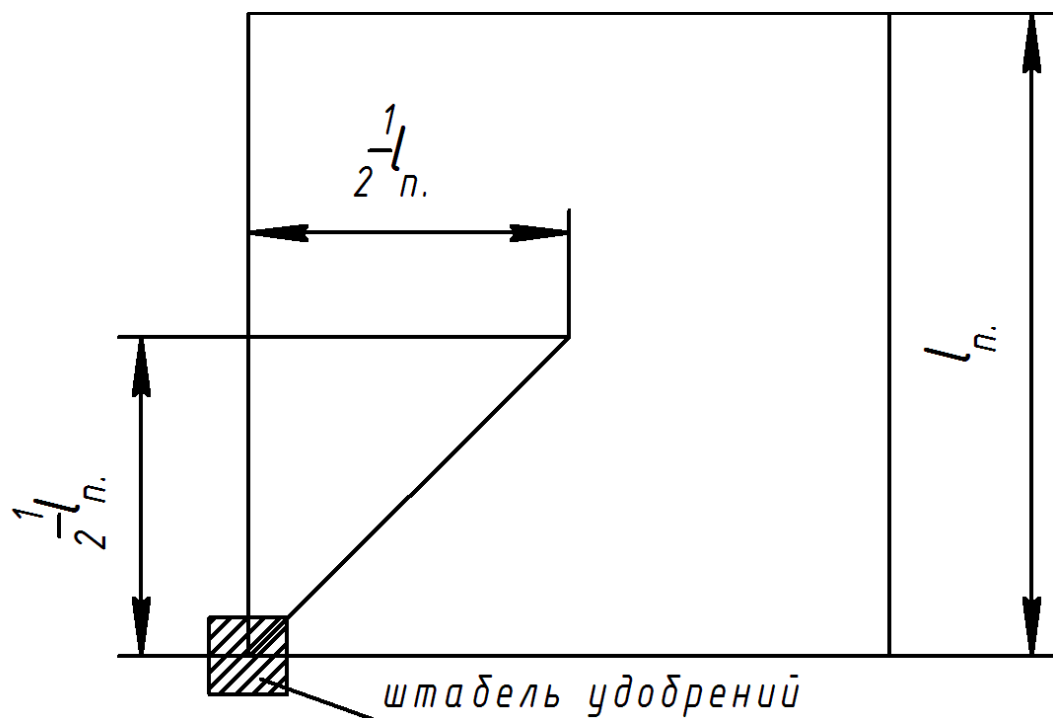


Рисунок 5.3- Схема определения среднего расстояния движения агрегата по полю вхолостую

В основу определения продолжительности времени распределения органических удобрений была положена рабочая скорость агрегата, полученная

при проведении полевых исследований для дозы внесения $d = 2,5 \text{ кг/м}^2$, рабочей скорости $g_{уст} = 2,69 \text{ м/с}$, грузоподъемности полуприцепа-разбрасывателя $Q_p = 6000 \text{ кг}$ и рабочей ширины захвата $B_p = 5 \text{ м}$.

$$t_{внес.} = \frac{6000}{2,5 \cdot 2,69 \cdot 5} = 178,44 \text{ с} (0,049 \text{ ч})$$

Таблица 5.1 – Сравнительная оценка полуприцепного ТТА МТЗ-80+РΟΥ-6 до и после модернизации

№ п/п	Показатели	Значение показателей по вариантам						Отклонение, (%)		
		Базовый			Спроектированный					
		прям.	пер.	транс.	прям.	пер.	транс.	прям.	пер.	транс.
1	Q_P , т	6			6			-		
2	$W_{ног}$, т/ч	100			100			-		
3	$t_{внес.}$, ч	0,049			0,0477			-2,65		
4	$g_{уст}$, м/с	2,69			2,79			+3,72		
5	$g_{огд}$, м/с	3,39	-	3,39	3,39	-	3,39	-	-	-
6	$g_{огп}$, м/с	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	-	-	-
7	$g_{о\alpha д}$, м/с	3,39	-	3,39	3,39	-	3,39	-	-	-
8	$g_{о\alpha п}$, м/с	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	-	-	-
9	$T_{ГТр}$, ч	1350			1350			-		
10	$T_{Г.Р.}$, ч	450	450	350	450	450	350	-	-	-
11	g_T , кг/т	0,401	0,16	0,804	0,386	0,149	0,786	-3,74	-6,87	-2,23
12	Γ , руб/т	16,77	6,69	33,616	16,11	6,23	32,84	-3,93	-6,87	-2,12

Годовой экономический эффект от эксплуатации модернизированного прицепа $\mathcal{E}_Г$, руб, определяют по следующему выражению:

$$\mathcal{E}_Г = \sum_{i=1}^n M_i (\Gamma_{\bar{o}} - \Gamma_m), \quad (5.15)$$

где $\Gamma_{\bar{o}}$ и Γ_m - затраты на топливно-смазочные материалы соответственно по базовому и спроектированному вариантам, руб/т;

M_i - объем груза, перевозимый за год по i -й технологической схеме, т;

n - число используемых технологических схем.

Затраты на топливно-смазочные материалы Γ , руб/т, определим из выражения:

$$\Gamma = g\mathcal{U}_{TCM}, \quad (5.16)$$

где g - расход топливно-смазочных материалов, кг/т;

$\mathcal{U}_{TCM}$ - цена одного кг топлива (включая стоимость смазочных материалов, приходящихся на 1 кг основного топлива), руб/кг.

Расход топливно-смазочных материалов g , кг/ч:

$$g = g_T + g_{CM}, \quad (5.17)$$

где g_T - расход топлива за рейс, кг/ч;

g_{CM} - расход смазочных материалов за рейс (принимается 3% от расхода топлива [104]), кг/ч.

Расход топлива на одну тонну перевозимого груза (органических удобрений) найдём из выражения:

при прямоточной технологии и использовании полуприцепа-разбрасывателя на транспортных работах

$$g_T = \frac{g_{\partial\partial\partial} \cdot t_{\partial\partial\partial} + g_{\partial\partial n} \cdot t_{\partial\partial n} + g_{\partial x\partial} \cdot t_{\partial x\partial} + g_{\partial x n} \cdot t_{\partial x n} + g_o \cdot t_z + t_{внес.}}{Q_{IP}}, \quad (5.18)$$

при перевалочной технологии

$$g_T = \frac{g_{\partial\partial n} \cdot t_{\partial\partial n} + g_{\partial x n} \cdot t_{\partial x n} + g_o \cdot t_z + t_{внес.}}{Q_{IP}}, \quad (5.19)$$

где $g_{\partial\partial\partial}; g_{\partial\partial n}$ - соответственно расход топлива при движении транспортного средства с грузом по дороге и по полю, кг/ч;

$g_{\partial x\partial}; g_{\partial x n}$ - соответственно расход топлива при движении транспортного средства в холостую по дороге и по полю, кг/ч;

g_o - расход топлива при остановке транспортного средства для погрузки и разгрузки, кг/ч.

Базовый вариант:

Расход топлива при движении транспортно-распределительного средства с грузом и в холостую, по дороге и по полю возьмем из приложения Г.

Цена одного кг топлива (включая стоимость смазочных материалов, приходящихся на 1 кг основного топлива) равна 40,6 руб.

Тогда удельный расход топлива g_T на тонну перевезенного груза будет равен:

при прямоточной технологии

$$g_T = \frac{6,75 \cdot 0,109 + 9,184 \cdot 0,046 + 6,48 \cdot 0,109 + 8,43 \cdot 0,046 + 1,4 \cdot 0,06 + 0,049}{6} = 0,401 \text{ кг} / \text{т};$$

$$g = 0,401 + 0,01203 = 0,413 \text{ кг} / \text{т}.$$

$$\Gamma_{\sigma 1} = 0,413 \cdot 40,6 = 16,77 \text{ руб} / \text{т}.$$

при перевалочной технологии

$$g_T = \frac{9,184 \cdot 0,046 + 8,43 \cdot 0,046 + 1,4 \cdot 0,06 + 0,049}{6} = 0,16 \text{ кг} / \text{т};$$

$$g = 0,16 + 0,0048 = 0,1648 \text{ кг} / \text{т}.$$

$$\Gamma_{\sigma 2} = 0,1648 \cdot 40,6 = 6,69 \text{ руб} / \text{т}.$$

при использовании в качестве полуприцепа на транспортных работах

$$g_T = \frac{6,75 \cdot 0,292 + 9,184 \cdot 0,046 + 6,48 \cdot 0,292 + 8,43 \cdot 0,046 + 1,4 \cdot 0,06 + 0,049}{6} = 0,804 \text{ кг} / \text{т};$$

$$g = 0,804 + 0,02412 = 0,828 \text{ кг} / \text{т}.$$

$$\Gamma_{\sigma 3} = 0,828 \cdot 40,6 = 33,616 \text{ руб} / \text{т}.$$

В связи с рекомендациями о применении полуприцепа-разбрасывателя для транспортных операций принимаем время его работы за год равное 800 ч.

Предлагаемый вариант:

Расход топлива при движении модернизированного транспортно-распределительного средства оснащенного ТДУ с грузом и в холостую, по дороге и по полю также возьмем из приложения Г.

при прямоточной технологии

$$g_T = \frac{6,75 \cdot 0,109 + 8,058 \cdot 0,046 + 6,34 \cdot 0,109 + 8,058 \cdot 0,046 + 1,4 \cdot 0,06 + 0,0477}{6} = 0,386 \text{ кг} / \text{ м};$$

$$g = 0,386 + 0,01158 = 0,397 \text{ кг} / \text{ м}.$$

$$\Gamma_{\text{м1}} = 0,397 \cdot 40,6 = 16,11 \text{ руб} / \text{ м}.$$

при перевалочной технологии

$$g_T = \frac{8,058 \cdot 0,046 + 8,058 \cdot 0,046 + 1,4 \cdot 0,06 + 0,0477}{6} = 0,149 \text{ кг} / \text{ м};$$

$$g = 0,149 + 0,00447 = 0,15347 \text{ кг} / \text{ м}.$$

$$\Gamma_{\text{м2}} = 0,15347 \cdot 40,6 = 6,23 \text{ руб} / \text{ м}.$$

при использовании в качестве полуприцепа на транспортных работах

$$g_T = \frac{6,75 \cdot 0,292 + 8,058 \cdot 0,046 + 6,34 \cdot 0,292 + 8,058 \cdot 0,046 + 1,4 \cdot 0,06 + 0,0477}{6} = 0,786 \text{ кг} / \text{ м};$$

$$g = 0,786 + 0,02358 = 0,809 \text{ кг} / \text{ м}.$$

$$\Gamma_{\text{м3}} = 0,809 \cdot 40,6 = 32,84 \text{ руб} / \text{ м}.$$

Затраты эксплуатационного времени одного цикла $T_{\text{ц.п.э}}$ работы полуприцепа-разбрасывателя найдём из выражения

$$T_{\text{ц.п}} = T_{\text{ц.п.э}} \cdot \tau_{\text{э}} \quad (5.20)$$

а количество рейсов за один час по формуле

$$n = \frac{1}{T_{\text{ц.п.э}}} \quad (5.21)$$

где $T_{\text{ц.п}}$ и $\tau_{\text{э}}$ – соответственно продолжительность времени цикла и коэффициент использования рабочего времени смены.

$$\text{Принимаем } \tau_{\text{э}} = 0,7, \text{ тогда } T_{\text{ц.п.э}} = \frac{T_{\text{ц.п}}}{\tau_{\text{э}}}.$$

Тогда на один час циклового времени агрегата в составе МТЗ-80+РΟΥ-6 будет приходиться:

соответственно эксплуатационного времени $T_{\text{ц.п.э}}$ и количества рейсов n

при прямоточной технологии

$$T_{ц.р.э} = \frac{T_{ц.р}}{\tau_э} = \frac{0,394}{0,7} = 0,563 \text{ ч}$$

$$n = \frac{1}{T_{ц.р.э}} = \frac{1}{0,563} = 1,77 \text{ рейса}$$

при перевалочной технологии

$$T_{ц.р.э} = \frac{T_{ц.р}}{\tau_э} = \frac{0,2255}{0,7} = 0,322 \text{ ч}$$

$$n = \frac{1}{T_{ц.р.э}} = \frac{1}{0,322} = 3,1 \text{ рейса}$$

при использовании в качестве полуприцепа на транспортных работах

$$T_{ц.р.э} = \frac{T_{ц.р}}{\tau_э} = \frac{0,822}{0,7} = 1,17 \text{ ч}$$

$$n = \frac{1}{T_{ц.р.э}} = \frac{1}{1,17} = 0,85 \text{ рейса}$$

Как уже отмечалось ранее, использование полуприцепа-разбрасывателя не только по прямому назначению – внесение удобрений, но и как транспортное средство для вывозки удобрений на край поля его годовая загрузка составит 800 часов [72,73] в год из них 450 часов или 56,25% от общего объёма времени он работает по прямоточной и перевалочной технологиям, и 350 часов или 43,75% он используется на транспортировке навоза на край поля. Распределение расстояния полей от ферм по Белгородской области определяется зависимостью [99].

$$f(L) = 0,185 \cdot e^{-0,027L^2} \quad (5.22)$$

График функции представлен на рисунке 5.4.

Проинтегрировав зависимость (5.21) в диапазоне от 0 до 2 и от 2 до 14 км, найдём процентные соотношения длин полей: до 2 км - 35,8% и от 2-14 км – 64,2% полей.

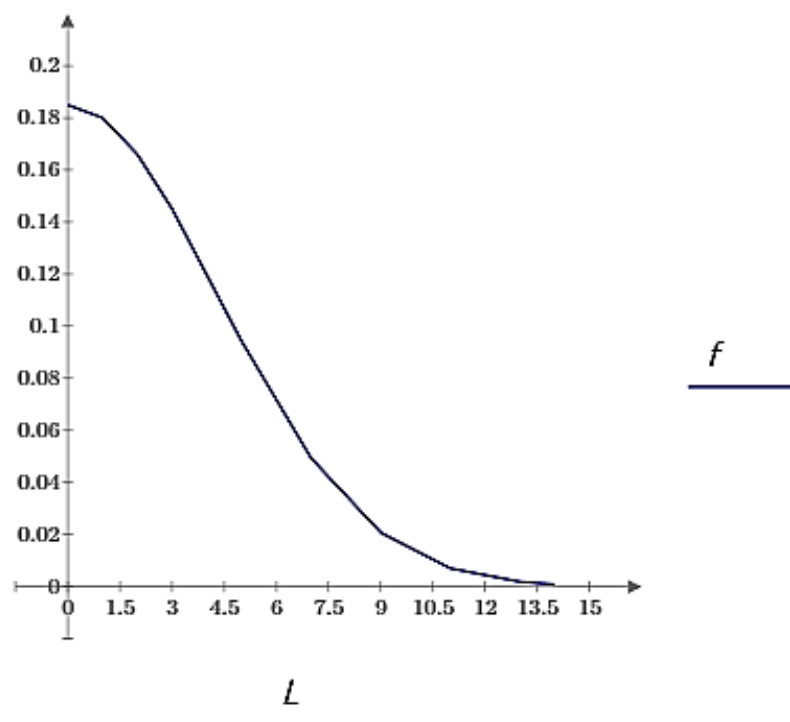


Рисунок 5.4 - График распределения удалённости полей от ферм

Тогда доли времени от нормативной годовой загрузки 800 ч составляет:

по прямоточной

$$T_{г.прям} = 800 \cdot 0,562 \cdot 0,358 = 160,95ч$$

по перевалочной

$$T_{г.пер} = 800 \cdot 0,562 \cdot 0,642 = 288,64ч$$

на транспортных работах

$$T_{г.транс} = 800 \cdot 0,438 = 350,4ч$$

Следовательно, с учётом общей нормативной годовой загрузки полуприцепа-разбрасывателя и долей приходящихся на каждый вид работ будет выполнено следующее количество рейсов:

по прямоточной технологии – 20,13% или $N_{прям.т} = 1416 \cdot 0,2013 = 285 \text{ рейсов}$

по перевалочной технологии – 36,12% или $N_{пер.т} = 2480 \cdot 0,3612 = 896 \text{ рейсов}$

при использовании в качестве полуприцепа на транспортных работах – 43,75% или $N_{транс} = 680 \cdot 0,4375 = 298 \text{ рейсов}$

Суммарное количество рейсов по прямоточной, при перевозке навоза на край поля и перевалочной технологиям будет равно $N_{совм.} = N_{пер.т} + N_{перев} + N_{пр.т} = 285 + 298 + 896 = 1479 \text{ рейсов.}$

Следовательно, за год один навозоразбрасыватель перевезёт $Q_{р.г} = Q_p \cdot N_{совм.} = 6 \cdot 1479 = 8874 \text{ т.}$ Из них 1710 тонн по прямоточной технологии, 1788 тонн как обычный полуприцеп и 5376 тонн по перевалочной технологии. Исходя из этого, годовая экономия топлива при использовании модернизированного полуприцепа-разбрасывателя составит:

по прямоточной технологии

$$\mathcal{E}_{Г1} = 1710(0,413 - 0,397) = 27,36 \text{ кг.}$$

по перевалочной технологии

$$\mathcal{E}_{Г2} = 5376(0,1648 - 0,15347) = 60,91 \text{ кг.}$$

при использовании в качестве полуприцепа на транспортных работах

$$\mathcal{E}_{Г3} = 1788(0,828 - 0,809) = 33,972 \text{ кг.}$$

Всего годовая экономия топлива составит

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_{Г1} + \mathcal{E}_{Г2} + \mathcal{E}_{Г3} = 27,36 + 60,91 + 33,972 = 122,242 \text{ кг или } 142,14 \text{ л.}$$

При стоимости дизельного топлива 35 рублей за литр годовая экономия составит 4975 руб.

5.3 Выводы

Увеличение скорости агрегата в составе трактора класса 14 кН и модернизированного полуприцепа-разбрасывателя с установленными вместо переднего борта распределяющими рабочими органами в сравнении с базовым вариантом составляет лишь 0,6%, поэтому технико-экономическую оценку модернизации полуприцепа-разбрасывателя провели по экономии топлива, которая в год составила 142,1 л, в денежном выражении это 4975 рублей.

Заключение

1. В результате анализа использования полуприцепных ТТА установлено, что стабилизацию догружающего усилия прицепного устройства трактора со стороны кузовного полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений возможно осуществлять рядом способов:

- в процессе опорожнения кузова синхронно смещать колёсный ход относительно рамы в направлении движения удобрений;
- дискретно изменять в процессе опорожнения кузова расстояния от центра масс оставшихся удобрений до точки присоединения полуприцепа-разбрасывателя к прицепному устройству трактора (патент РФ № 155928);
- осуществлять подачу органических удобрений от заднего борта к переднему, где размещён распределяющий рабочий орган (патент РФ № 162350).

2. Установлена аналитическая зависимость изменения догружающего усилия со стороны полуприцепа-разбрасывателя на прицепное устройство трактора, позволившая доказать её знакопеременный характер, предложено техническое решение (патент РФ №155928), исключающее возникновение отрицательного значения догружающего усилия в процессе опорожнения кузова.

3. Установлено, что при количестве органических удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя РОУ-6 менее 3,74 т, догружающее прицепное устройство трактора усилие приобретает отрицательное значение и достигает 2,33 кН, положительным оно вновь становится, когда в кузове остаётся 0,48 т. Подача от заднего борта к переднему приводит к превышению исходного догружающего усилия на прицепное устройство трактора на 3,89 кН, достигающее при степени опорожнения кузова равной 0,67.

4. Теоретически и экспериментально установлено, что изменение направления подачи органических удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя от заднего борта к переднему, где размещён распределяющий рабочий орган, обеспечивает увеличение догружающего усилия прицепного

устройства трактора в процессе опорожнения кузова до максимального значения, превышающее исходное при этом нагрузка на переднюю ось трактора находится в допустимых пределах когда угол склона полей не превышает $4,2^0$, а вероятность появления полей в ЦЧЗ с углом склона более $4,2^0$ менее 16 %.

5. Модернизация полуприцепа-разбрасывателя РОУ-6, заключающаяся в изменении направления подачи органических удобрений от заднего борта к переднему обеспечивает сокращение часового расхода топлива на 1,126 л/ч за один рейс, а буксование снижается на 0,523 %, движение полуприцепа-разбрасывателя с поднятыми передними колёсами по полю, когда в кузове остаётся не более 2,5 т позволяет снизить часовой расход топлива на 0,80 л/ч, а при движении по полю и грунтовой дороге – на 0,81 л/ч.

6. Установлено, что модернизация полуприцепов-разбрасывателей органических удобрений должна заключаться в изменении направления подачи удобрений в кузове и размещении распределяющего рабочего органа на место переднего борта, а так же оснащении балансиров колёсного хода устройством, позволяющим осуществлять подъём передних колёс при движении агрегата вхолостую по полю и грунтовой дороге, а использование модернизированного полуприцепа-разбрасывателя типа РОУ-6 на внесении органических удобрений по прямоточной технологии в течение 450 ч годовой загрузки и на протяжении 350 ч, как транспортное средство на доставке удобрений на край поля, экономия топлива равно 142,1 л, что в ценах 2016 года составляет 4975 рублей.

Список литературы

1. Агеев, Л.Е. Сверхмощные тракторы сельскохозяйственного назначения / Л.Е. Агеев, В.С. Шкрабак, В.Ю. Моргулис-Якушев. - Л. : Агропромиздат, 1986. - 120 с.
2. Амельченко, П.А. Эксплуатация тракторов МТЗ-100 и МТЗ-102 / П.А. Амельченко, Н.И. Бычков, Е.Н. Козлов, Ф.Г. Подкидыш - М. : Росагропромиздат, 1991. - 173 с.
3. Аникин, Н.В. Снижение уровня повреждения перевозимой сельскохозяйственной продукции за счет использования устройства для стабилизации положения транспортного средства / Н.В. Аникин, С.Н. Борычев, Н.В. Бышов [и др.] // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей: XII Международная научно-практическая конференция. – Владимир: Изд-во ВлГУ., 2010. - С. 319 - 322.
4. Антышев, Н.М. Концепция транспортно-технологического обслуживания сельского хозяйства до 2005 года / Н.М. Антышев, Н.Е. Евтюшенков, С.Д. Сметнев [и др.] - М. : Издательство ВИМ, 1996. - 93 с.
5. Антышев, Н.М. Прогноз потребности и необходимой структуры тракторного парка / Н.М. Антышев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1993. - №8. - С. 1 - 5.
6. Атаманов, Ю.Е. Определение буксования колесного трактора 4К2 при максимальном тяговом КПД / Ю.Е. Атаманов, С.Н. Турлай // Вестник Могилевского ГТУ. Транспортные и строительные машины. – 2001. - №1.
7. Беленков, Ю.А. Улучшение тягово-энергетических характеристик МТА / Ю.А. Беленков, А.В. Лепёшкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1989. - №11. - С. 7 - 9.
8. Белокурено, С.А. Оптимизация конструктивных и эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов с учетом уплотняющего воздействия

ходовых систем на почву / С.А. Белокурено, И.О. Гейнрих // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. - № 4(24). - С. 53 – 58.

9. Бойков, В.П. Шины для тракторов и сельскохозяйственных машин / В.П. Бойков, В.Н. Белковский. – М.:Агропромиздат, 1988. – 240 с.

10. Бондарев, А.Г. Осторожно почва!/ А.Г. Бондарев, В.А. Русанов // Сельский механизатор. – 1984. – №8. – С. 22-23.

11. Бочаров, А.В. Повышение тягово-сцепных свойств прицепного транспортного агрегата за счет автоматической гидродогрузки задних колес трактора: автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.20.01 / Бочаров Алексей Валентинович. – Воронеж, 2000. – 21 с.

12. Бышов, Н.В. Перспективы повышения эксплуатационных показателей транспортных средств при внутрихозяйственных перевозках плодовоовощной продукции / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский [и др.] // Научный журнал КубГАУ. - 2012. - №78(4).

13. Взорв, Б.А. Снижение расхода топлива с.-х. тракторами путем оптимизации режимов работы двигателей / Б.А. Взорв, К.К. Молчанов, И.И. Трепененков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1985. - №6.

14. Водяник, И.И. Воздействие ходовых систем на почву / И.И. Водяник. - М. : Агропромиздат, 1990. – 172 с.

15. Волощенко, А.Е. Исследование и оценка транспортных агрегатов: автореф. дис. ... канд. тех. наук. : 05.20.03 / Волощенко Александр Евгеньевич. - Воронеж, 1976. - 22 с.

16. Волощенко, А.Е. Исследование работа различных схем тракторного транспорта в трудно проходимых дорожных условиях / А.Е. Волощенко, Ф.С. Завалишин // Труды Воронежского СХИ. т. 62. - Воронеж: Воронежский СХИ., 1974. - С. 11 - 15.

17. Воробьев, Г.Я. Беречь почву от переуплотнения техникой / Г.Я. Воробьев // Земледелие. – 1987. – № 9. – С. 15-16.

18. Ворохобин, А.В. Повышение производительности тракторно-транспортных агрегатов корректированием вертикальных нагрузок на колёса агрегатов / А.В. Ворохобин, О.В. Лещёва // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – №4. – С. 102 - 108.

19. Ворохобин, А.В. Повышение эффективности использования тракторно-транспортного агрегата при корректировании вертикальных нагрузок на колеса: автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.20.01 / Ворохобин Андрей Викторович. – Воронеж, 2007. – 21 с.

20. Гамаюнов, А.М. Улучшение динамики трогания и разгона тракторно-транспортного агрегата за счет совершенствования упруго-демпфирующего тягово-сцепного устройства: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.03 / Гамаюнов Алексей Михайлович. – Саратов, 2008. – 185 с.

21. Гамаюнов, П.П. Повышение эффективности использования тракторного поезда с использованием параметрической оптимизации универсального тягово-сцепного устройства/ П.П. Гамаюнов, С.А. Алексеев // Научное обозрение. Саратов. – 2013. – №5 – С.33-36.

22. Гамаюнов, П.П. Моделирование процессов трогания и разгона тракторно-транспортного агрегата с упруго-демпфирующим тягово-сцепным устройством» / П.П. Гамаюнов, А.М. Гамаюнов, С.А. Алексеев, Р.С. Кучербаев // Научное обозрение. Саратов. – 2014. – №3 – С.50-52.

23. Гамаюнов, П.П. Методика экспериментальных исследований тракторно-транспортного агрегата с упругодемпфирующим тягово-сцепным устройством / П.П. Гамаюнов, А.М. Гамаюнов, С.А. Алексеев, Р.С. Кучербаев // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы международного научно-технического семинара им. В.В. Михайлова. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2014. – Вып. 27. – С. 34-35.

24. Гапоненко В.С. О путях снижения уплотняющего воздействия машинно-транспортных агрегатов на почву / В.С. Гапоненко // Влияние

сельскохозяйственной техники на почву / Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. – М.: 1981. – С. 56-61.

25. Голубев, В.В. Влияние уплотнения почвы на её свойства и урожайность культур / В.В. Голубев, Ю.Н. Рубан, Е.Б. Захаров // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. - 1995. - №1. - С. 44 - 47.

26. Городецкий, К.И. Предпосылки формирования рабочих скоростей сельскохозяйственных тракторов / К.И. Городецкий, А.И. Титов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 11. – С. 30 – 33.

27. Горшков, Ю.Г. Повышение проходимости колесных машин / Ю.Г. Горшков, Э.Ю. Кульпин, С.Ю. Попова [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2006. - №3. - С. 16 - 18.

28. Горшков, Ю.Г. Повышение эффективности функционирования системы "дифференциал-пневматический колесный движитель - несущая поверхность" мобильных машин сельскохозяйственного назначения: дис. ... д-ра тех. наук : 05.20.01 / Горшков Юрий Германович. – Челябинск, 1999. – 371 с.

29. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Введ. 2009 – 01 – 01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 23 с.

30. ГОСТ 26953-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву. – Введ. 1987 – 01 – 01. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 18 с.

31. ГОСТ 12.2.019-2005. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. – Введ. 2010 – 07 – 01. – М. : Стандартинформ, 2010. – 17 с.

32. ГОСТ 7057-81. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – Введ. 1982 – 01 – 01. – М. : Издательство стандартов, 1998. – 18 с.

33. ГОСТ 23728-88 - ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Введ. 1989 – 01 – 01. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 24 с.

34. Гребнев, В.П. Повышение эффективности использования прицепных тракторно-транспортных агрегатов / В.П. Гребнев, Н.М. Дерканосова, А.В. Ворохобин [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. - №2. – С. 87 - 92.

35. Гребнев, В.П. Эффективность корректирования вертикальных нагрузок на колеса полуприцепных тракторно-транспортных агрегатов / В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин, О.Г. Подорванова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – №3. – С. 56 - 63.

36. Гребнев, В.П. Эффективность корректирования вертикальных нагрузок на колеса тракторно-транспортного агрегата при торможении / В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007 - №4. - С. 27 - 29.

37. Гуськов, В.В. Теория трактора / В.В. Гуськов [и др.] — М. : Машиностроение, 1988. - 376 с.

38. Гуськов, Ю.А. Транспортное обслуживание кормоуборочных комбайнов тракторно-транспортными агрегатами с использованием автосцепных устройств: автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.20.03 / Гуськов Юрий Александрович. – Новосибирск, 1990. – 20 с.

39. Дьяков, И.Я. Об использовании сельскохозяйственных тракторов на работах разного вида / И.Я. Дьяков [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. -1979. - №7.

40. Евтюшенков, Н.Е. Концепция эффективного использования транспортных средств в сельском хозяйстве / Н.Е. Евтюшенков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1997. - №9. – С. 20 - 21.

41. Евтюшенков Н.Е. Повышение эффективности транспортно-технологических средств/ Н.Е. Евтюшенков, А.Ю. Измайлов // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. - № 1. - С. 25-30.

42. Егоров, В.Н. Повышение тягово-сцепных свойств тракторно-транспортного агрегата при лесохозяйственных работах: автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.21.01 / Егоров Василий Николаевич. – Екатеринбург, 2012. – 16 с.

43. Елесеев, А. Кто есть кто на российском рынке колёсных тракторов / А. Елесеев // Аграрное обозрение. - 2010. - №2. - С. 26 - 31.

44. Завалишин, Ф.С. Энергетика седельного тракторного транспортного агрегата / Ф.С. Завалишин, А.Е. Волощенко // Труды Воронежского СХИ. т. 62. - Воронеж: Воронежский СХИ., 1974. - С. 5-11.

45. Захаржевский, А.П. Совершенствование процесса высева многолетних трав под покровную культуру сошником на базе стрелчатой лапы: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.01 / Захаржевский Александр Павлович. – Воронеж, 2000. – 23 с.

46. Зданович, Б.С. Метод повышения грузоподъемности полуприцепного транспортно-технологического агрегата: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Зданович Борис Станиславович. – Воронеж, 2003. – 22 с.

47. Зеленов, К.А. Повышение тягово-сцепных свойств колесных полноприводных тракторов регулированием давления воздуха в шинах: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.03, 05.20.01 / Зеленов Константин Анатольевич. – Саратов, 2003. – 24 с.

48. Иголкин, А.И. Тракторы Т-150К, Т-157, Т-158. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 8 – е изд. перераб. и доп. / А.И. Иголкин, Б.И. Кальченко, Г.Е. Огий [и др.]; под ред. С.Л. Абдулы, А.М. Диденко. - Харьков: ХТЗ, 1989. – 394 с.

49. Кальченко Б.И. Комплексная оценка динамической устойчивости и плавности хода колесных тракторов/ Б.И. Кальченко, Н.М. Кириенко, Н.А. Дорошенко, Е.Н. Резников // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1987. – № 7. – С. 6-10.

50. Каталог шин. Шина 9.00-16 Я-324А / [Электронный ресурс] Сайт фирмы ОАО «Волтайр-Пром». – Электрон. дан. – Режим доступа: Web:

<http://www.volytyre-prom.ru>

51. Ким, Ю.А. Влияние конструктивных параметров колесных движителей на изменение физико-механических свойств почвогрунта и тяговые качества трактора / Ю.А. Ким, П.В. Зеленый. И.В. Франскевич // Вестник Белорусско-Российского университета. - 2008. - №4(21). – С. 34 – 42.

52. Князев, А.И. Обоснование направлений рационального использования машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных предприятиях: на материалах Курской области: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Князев Андрей Игоревич. – Курск, 2006. – 18 с.

53. Коновалов, П.В. Повышение эффективности использования колесного МТА путем применения пневмогидравлической навески и двигателя постоянной мощности: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Коновалов Павел Владимирович. – Волгоград, 2004. – 24 с.

54. Кормаков, Л.Ф. Тенденции развития тракторного транспорта / Л.Ф. Кор-маков // Механизация и электрификация социалистического хозяйства. – 1975. -№2. - С. 35 - 38.

55. Корн, Г.А. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения. Теоремы. Формулы / Г.А. Корн, Т.М. Корн. - СПб.: Лань, 2003. - 832 с.

56. Кравченко, В.А. Пути повышения эффективности сельскохозяйственных МТА / В.А. Кравченко. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Процессы и машины агроинженерных систем. Технические науки. – 2004. – С. 95 - 99.

57. Крохта, Г.М. Повышение эффективности эксплуатации энергонасыщенных тракторов в условиях Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра тех. наук : 05.20.03, 05.04.02 / Крохта Геннадий Михайлович. – Новосибирск, 1995. – 35 с.

58. Ксенович, И.П. Об оптимальной массе трактора / И.П. Ксенович // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1988. - №12. - С. 3 - 5.

59. Ксенович, И.П. Тракторы Беларусь МТЗ-80, МТЗ-80Л, МТЗ-82, МТЗ-82Л. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / И.П. Ксенович. - Минск: Ураджай, 1977. – 353 с.
60. Ксенович, И.П. Тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82. 2-е изд. перераб. и доп. / И.П. Ксенович, С.С. Кустанович, П.Н. Степанюк [и др.] - М. : Колос, 1983. - 254 с.
61. Кудренов, М.М. Влияние движителей тракторов на почву и урожайность / М.М. Кудренов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. - 2008. - №11. – С. 24 - 25.
62. Курасов, В.С. Тракторы и автомобили, применяемые в сельском хозяйстве: Учебное пособие / В. С. Курасов, Е. И. Трубилин, А. И. Тлишев. - Краснодар: Кубанский ГАУ, 2011. - 132 с.
63. Кутьков, Г.М. Техничко-экономический анализ применения МЭС средства на возделывании пропашных культур / Г.М. Кутьков, В.Т. Надыкто, В. Д. Черепухин // Техника в сельском хозяйстве. - 1997. - №2. - С. 16 - 18.
64. Лапынин, Ю.Г. Пути увеличения проходимости и экологичности транспортных средств / Ю.Г. Лапынин, А.Н. Макаренко, А.А. Архипов, Д.В. Резников // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 4 – С. 101 – 107.
65. Макаров, В.С. Методика расчета и оценка проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу: автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.05.03 / Макаров Владимир Сергеевич. - Н. Новгород, 2009. - 18 с.
66. Мацнев, М.Г. Грузоподъемность транспортного агрегата с трактором класса 14-20 кН разной компоновки / М.Г. Мацнев // Труды Воронежского СХИ «Обоснование оптимальных параметров мобильной сельскохозяйственной техники». – Воронеж: Воронежский СХИ., 1978. – С. 59 - 68.
67. Медведев, Э.Ю. Обоснование типа, параметров и режимов работы низкорамного навозоразбрасывателя: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Медведев Эдуард Юрьевич. – Воронеж, 2001. – 19 с.
68. Мелешко, М. Г. Новое поколение тракторов МТЗ / М.Г. Мелешко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2006. - №5. - С. 5 - 10.

69. Мустякимов, Р. Н. Повышение эффективности использования МТА за счет контроля и оценки полноты загрузки двигателя: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.03 / Мустякимов Раиль Наилевич. – Пенза, 2010. – 19 с.

70. Наумов, Е. С. Рабочее оборудование тракторов: Учебное пособие для студентов специальности 150100 "Автомобиле- и тракторостроение / Е.С. Наумов, А.П. Парфенов, В.М. Шарипов, И.М. Эглит. – М.: МАМИ, 1999. – 89 с.

71. Неверов, А.Н. Определение эксплуатационных допусков удельного расхода топлива энергонасыщенных тракторов / А.Н. Неверов // Вестник Новгородского государственного университета. - 1999. - №11.

72. Нормативно-справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники / по ред. Т.Д. Грошевой. Ч. 1 – М., 1988. – 201 с.

73. Нормативно-справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники / по ред. Т.Д. Грошевой. Ч. 2 – М., 1988. – 127 с.

74. Овтов, В.А. Повышение эффективности работы тракторного дизеля оптимизацией температуры впрыскиваемого топлива: дис. ... канд. тех. наук : 05.20.03 / Овтов Владимир Александрович. – Пенза, 1999 – 189 с.

75. Пат. 1650480 СССР, МКИ 5 В60D1/00. Опорно - сцепное устройство сочлененного транспортного средства / П.В. Зеленый, Ф.Г. Цветик; заявитель и патентообладатель Белорусский политехнический институт. -№4215891/28-12; Заявлено 11.08.89; опубл. 10.08.1991, Бюл. №19. – 5 с.

76. Оробинский В.И. Способ повышения эффективности применения полуприцепов-разбрасывателей органических удобрений / В.И. Оробинский, Н.Ф. Скурятин, С.В. Соловьёв // Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов: сборник материалов. – Троицк: ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», 2016. – С. 214-218.

77. Оробинский В.И. Сравнительная оценка догружающего усилия прицепного устройства трактора при прямой и обратной подаче органических удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя/ В.И. Оробинский, С.В. Соловьёв, Н.Ф. Скурятин // Агропромышленный комплекс на рубеже веков:

материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию агроинженерного факультета. – Ч.І. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра І», 2015. – С. 17-23.

78. Охотников, Б. Л. Влияние неровностей дорожной поверхности на перераспределение нагрузок между мостами тракторного транспортного средства / Б.Л. Охотников, В.Н. Егоров // Строительные и дорожные машины : Научно-технический и производственный журнал. - 2011. - № 4. - С. 37 - 38.

79. Охотников, Б.Л. Транспорт в сельском хозяйстве / Б.Л. Охотников. - Екатеринбург: Изд-во УрГСХА, 2009. - 196 с.

80. Охотников, Б.Л. Эффективность использования колесных тракторов класса 1,4 на транспортных работах / Б.Л. Охотников, В.Н. Егоров // Уральская ГСХА Аграрный вестник Урала. – 2011. - №3(82) – С. 58.

81. Пантюхов, А.М. Уплотнение выщелоченного чернозема под воздействием ходовых систем тракторов и изменение некоторых его физических свойств / А.М. Пантюхов, М.К. Пантюхов, В.В. Бердышев // Вестник Тюменской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. - № 2. - С. 58 - 61.

82. Парфенов, А.П. Рынок сельскохозяйственных тракторов Германии, Австрии и Швейцарии / А.П. Парфенов // Материалы международной научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров», посвященной 145-летию МГТУ «МАМИ». – М. : МГТУ «МАМИ», 2010. - С. 473 – 481.

83. Перчаткин, Ю.В. Формирование и обеспечение технико-эксплуатационных свойств прицепного состава тракторного транспорта: автореф. дис. ... д-ра. тех. наук: 05.20.01 / Перчаткин Юрий Викторович. – Уфа, 2015. – 39 с.

84. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов. 13-е изд. Т. 2: Учебное пособие для втузов / Н.С. Пискунов. - М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. — 560 с.

85. Плаксин, А.М. Влияние сцепного веса трактора на энергетические показатели агрегата / А.М. Плаксин, А.П. Зырянов // Вестник ЧГАУ. т. 47. - Челябинск, 2006. - С. 97 - 100.

86. Пат. 162350 РФ, МПК А01С 15/18 (2006.01), В62D63/06 (2006.01). Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений / Оробинский В.И., Соловьёв С. В., Скурятин Н. Ф., Соловьев Е.В.; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. – № 2016100547/11; заявл. 11.01.2016; опубл. 10.06.2016, Бюл. №16.

87. Пат. 155928 РФ, МПК А01С 15/00 (2006.01), В62D63/06 (2006.01). Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений / Скурятин Н. Ф., Соловьев Е.В., Соловьёв С. В.; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. – № 2015115029/13; заявл. 21.04.2015; опубл. 20.10.2015, Бюл. №29. – 7с.

88. Проектирование машиноиспользования в сельскохозяйственном производстве/ БелГАУ им. В.Я. Горина; сост.: Н. Ф. Скурятин, А. В. Бондарев, А. С. Новицкий. - Белгород: Изд-во БелГАУ им. В.Я. Горина, 2015. - 75 с.

89. Пат. 2278496 РФ, МПК А01С 15/00 (2006.01), В60G 5/02 (2006.01), В60G 21/05 (2006.01). Разбрасыватель органических удобрений / Скурятин Н. Ф., Шерстюк С. В.; заявитель и патентообладатель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия. – № 2004120887/11; заявл. 08.07.2004; опубл. 27.06.2006, Бюл. №18. – 6с.

90. Рациональное использование энергонасыщенных тракторов / [Электронный ресурс] Сайт Техника для сельского хозяйства. – Электрон. дан. – Режим доступа: Web: <http://www.knauf.spb.ru>.

91. Репетов А.Н. О выборе единичной мощности трактора / А.Н. Репетов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1993. – №2. – С. 15-17.

92. Русанов, В.А. Изменение затрат энергии на обработку почвы при ее уплотнении различными ходовыми системами / В.А. Русанов, И.С. Небогин, Н.Н. Фионов// Сборник научных трудов. – М.: Издательство ВИМ, 1981. – С. 69-78.

93. Селиванов, Н.И. Система оптимизации эксплуатационных параметров и режимов работы энергонасыщенных тракторов / Н.И. Селиванов // Вестник КрасГАУ. - Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2009. - №5. - С. 133 - 138.

94. Сенникова, Н.Н. Повышение эффективности использования тракторно-транспортных агрегатов в сельскохозяйственном производстве Амурской области: автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.20.01 / Сенникова Наталья Николаевна. – Благовещенск, 2010. – 24 с.

95. Скурятин, Н.Ф. Исследование догружающего усилия прицепного устройства трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя/ Н.Ф. Скурятин, С.В. Соловьёв // Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика». — ВГЛУ, 2015.— Т. 3. № 8-2 (19-2).— С. 403-407.

96. Скурятин, Н.Ф. Исследование распределения веса по опорам тракторного транспортного агрегата / Н.Ф. Скурятин, Б.С. Зданович. – М., 2000. – 48 с. – Деп. в ВНИИТЭИагропрома, № 139.

97. Скурятин, Н.Ф. Исследование сил, действующих на модернизированный полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений/ Н.Ф. Скурятин, Романченко М.И., С.В. Соловьёв и др. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – Воронеж. – 2015. – № 4(47). – С. 137-144.

98. Скурятин, Н. Ф. Метод перераспределения веса транспортно-технологического агрегата по его опорам / Н.Ф. Скурятин, Б.С. Зданович // Экология ЦЧО РФ. Липецкий эколого-гуманитарный институт. - 2000. - №2. - С. 118 – 121.

99. Скурятин, Н.Ф. Методы эффективного использования транспортно-распределительных средств на внесении удобрений: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.03 / Скурятин Николай Филиппович. – Ленинград, 1992. – 39 с.

100. Скурятин, Н.Ф. Модернизация кузовных полуприцепов-разбрасывателей органических удобрений/ Н.Ф. Скурятин, С.В. Соловьёв, Е.В. Соловьёв // Сельский механизатор. – 2015. - №11.– С. 18-19.

101. Скурятин, Н.Ф. Модернизация полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений/ Н.Ф. Скурятин, С.В. Соловьёв // Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий: Материалы XIX Международной научно-производственной конференции. Том 2. Белгород: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ.– 2015. – С. 69-70.

102. Скурятин, Н.Ф. Новое конструктивное решение полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений / Н.Ф. Скурятин, В.И. Оробинский, С.В. Соловьёв // Сельский механизатор. – 2016. - №9.– С. 10-12.

103. Скурятин, Н.Ф. Оценка эффективности применения модернизированного полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений/ Н.Ф. Скурятин, В.И. Оробинский, С.В. Соловьёв // Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий: Материалы XX Международной научно-производственной конференции. Том 2.– Белгород: Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ.– 2016. – С. 94-95.

104. Соловьёв С.В. Оценка часового расхода топлива при внесении органических удобрений модернизированным полуприцепом-разбрасывателем/ С.В. Соловьёв, В.И. Оробинский, Н.М. Дерканосова// Современные научно-практические решения XXI века: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2016. – С. 100-105.

105. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства / Под ред. В.В. Нунгезера, Ю.Ф. Лачуги, В.Ф. Федоренко. Ч. 1 и Ч. 2 – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 864 с.

106. Стефановский А.Б. Оптимизация тракторных шин с учётом агрономической нагрузочной способности почв / А.Б. Стефановский,

О.В. Болтянский, Р.В. Шеин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – №7. – С. 16.

107. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики / С.М. Тарг. – М. : Наука, 1974. – 480 с.

108. Трактор МТЗ 80: технические характеристики и расход топлива / [Электронный ресурс] Сайт Ремонт тракторов и спецтехники. – Электрон. дан. – Режим доступа: Web: <http://avto-motor.com.ua>.

109. Трепененков И.И. Навесоспособность сельскохозяйственных тракторов / И.И. Трепененков, Е.И. Титова // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1986. – №10. – С. 12-14.

110. Пат. 2096190 РФ, МПК 6 B60D1/00. Тягово-догрузочное устройство / Скурятин Н.Ф., Ткаченко И.И., Климов А.Н.; заявитель и патентообладатель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия. – № 96115610/11; заявл.26.07.96; опубл. 20.11.97, Бюл. №32. – 5 с.

111. Пат. 2148499 РФ, МПК 7 B60D1/00. Тягово-догрузочное устройство / Скурятин Н.Ф., Исаев И.К., Зданович Б.С.; заявитель и патентообладатель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия. – № 99100590/28; заявл. 10.01.99; опубл. 10.05.2000, Бюл. №13. – 4 с.

112. Уплотняющее воздействие на почву сельскохозяйственных тракторов и машин / [Электронный ресурс] Сайт Спецтехника и оборудование. – Электрон. дан. – Режим доступа: [Web: http://xn----itbb1bjjwe.xn--p1ai](http://xn----itbb1bjjwe.xn--p1ai).

113. Пат. 2469523 РФ, МПК А 01 В 63/00 (2006.01), В 62 D 49/08 (2006.01). Устройство для регулирования положения балластного груза на полураме трактора: / В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин.; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки. - № 2011116618/11; заявл. 26.04.2011; опубл. 20.12.2012., Бюл. №35.

114. Фере, Н.Э. и др. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка 2-е издание / Н.Э. Фере [и др.] — М. : Колос, 1978. - 256 с.

115. Фролов, Д.В. Устройство для повышения проходимости колёсных тракторов на транспортных работах / Д.В. Фролов, С.Н. Дроздов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. - №4(48), ч. 1. – С. 74 - 76.

116. Худовец, В.И. Повышение опорной проходимости неполноприводного трактора класса 1,4 / В.И. Худовец, С.В. Щитов, Е.И. Решетник, О.В. Щегорец // Техника и оборудование для села. - 2012. - № 10. - С. 6 - 7.

117. Цукуров А.М. Методика расчёта эксплуатационной массы трактора по ограничению воздействия на почву / А.М. Цукуров. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – №2. – С. 35-37.

118. Черников, О. Н. Обоснование допустимой величины буксования движителей, обеспечивающее уменьшение их вредного воздействия на почву: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Черников Олег Николаевич. – Саранск, 2001. – 18 с.

119. Щитов, С.В. Пути повышения агротехнической проходимости колесных тракторов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур Дальнего Востока: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.01 / Щитов Сергей Васильевич. - Благовещенск, 2009. - 39с.

120. Яценко, С.В. Исследование тягово-сцепных свойств колесного трактора класса 1,4 с корректором сцепного веса в условиях Амурской области: автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.20.01 / Яценко Сергей Викторович. – Благовещенск, 2007. – 22 с.

121. Compattamento leggero con pneumatici di qualita // Macch. e mot. agr. – 1996. –Vol. 6. – P. 66-68.

122. Jokiniemi T. Simple and cost effective method for fuel consumption measurements of agricultural machinery / T. Jokiniemi, H. Rossner, J. Ahokas // Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue. – 2012. P. 97 – 107.

123. Ormenisan, A.N. Using automatic control systems to increase dynamic performance and operating energy ploughing aggregates / A.N. Ormenisan // Brasov,

Romania. 5th International Conference "Computational Mechanics and Virtual Engineering". - 2013. – P. 405 – 409.

124. Tajanowskij G. Principles and problems of the tractors transport-pull units unitization analysis / G. Tajanowskij, W. Tanaś // Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. Commission of motorization and power industry in agriculture. – 2004. - P. 30 – 38.

125. Vilde, A.A Criteria for the estimation of the efficiency of agricultural tractors in field crop cultivation / A.A. Vilde, E.A. Pirs // Jelgava, Latvia. 7th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. Proceedings. - 2008. - P. 147 - 153.

126. Volk L. Niedriger luftdruck schont den Boden/ L. Volk // Getreide Mag. – 1997. - Vol. 3. – P. 108-111.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1 – Сравнение экспериментальных и теоретических значений изменения догружающего усилия на сцепное устройство трактора от степени опорожнения кузова (базовый вариант)

степени опорожнения кузова λ , т	Экспериментальное значение догружающего усилия R_{ϕ} , кг	Теоретическое значение догружающего усилия R_{ϕ} , кг	Ошибка опыта, %
6	934	1157	2,95
5	349	494	
4	120	77	
3	-150	-168	
2	-250	-236	
1	-100	-126	
0	157	161	

Средняя ошибка опыта определялась зависимостью:

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{P_{pi} - P_{\phi i}}{P_{pi}} \right|}{n} \cdot 100\%,$$

где P_{pi} - расчетное значение силы, кН;

$P_{\phi i}$ - экспериментальное значение силы, кН;

n - число замеров.

Приложение Б

Таблица 1 – Сравнение экспериментальных и теоретических значений изменения догружающего усилия на сцепное устройство трактора при подаче органических удобрений вперёд

степени опорожнения кузова λ , т	Экспериментальное значение догружающего усилия R_o , кг	Теоретическое значение догружающего усилия R_o , кг	Ошибка опыта, %
6	934	1157	3,92
5	349	1395	
4	120	1505	
3	-150	1436	
2	-250	1189	
1	-100	762	
0	157	161	

Приложение В

Таблица 1 – Результаты полевых испытаний по определению буксования движителей трактора

Количество груза в кузове, т	Расстояние, м	Импульсы кол-во	Буксование, %	Ср.буксование, %
По грунтовой дороге (колёса опущены)				
6 т	2580	2697	3,025	
0 т	2580	2647	1,193	
Подача органических удобрений вперёд (колёса опущены)				
6	200 (туда)	216	6,13	7,19
	200 (обратно)	221	8,26	
5	200 (туда)	214	5,26	6,55
	200 (обратно)	220	7,84	
3	200 (туда)	212	4,36	5,24
	200 (обратно)	216	6,13	
2	200 (туда)	211	3,91	4,59
	200 (обратно)	214	5,26	
1	200 (туда)	209	2,99	3,67
	200 (обратно)	212	4,36	
0	200 (туда)	205	1,1	1,34
	200 (обратно)	206	1,58	
Базовый вариант (колёса опущены)				
6	200 (туда)	216	6,13	7,19
	200 (обратно)	221	8,26	
5	200 (туда)	215	5,7	6,98
	200 (обратно)	221	8,26	
3	200 (туда)	213	4,81	5,9
	200 (обратно)	218	6,99	
2	200 (туда)	212	4,36	5,25
	200 (обратно)	216	6,13	
1	200 (туда)	210	3,45	4,35
	200 (обратно)	214	5,26	
0	200 (туда)	205	1,1	1,34
	200 (обратно)	206	1,58	

Продолжение таблицы 1

Количество груза в кузове, т	Расстояние, м	Импульсы кол-во	Буксование, %	Ср.буксование, %
По грунтовой дороге (колёса подняты)				
0	2580	2645	1,119	
По полю (колёса подняты)				
0	200 (туда)	205	1,1	1,1
	200 (обратно)	205	1,1	
1	200 (туда)	209	3,45	3,67
	200 (обратно)	212	4,36	
2	200 (туда)	211	3,91	4,56
	200 (обратно)	214	5,26	
3	200 (туда)	212	4,36	5,03
	200 (обратно)	215	5,7	

Приложение Г

Таблица 1 – Результаты полевых испытаний по определению часового расхода топлива трактора

Количество груза в кузове, т	Расстояние, м	Расход, л	Время движения, с	Расход, л/ч	Ср.расход, л/ч
По грунтовой дороге (колёса опущены)					
6	2580	1,416	755	6,75	
0	2580	1,398	776	6,48	
Подача органических удобрений вперёд (колёса опущены)					
6	200 (туда)	0,181	1,24	7,76	9,56
	200 (обратно)	0,284	1,30	11,36	
5	200 (туда)	0,151	1,30	6,05	8,47
	200 (обратно)	0,257	1,25	10,9	
3	200 (туда)	0,137	1,27	5,68	7,44
	200 (обратно)	0,207	1,21	9,2	
2	200 (туда)	0,123	1,21	5,48	7,64
	200 (обратно)	0,210	1,17	9,81	
1	200 (туда)	0,144	1,14	7,01	8,22
	200 (обратно)	0,202	1,17	9,44	
0	200 (туда)	0,164	1,15	7,88	8,43
	200 (обратно)	0,185	1,14	8,99	
Базовый вариант (колёса опущены)					
6	200 (туда)	0,181	1,24	7,76	9,56
	200 (обратно)	0,284	1,30	11,36	
5	200 (туда)	0,177	1,21	7,89	9,76
	200 (обратно)	0,255	1,19	11,63	
3	200 (туда)	0,146	1,21	6,51	8,92
	200 (обратно)	0,305	1,37	11,33	
2	200 (туда)	0,146	1,10	7,5	8,94
	200 (обратно)	0,225	1,18	10,38	
1	200 (туда)	0,128	1,10	6,57	9,02
	200 (обратно)	0,223	1,10	11,48	
0	200 (туда)	0,164	1,15	7,88	8,43
	200 (обратно)	0,185	1,14	8,99	

Продолжение таблицы 1

Количество груза в кузове, т	Расстояние, м	Расход, л	Время движения, с	Расход, л/ч	Ср.расход, л/ч
По грунтовой дороге (колёса подняты)					
0	2580	1,412	765	6,64	
По полю (колёса подняты)					
0	200 (туда)	0,133	1,20	5,98	6,99
	200 (обратно)	0,169	1,16	8	
1	200 (туда)	0,132	1,34	5,05	6,69
	200 (обратно)	0,199	1,26	8,33	
2	200 (туда)	0,132	1,37	4,91	7,58
	200 (обратно)	0,216	1,16	10,26	
3	200 (туда)	0,123	1,12	6,16	8,53
	200 (обратно)	0,212	1,10	10,9	

Таблица 1 – Результаты полевых испытаний по определению рабочей скорости агрегата

Количество груза в кузове, т	Расстояние, м	Время движения, с	Рабочая скорость агрегата, км/ч	Ср. рабочая скорость агрегата, км/ч (м/с)
По грунтовой дороге (колёса опущены)				
6	2580	755	12,2 (3,39)	
0	2580	776	12 (3,33)	
Подача органических удобрений вперёд (колёса опущены)				
6	200 (туда)	1,24	10,2	10,03 (2,79)
	200 (обратно)	1,30	9,9	
5	200 (туда)	1,30	9	
	200 (обратно)	1,25	9,9	
3	200 (туда)	1,27	9,9	
	200 (обратно)	1,21	9,9	
2	200 (туда)	1,21	9,9	
	200 (обратно)	1,17	9,9	
1	200 (туда)	1,14	9,9	
	200 (обратно)	1,17	10,9	
0	200 (туда)	1,15	10,9	
	200 (обратно)	1,14	10,1	
Базовый вариант (колёса опущены)				
6	200 (туда)	1,24	9,7	9,69 (2,69)
	200 (обратно)	1,30	10,1	
5	200 (туда)	1,21	8,4	
	200 (обратно)	1,19	8,3	
3	200 (туда)	1,21	9,3	
	200 (обратно)	1,37	7,9	
2	200 (туда)	1,10	11	
	200 (обратно)	1,18	10	
1	200 (туда)	1,10	11,1	
	200 (обратно)	1,10	11,1	

Продолжение таблицы 1

Количество груза в кузове, т	Расстояние, м	Время движения, с	Рабочая скорость агрегата, км/ч	Ср. рабочая скорость агрегата, км/ч (м/с)
0	200 (туда)	1,15	10,9	
	200 (обратно)	1,14	10,1	
По грунтовой дороге (колёса подняты)				
0	2580	765	12 (3,33)	
По полю (колёса подняты)				
0	200 (туда)	1,20	9,7	9,69 (2,69)
	200 (обратно)	1,16	11	
1	200 (туда)	1,34	8,6	
	200 (обратно)	1,26	9	
2	200 (туда)	1,37	8	
	200 (обратно)	1,16	9,2	
3	200 (туда)	1,12	11	
	200 (обратно)	1,10	11	

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **155 928** (13) **U1**(51) МПК
B62D 63/06 (2006.01)
A01C 15/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(12) **ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015115029/13, 21.04.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.04.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.04.2015

(45) Опубликовано: 20.10.2015 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п.
Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО
Белгородский ГАУ, Н.Е. Крючковой

(72) Автор(ы):

Скурятин Николай Филиппович (RU),
Соловьев Евгений Владимирович (RU),
Соловьев Сергей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский государственный
аграрный университет имени В.Я. Горина"
(RU)

R U 1 5 5 9 2 8 U 1

(54) **ПОЛУПРИЦЕП-РАЗБРАСЫВАТЕЛЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

(57) Формула полезной модели

Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений, включающий раму, кузов, рабочий орган, кронштейны, балансиры, гидроцилиндры, колёса, гидравлическую арматуру, гидрораспределитель, таймер, отличающийся тем, что к нижней части рамы по обе стороны с возможностью продольного перемещения установлены кронштейны, причём к их передним частям шарнирно закреплены штоки гидроцилиндров, а корпуса гидроцилиндров шарнирно закреплены к раме, при этом к нижней части кронштейнов шарнирно закреплены балансиры, на концах которых установлены колёса, причём на задних концах балансиров также установлены гидроцилиндры, их штоки шарнирно соединены с задними частями кронштейнов, кроме того, все гидроцилиндры соединены гидравлической арматурой с гидрораспределителем, оснащённым таймером

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

162350 (13) U1

(51) МПК

B62D63/06 (2006.01)

A01C15/18 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 07.06.2016 - нет данных

(21), (22) Заявка: 2016100547/11, 11.01.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.01.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.01.2016

(45) Опубликовано: 10.06.2016

Адрес для переписки:

308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п.
Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО
Белгородский ГАУ, Н.Е. Крючковой

(72) Автор(ы):

Оробинский Владимир Иванович (RU),
Соловьёв Сергей Владимирович (RU),
Скрятин Николай Филиппович (RU),
Соловьёв Евгений Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

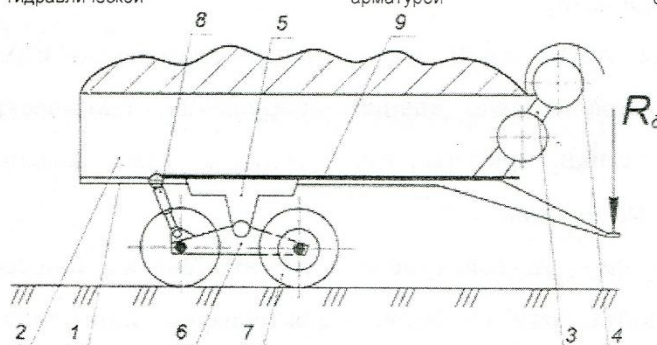
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина" (RU)

(54) ПОЛУПРИЦЕП-РАЗБРАСЫВАТЕЛЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Формула полезной модели

1. Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений, включающий раму, кузов, распределяющие рабочие органы, кожух, кронштейны, балансир колеса, гидроцилиндр, гидравлическую арматуру, отличающийся тем, что на раме установлен кузов, в передней части которого закреплен распределяющий рабочий орган с жестко установленным над ним кожухом, причем к нижней части рамы по обе стороны закреплены кронштейны, а к их нижним концам шарнирно закреплены балансиры с установленными на передних и задних концах колесами.

2. Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений по п. 1, отличающийся тем, что к задним концам балансиров шарнирно закреплены гидроцилиндры, штоки которых соединены с рамой, причем гидроцилиндры соединены гидравлической арматурой с распределителем.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU⁽¹¹⁾157304⁽¹³⁾ U1(51) МПК
B62D63/06 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 27.11.2015 - действует
Пошлина: учтена за 1 год с 02.07.2015 по 02.07.2016

(21), (22) Заявка: 2015126613/13, 02.07.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.07.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 02.07.2015

(45) Опубликовано: 27.11.2015

Адрес для переписки:

308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п.
Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО
Белгородский ГАУ, Н.Е. Крючковой

(72) Автор(ы):

Скuryтин Николай Филиппович (RU),
Соловьёв Сергей Владимирович (RU),
Бытjak Андрей Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина" (RU)

(54) ПОДСТАВКА ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ТРАКТОРНОГО ПРИЦЕПА

Формула полезной модели

Подставка для длительного хранения тракторного прицепа, включающая ось, верхнюю и нижнюю пластины, стяжные болты, щеки, основание телескопической стойки, вставку, палец, пятку, фиксаторы, отличающаяся тем, что сверху и снизу центральной части оси установлены пластины с четырьмя соосными отверстиями, которые скреплены стяжными болтами, причем к нижней пластине в продольном направлении параллельно друг другу жестко закреплены щеки с выполненными соосно тремя отверстиями, причем передние и задние отверстия размещены на горизонтальной прямой, а среднее выше нее, при этом между щеками помещено основание телескопической стойки, причем оно шарнирно соединено со щеками посредством пальца, помещенного в задние отверстия щек, причем в основании стойки ниже пальца выполнено отверстие на расстоянии, равном межцентровому расстоянию передних и задних отверстий в щеках, а в передние отверстия щек помещен фиксатор стойки, при этом в основание телескопической стойки с возможностью продольного перемещения помещена вставка с жестко закрепленной внизу пяткой, а основание телескопической стойки со вставкой соединено



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
В.Я.ГОРИНА»**

308503, п. Майский Белгородского р-на Белгородской области, ул. Вавилова, 1
Тел.(4722) 39-21-79, Fax.(4722) 39-22-62, E-mail: info@bsaa.edu.ru

№ 128 от «26» 01 2017 г.

Справка

Выдана Соловьёву Сергею Владимировичу в том, что результаты его теоретических и экспериментальных исследований по теме: «Стабилизация догрузки трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений» используется в учебном процессе на инженерном факультете ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ при написании курсовых и дипломных проектов.

Проректор по учебной работе



П.И. Бреславец

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО

«Воронежский государственный

аграрный университет

имени императора Петра I»,

Н.И. Бухтояров

«24» февраля 2017 г.



СПРАВКА

О внедрении в учебный процесс результатов научно-исследовательской
работы соискателя Соловьёва С.В.

Результаты научных исследований по стабилизации догрузки трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений используется в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 и магистров по направлению 35.04.06 «Агроинженерия». Их используют при чтении лекций, выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ.

Декан агроинженерного факультета Воронежского ГАУ,

зав. каф. сельскохозяйственных машин,

тракторов и автомобилей

доктор сельскохозяйственных наук

В.И. Орбинский

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель руководителя
испытательной лаборатории
сельскохозяйственных машин
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ



А.П. Слободюк

«27» октября 2015 г.

Аттестат аккредитации

№ RA.RU.21AD61

от 20 октября 2015 года

ПРОТОКОЛ

от 26 октября 2015 г.

**испытаний полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений
РОУ-6**

1. Состав комиссии:

председатель комиссии:

ведущий инженер ИЛ СХМ

ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

Прокофьев В.В.

члены комиссии:

- Инженер группы энергетической оценки,
оценки безопасности и надежности
машин
- Инженер по метрологии

Любин И.В.

Григоров Н.Н.

2. Общие данные об испытываемой машине.

Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений РОУ-6 (далее разбрасыватель) предназначен для:

- транспортирования и дозированного поверхностного разбрасывания твердых органических удобрений - навоза, торфа, компостов и т.д.;
- перевозки различных сельскохозяйственных грузов с выгрузкой назад при условии снятия разбрасывающего блока битеров.

Полуприцеп-разбрасыватель изготовлен в 1989 году на предприятии «Ригасельмаш», модернизирован на кафедре «Технический сервис в АПК» ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ в августе 2015 года.

Проверяемые характеристики полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений.

- нагрузка на дышло при изменении массы груза в кузове.

4. Условия испытаний.

4.1 Температура окружающей среды – 20⁰ С.

5. Документы, используемые для испытаний.

5.1 ГОСТ 12.2.002-91 «Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности», п.2.2.

6. Средства измерения, применяемые при испытаниях.

Таблица 1 – Параметры и средства для их определения

Наименование определяемых характеристик	Наименование средств измерения	Изготовитель	Метрологические характеристики		Сведения о поверке
			диапазон	точность	
1. Температура воздуха	Термометр стеклянный ртутный ТЛ-2 № 34	СССР	0 – 150 ⁰ С	± 1 ⁰ С	Формуляр от 25.03.2015 г. ФБУ «Белгородский ЦСМ»
2. Измерение нагрузки на дышло	Динамометр ДПУ 1-20-1 УХЛ25 № 220	Россия	1 – 20 кН	0,2 кН	Формуляр от 19.03.2015 г. ФБУ «Белгородский ЦСМ»

7. Проведение испытаний.

Нагрузка на дышло модернизированного полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений РОУ-6 измерялась с помощью динамометра ДПУ 1-20-1 при прямой подаче материала и обратной подаче материала.

Результаты испытаний приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Результаты испытаний при прямой подаче материала

Масса груза в кузове, т	Нагрузка на дышло, кН			Среднее, кН
	Повторности			
	1	2	3	
6	9,2	9,1	9,2	9,17
5	3,5	3,4	3,4	3,43
4	1,2	1,2	1,1	1,17
3	-1,5	-1,5	-1,4	-1,47
2	-2,5	-2,5	-2,4	-2,47
1	-1,0	-0,9	-1,0	-0,97
0	1,5	1,6	1,5	1,53

Таблица 2 – Результаты испытаний при обратной подаче материала

Масса груза в кузове, т	Нагрузка на дышло, кН			Среднее, кН
	Повторности			
	1	2	3	
6	9,2	9,1	9,2	9,17
5	12,4	12,5	12,4	12,43
4	13,7	13,6	13,7	13,67
3	14,1	14,2	14,0	14,10
2	11,9	11,8	11,9	11,87
1	8,1	8,2	8,1	8,13
0	1,5	1,6	1,5	1,53

8. Заключение комиссии.

Испытываемый модернизированный полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений РОУ-6 соответствует требованиям ГОСТ 23982-85 и может быть использован по назначению.

Председатель комиссии:
Ведущий инженер



Прокофьев В.В.

Члены комиссии:

Инженер группы энергетической
оценки, оценки безопасности и
надежности машин



Любин И.В.

инженер по метрологии



Григоров Н.Н.