

На правах рукописи



Соловьёв Сергей Владимирович

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

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Воронеж – 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Научный руководитель доктор сельскохозяйственных наук
Оробинский Владимир Иванович

Официальные оппоненты: **Макаров Валентин Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства», главный научный сотрудник отдела механизации внесения удобрений;

Щитов Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», проректор по учебной работе, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК

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

Защита состоится 22 июня 2017 г. в 14 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 220.010.04, созданного на базе Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Воронежского ГАУ), по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 13, учебный корпус агроинженерного факультета (корпус № 3), аудитория 319.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежского ГАУ и на сайте www.vsau.ru («Информация о деятельности диссертационных советов» — «Защиты» — «Д 220.010.04»), а также по ссылке: <http://ds.vsau.ru/?p=4723>.

Автореферат разослан 21 апреля 2017 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета



Афоничев Дмитрий Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 транспортно-распределительных агрегатов – изменение их массы в процессе опорожнения кузова, что ведёт к изменению сил, действующих на ходовой аппарат трактора и распределителя, 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 сцепного устройства трактора.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие проблемы повышения грузоподъёмности и улучшение тягово-сцепных свойств тракторов сделали известные ученые: Гребнев В.П., Макаров В.А., Щитов С.В., Охотников Б.Л., Скурятин Н.Ф., Ворохобин А.В., Кутьков Г.М., Ксеневич 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 ухудшения управляемости ТТА, необходимости изменения или включения дополнительных узлов к сцепным устройствам тракторов. Устранение вышеотмеченных недостатков возможно путём разработки новых технических решений обеспечивающих стабилизацию догрузки сцепных устройств тракторов со стороны полуприцепов, в процессе разгрузки кузова.

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

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

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

2. Установить закономерности изменения догружающего усилия сцепного 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 сцепного устройства трактора в процессе опорожнения кузова.

Объект исследований – полуприцепной тракторный транспортно-распределительный агрегат.

Предмет исследований – закономерности изменения догружающего усилия сцепного 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 колёсный ход смещается назад с последующим поднятием передних колёс в процессе распределения органических удобрений; распределительные рабочие органы устанавливаются в передней части кузова и опорожнение его осуществляется с задней части;

– аналитические зависимости изменения догружающего усилия на сцепное 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 сцепное устройство трактора позволяют определить величину догрузки 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 указывают на 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. Технико-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».

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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, представлены цель и задачи исследования, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса и задачи исследования» представлен анализ способов повышения тягово-сцепных свойств колёсных тракторов; приведено влияние догрузки сцепных устройств тракторов со стороны транспортных и транспортно-технологических средств на буксование и топливную экономичность, дан анализ технических решений по повышению эффективности применения полуприцепной схемы тракторно-транспортного агрегата.

Значительный вклад в развитие проблемы повышения грузоподъемности и улучшение тягово-сцепных свойств тракторов сделали известные ученые: Гребнев В.П., Макаров В.А., Щитов С.В., Ворохобин А.В., Охотников Б.Л., Скурятин Н.Ф., Кутьков Г.М., Ксеневич 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 ходе проведенного анализа способов повышения тягово-сцепных свойств тракторов и влияния догрузки сцепных устройств тракторов со стороны транспортных и транспортно-технологических средств на технико-экономические показатели, установлено [6], что:

- увеличение грузоподъемности 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 отношении улучшения управляемости ТГА, необходимости изменения или включения дополнительных узлов к сцепному устройству трактора;

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

Во второй главе «Исследование распределения веса полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений по его опорам» отражены результаты математического моделирования процесса опорожнения кузова двух вариантов модернизации полуприцепа-разбрасывателя [8].

Сущность модернизации по первому варианту (патент РФ №155928 [4]) понятна из рисунка 1 и 2 и описания работы полуприцепа-разбрасывателя [1,2].

При рабочем ходе полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений разгрузка кузова 2 начинается с передней его части, в результате чего центр масс полуприцепа-разбрасывателя смещается назад и, как следствие, уменьшается догрузка R_0 сцепного устройства трактора (рисунок 2, отрезок кривой 1), что неизбежно ведёт к увеличению буксования. При известной грузоподъёмности Q полуприцепа-разбрасывателя, его рабочей ширине захвата B_p , установленной дозы внесения d , рабочей скорости \mathcal{G}_p , время t опорожнения кузова 2 равно

$$t = \frac{Q}{B_p \cdot d \cdot \mathcal{G}_p}, \quad (1)$$

где Q - грузоподъёмность полуприцепа-разбрасывателя, кг;

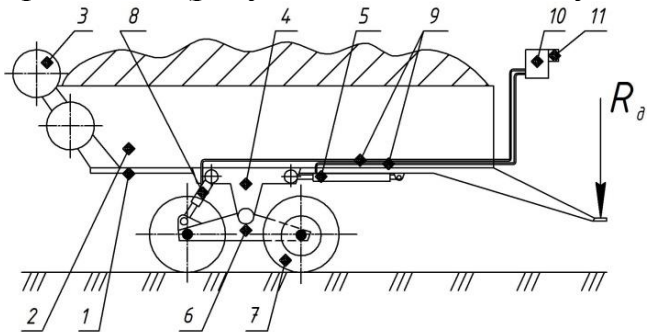
B_p - рабочая ширина захвата, м;

d - доза внесения органических удобрений, кг/м²;

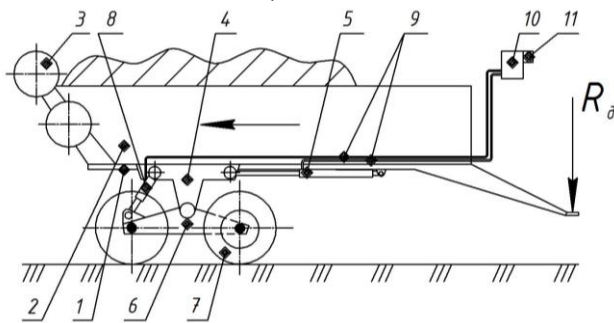
\mathcal{G}_p - рабочая скорость, м/с.

В расчётное время t_1 (рисунок 1) посредством таймера 11, гидрораспределителя трактора 10, гидравлической арматуры 9, включаются гидроцилиндры 5, что приводит к смещению кронштейнов 4 назад (рисунок 1б), в результате чего достигается исходная догрузка R_0 на сцепное устройство трактора. При дальнейшем уменьшении органических удобрений в кузове догрузка трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя изменяется по отрезку кривой 2 (см. рисунок 2). В момент времени t_2 , также посредством

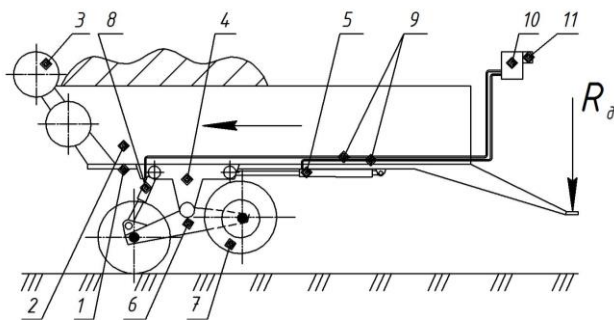
таймера 11, гидрораспределителя трактора 10 гидравлической арматуры 9 включаются гидроцилиндры 8, что приводит к подъёму передних колёс (рисунок 1в) и, как следствие, к достижению исходной догрузки R_0 на сцепное устройство трактора. Последующее уменьшение органических удобрений в кузове ведёт к снижению величины догрузки, характеризуемой отрезком кривой 3 (рисунок 2). Точка О указывает на полное опорожнение кузова полуприцепа-разбрасывателя.



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.

← — направление подачи органических удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя

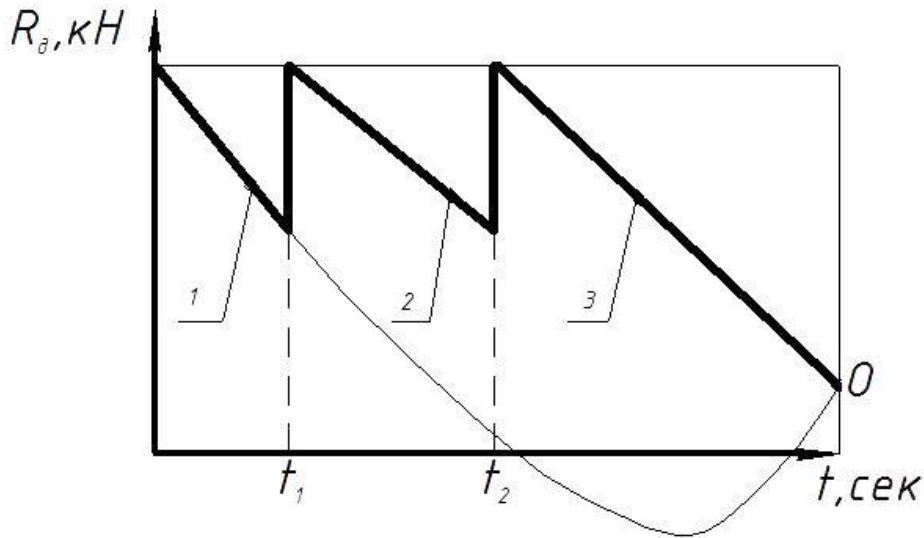
Рисунок 1 – Схема воздействий на колёсный ход полуприцепа-разбрасывателя в процессе опорожнения кузова

Определим степени опорожнения кузова, а следовательно и продолжительность его разгрузки когда целесообразно включение гидроцилиндров 5 и 8 [6].

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.



1;2;3 – изменение догружающего усилия на сцепное устройство трактора соответственно: для базового варианта; при смещении кронштейна колёсного хода назад; при поднятых передних колёсах.

Рисунок 2 – Схема изменения догружающего усилия сцепного устройства трактора в процессе опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя (первый вариант модернизации)

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

$$Q_{pi} = \frac{Q_p^H}{l_k} \cdot l_i = q \cdot l_i \quad (2)$$

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

Выразим 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:

$$Q_{pi}^H = l_k \cdot \lambda \cdot q$$

Уравнение моментов относительно точки А (см. рисунок 3) имеет вид:

$$R_{o\bar{o}} \cdot l_{o\bar{o}} + R_o^H \cdot l_p = Q_p \frac{l_k}{2} + G_{np} \cdot l_u \quad (3)$$

Или

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

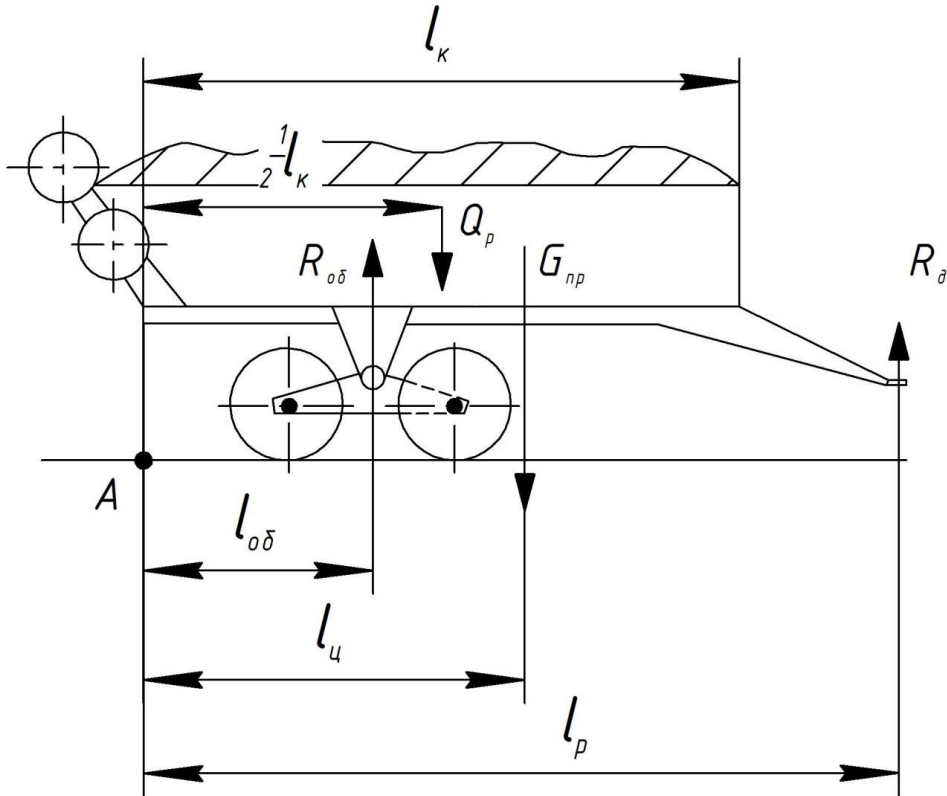


Рисунок 3 – Схема сил, действующих на полуприцеп-разбрасыватель (при полной загрузке кузова)

После преобразований

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

$$A\lambda^2 - B\lambda + C = 0 \quad (4)$$

$$\text{где } A = \frac{q}{2} l_k^2; B = q \cdot l_k \cdot l_{o\delta}; C = G_{np} \cdot (l_{\psi} - l_{o\delta}) + R_{\delta}^H (l_{o\delta} - l_p) \quad (5)$$

В условиях, когда не происходит смещения кронштейнов колёсного хода, а все колёса балансира находятся в исходном положении, то решив уравнение (4) получим, что $\lambda = 1$.

Так как, опорожнение кузова полуприцепа-разбрасывателя происходит с передней части, то для восстановления исходного значения догружающего усилия сцепного устройства трактора необходимо посредством гидроцилиндров 5 (см. рисунок 1) переместить кронштейны 4 назад на некоторую заданную величину l_{ψ} посредством гидроцилиндра 5. Это позволит уменьшить плечо приложения реакции силы, действующей на колесный ход. Решая квадратное уравнение (4) при значениях коэффициентов (5) равных:

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

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

получим значение степени опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя λ_1 , когда догружающее сцепное устройство трактора усилие достигнет своего исходного значения, равного R_δ^H .

Продолжающийся процесс разгрузки кузова полуприцепа-разбрасывателя вновь будет создавать условия для снижения догружающего усилия сцепного устройства трактора. Дальнейший рост догрузки до номинального значения R_δ^n можно обеспечить путём подъёма передних колес полуприцепа-разбрасывателя, включая гидроцилиндры 8 (рисунок 1). В этом случае плечо приложения реакции опоры на колесный ход $R_{o\delta}$ сократится на величину l_z равную радиусу колеса полуприцепа-разбрасывателя r_k .

Степень опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя в момент подъема передних колес должна быть равна λ_2 , ее значения так же находятся из квадратичного уравнения (4), причем значения постоянных коэффициентов (5) должны быть равны:

$$A = \frac{q}{2} l_k^2; B = q \cdot l_k (l_{o\delta} - l_{uu} - r_k)$$

$$C = G_{np} \cdot (l_{uu} + r_k + l_y - l_{o\delta}) + R_\delta^H \cdot (l_{o\delta} - l_{uu} - r_k - l_p) \quad (6)$$

Время включения гидроцилиндров 5 и 8 (рисунок 1) от начала процесса опорожнения кузова t_1 и t_2 соответственно равно:

$$t_1 = \frac{Q_p \cdot (1 - \lambda_1)}{B_p \cdot d \cdot v_p} \quad \text{и} \quad t_2 = \frac{Q_p \cdot (1 - \lambda_2)}{B_p \cdot d \cdot v_p} \quad (7)$$

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.

$$2N_k \geq G_{np} + Q_p^H \lambda_2^* - R_\delta^H \quad (8)$$

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 1).

Значение λ_2^* находим из отношения

$$\lambda_2^* = \frac{2N_k - G_{np} + R_\delta^H}{Q_p^H} \quad (9)$$

Если окажется, что

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

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

Схема изменения догружающего усилия сцепного устройства трактора по первому варианту модернизации полуприцепа-разбрасывателя (рисунок 1) указывает на дискретный характер, т.е. не в полной мере достигается его стабилизация.

Конструктивно-техническая схема полуприцепа-разбрасывателя модернизированного второму по варианту [3], когда подача органических удобрений подаётся от заднего борта кузова к переднему, показана на рисунке 4 (патент РФ №162350 [6]).

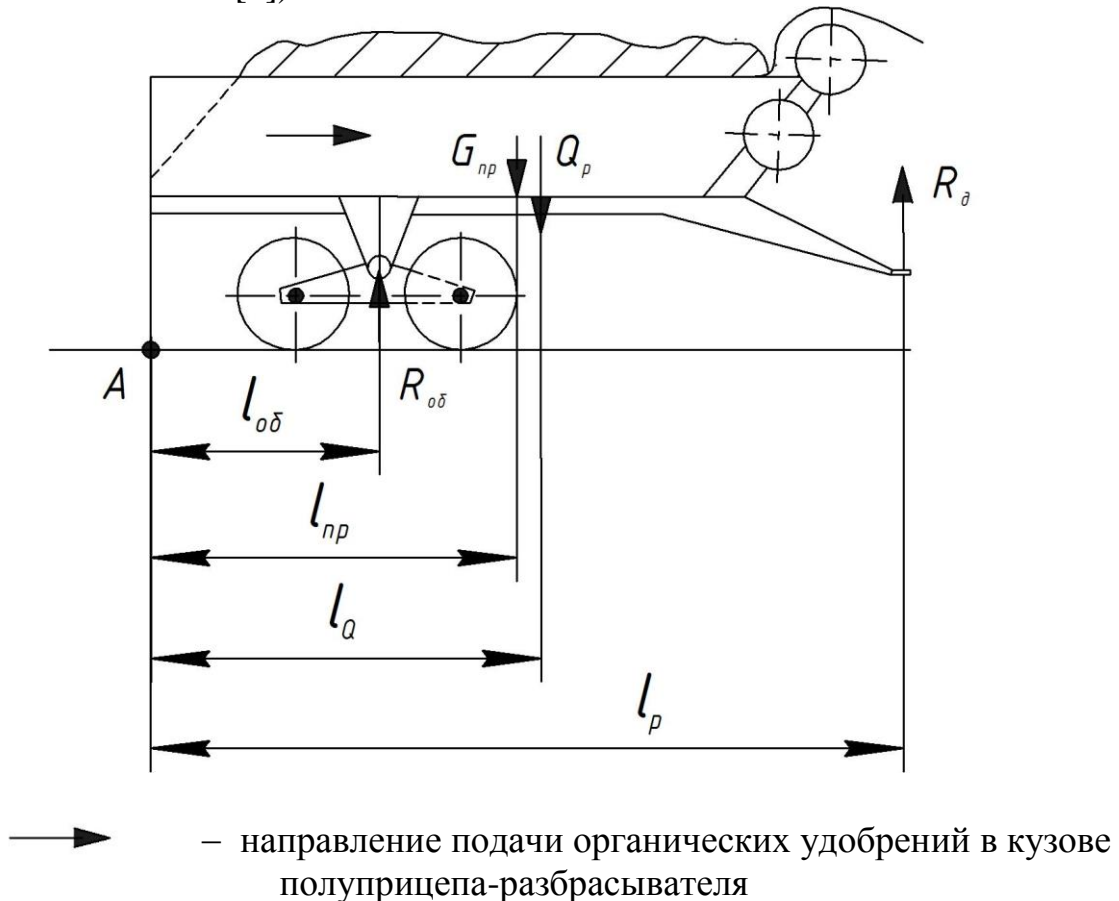


Рисунок 4 – Схема сил, действующих на полуприцеп-разбрасыватель при подаче органических удобрений к распределяющим рабочим органам, установленным вместо переднего борта кузова

Уравнение моментов сил, действующих на полуприцеп-разбрасыватель относительно точки А с учётом выражения

$$Q_p = q \cdot l_k (1 - \lambda_1)$$

будет иметь вид

$$\left[G_{np} + q \cdot l_k (1 - \lambda_1) - R_d \right] l_{oo\delta} + R_d l_k = G_{np} \cdot (l_u - l_{oo\delta}) + q \cdot l_k \cdot (1 - \lambda_1) \frac{1}{2} l_k (\lambda_1 + 1) \quad (10)$$

После преобразований выражения (10) получаем

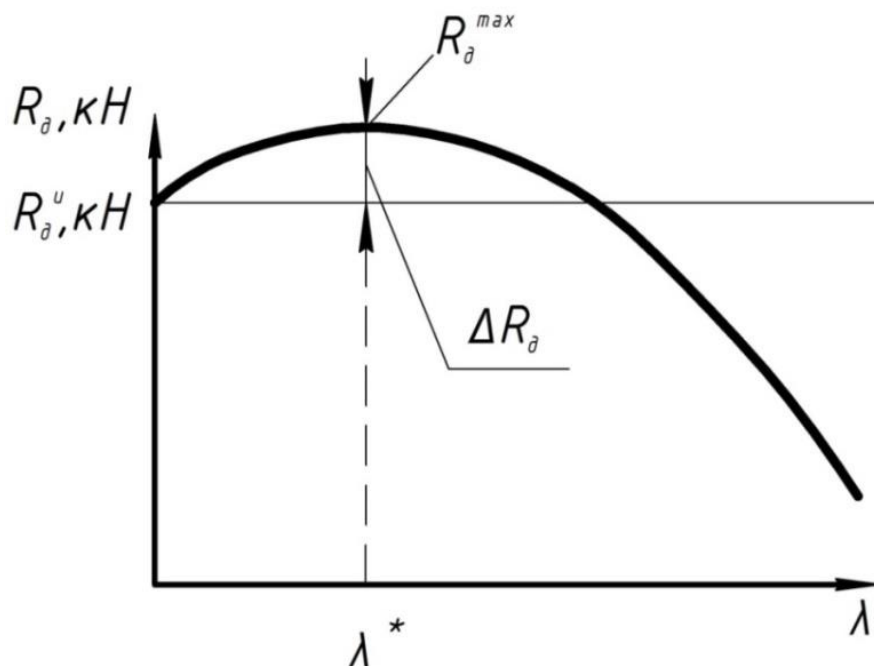
$$q \cdot \frac{l_k^2}{2} \cdot \lambda_1^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{oo\delta} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda_1 + G_{np} (l_{oo\delta} - l_u) = R_d \cdot (l_{oo\delta} - l_p) \quad (11)$$

Откуда

$$R_{\delta} = \frac{q \cdot \frac{l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{об} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{np} (l_{об} - l_u)}{(l_{об} - l_p)} \quad (12)$$

Здесь l_{δ} - плечо приложения веса органических удобрений, оставшихся в кузове полуприцепа-разбрасывателя, относительно точки А, м.

Анализ зависимости (12) показывает, что догружающее сцепное устройство трактора сила имеет экстремум (рисунок 5).



R_{δ}^{max} и R_{δ}^u – максимальное и номинальное значение догружающего усилия на сцепное устройство трактора

ΔR_{δ} – величина догружающего усилия, превышающая номинальное значение

Рисунок 5 – Схема изменения догружающего усилия сцепного устройства трактора в процессе опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя (подача удобрений от заднего борта кузова)

Сравнение рисунков 2 и 5 указывает на целесообразность проведения модернизации полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений путём изменения направления подачи удобрений в кузове от заднего борта к переднему, где установлены распределяющие рабочие органы.

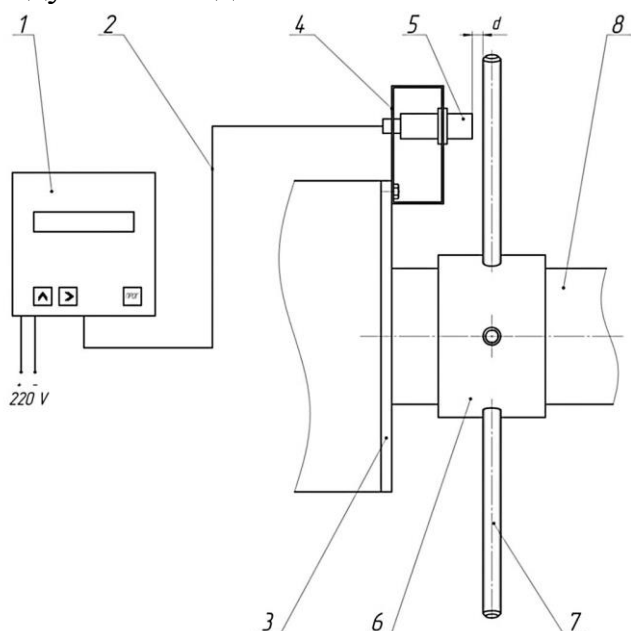
В третьей главе «Программа и методика проведения экспериментальных исследований» описано оборудование, используемое при определении в статике, закономерности изменения догрузки со стороны полуприцепа-разбрасывателя на сцепное устройство трактора при разгрузке кузова назад и вперёд. В качестве груза использовались мешки с песком весом по 50 ± 1 кг, электронные весы ВСП4-3000А. Исследование проводилось на агрегате в

составе: трактор – МТЗ-80.1, полуприцеп разбрасыватель – РОУ-6 (рисунок 6) грузоподъемностью 6 тонн



Рисунок 6 – Тракторный транспортно-распределительный агрегат МТЗ-80.1+РОУ-6 грузоподъемностью 6 тонн

В основу определения буксования двигателей трактора было положено определение числа оборотов ведущего колеса трактора при прохождении расстояния равного 200 м на стерневом фоне с уклоном не превышающем 2° (рисунок 6), при этом использовалось электронное дорожное измерительное колесо (курвиметр) ADA Wheel 100 Digital и счётчик числа оборотов колеса с индуктивным датчиком Autonics PRCM18-8DN (рисунок 7).



Твёрдость почвы по глубине пахотного слоя определялась твердомером ИП 232 РЭ. Влажность почвы определялась согласно методики ГОСТ 20915-2011.

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 – выступы; 8 - полуось трактора

Рисунок 7 – Принципиальная схема счетчика числа оборотов колеса

Буксование на грунтовой дороге определялось на расстоянии 2000 м. Часовой расход топлива определялся объёмным способом посредством расходомера DFM 50С, установленным в топливную систему двигателя трактора МТЗ-80.1.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований и обоснование режима корректирования догружающего усилия трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя» рассмотрены вопросы изменения догружающего усилия на сцепное устройство трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя для трёх вариантов модернизации [10]:

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).

На рисунке 8 показано изменение догружающего усилия на сцепное устройство трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя для базового варианта [7], когда подача органических удобрений в кузове осуществляется от переднего борта к заднему, откуда видно, что догружающие усилие за время опорожнения кузова два раза достигает нулевого значения, более того при этом наблюдается разгрузка сцепного устройства, величина которой при количестве

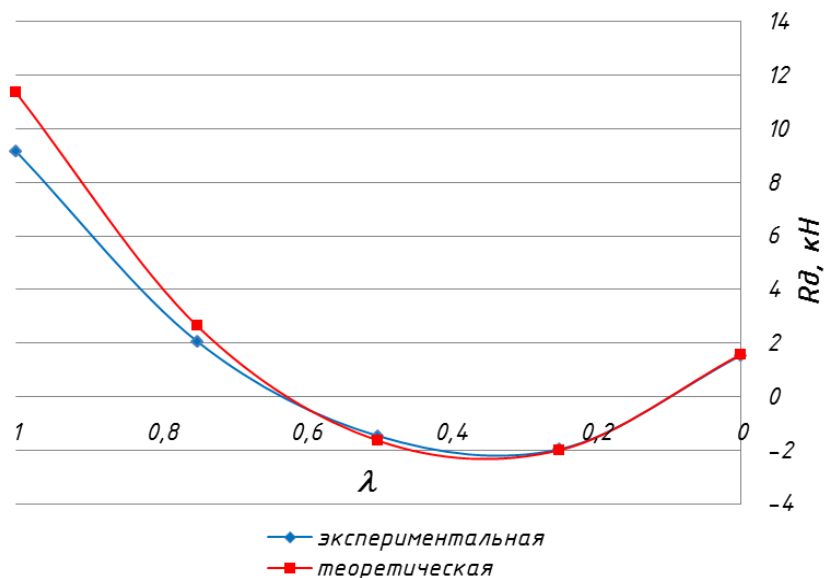
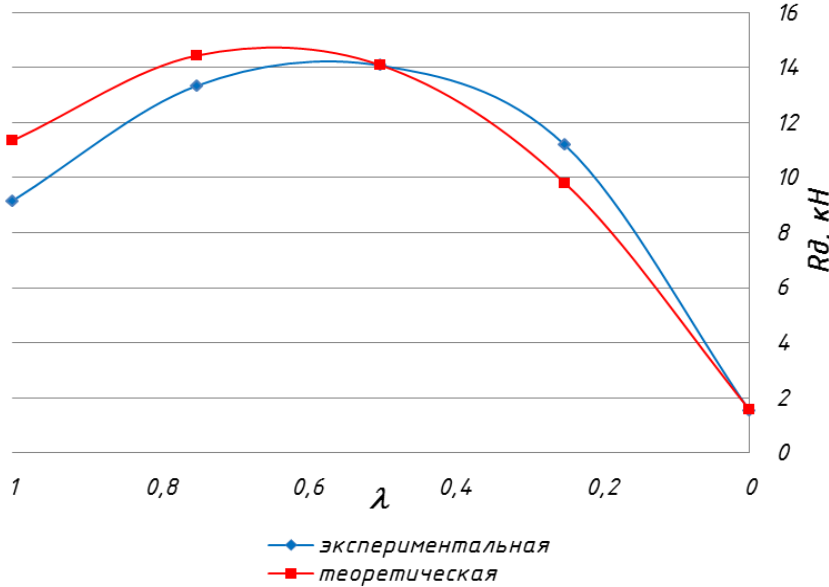


Рисунок 8– Изменение догружающего усилия на сцепное устройство трактора от степени опорожнения кузова (базовый вариант)

удобрений в кузове равном 2 т достигает 2,33 кН. В этом случае обеспечение номинальной догрузки равной 10,86 кН достигается путём подъёма передних колёс разбрасывателя, что ведёт к изменению расположения центра масс пустого разбрасывателя и оставшегося количества удобрений в кузове равном 4.36 т, т.е. при степени его опорожнения – 0,273.

Но несущая способность задних колёс разбрасывателя не превышает $2 \cdot 16,67$ кН, поэтому расчёты по формуле (8) показывают, что подъём передних колёс полуприцепа-разбрасывателя возможен при количестве груза в кузове равном $Q^* = 2,5$ тонны.

Если модернизация полуприцепа-разбрасывателя осуществляется путём изменения подачи удобрений в кузове от заднего борта к переднему, то догружающее усилие на сцепное устройство трактора в процессе опорожнения кузова остаётся положительным и имеет выпуклый характер (см. рисунок 9), причём оно сначала возрастает, достигая выделены 14,75 кН при степени опорожнения равном 0,67, в этом случае догружающее



усилие превышает номинальное значение на величину равную 3,89 кН. Расчётами установлено, что предельная разгрузка передних управляемых колёс трактора в этот момент может достигнуть при угле подъёма превышающем $4,2^{\circ}$.

Рисунок 9 – Изменение догружающего усилия на сцепное устройство трактора при подаче органических удобрений от заднего борта кузова к переднему

Сравнительная оценка расхода топлива по двум вариантам модернизации при прямой и обратной подаче удобрений в кузове полуприцепа-разбрасывателя РОУ-6 [9] (рисунок 10) показала, что второй вариант модернизации более эффективен, площадь между кривыми указывает на суммарную экономию топлива за один цикл, т.е. за время распределения 6 тонн органических удобрений, она составляет 1,126 л/ч.

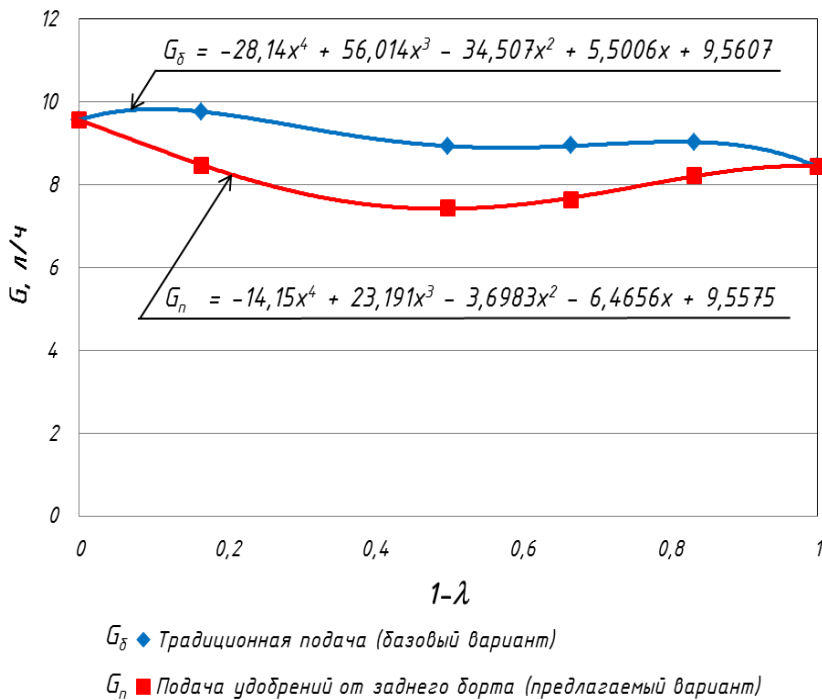


Рисунок 10 – Изменении часового расхода топлива от степени опорожнения кузова

Кроме этого экспериментально установлено, что движение агрегата МТЗ-80+РОУ-6 по полю и грунтовой дороге вхолостую с передними

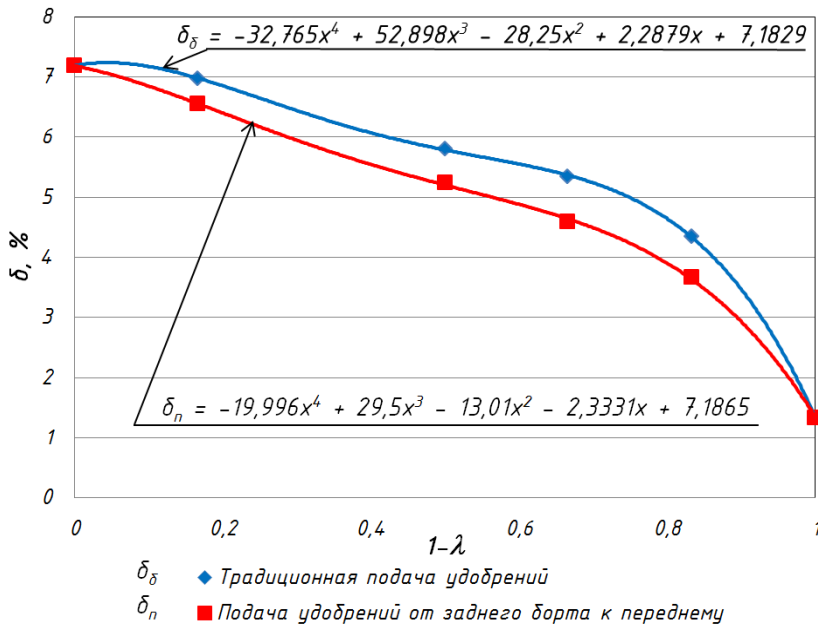


Рисунок 11 – Изменение буксования трактора от степени опорожнения кузова

поднятыми колёсами полуприцепа-разбрасывателя эффективнее. Экономия топлива в этом случае составляет 0,8 л/ч. Аналогичные результаты (рисунок 11) получены и при сравнении буксования трактора, среднее значение снижения буксования составляет 0,523%.

Снижение часового расхода топлива двигателем и буксования трактора указывают на целесообразность

модернизации полуприцепа-разбрасывателя путём установки распределяющих рабочих органов вместо переднего борта кузова и оснащение колёсного хода гидроцилиндром для подъёма передних колёс

В пятой главе «Эффективность использования модернизированного полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений» выполнена сравнительная оценка применения базового варианта полуприцепа-разбрасывателя когда удобрения в кузове подаётся от переднего борта к заднему[3], где установлены распределяющие рабочие органы и предлагаемого – удобрения в кузове подаются от заднего борта к переднему при условии, что полуприцепы-разбрасыватели используются не только по прямочной и перевалочной технологиям нормативное время 450 часов в год, но и как транспортные средства с общей годовой загрузкой 800 часов. Расчёты выполнены по известной методики технико-экономической оценки сельскохозяйственной технике с использование экспериментальных данных: часового расхода топлива и буксования трактора. Модернизация полуприцепа разбрасывателя не предполагает значительных капиталовложений, а изменение рабочей скорости агрегата при распределении органических удобрений изменяется не существенно, поэтому технико-экономическая оценка модернизации проведена по расходу топлива. Установлено что за один год эксплуатации модернизированного полуприцепа-разбрасывателя будет сэкономлено 142 литра топлива, что составит в ценах 2016 года 5 тысяч рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате анализа использования полуприцепных ТТА установлено, что стабилизацию догружающего усилия сцепного 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 сцепному 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 сцепное 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 сцепное 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 сцепное 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 сцепного 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 $4,2^{\circ}$, а вероятность появления полей в ЦЧЗ с углом склона более $4,2^{\circ}$ 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 ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ, В КОТОРЫХ ОТРАЖЕНЫ ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в ведущих рецензируемых научных изданиях

1. 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.
2. 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.
3. 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.

Патенты

4. Пат. 155928 Российская Федерация, МПК А01С 15/00 (2006.01), В62D63/06 (2006.01). Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений / Скурятин Н. Ф., Соловьёв 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.
5. Пат. 162350 Российская Федерация, МПК А01С 15/18 (2006.01), В62D63/06 (2006.01). Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений / Оробинский В.И., Соловьёв С. В., Скурятин Н. Ф., Соловьёв 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.

Статьи в сборниках научных трудов и в отраслевых журналах

6. Скурятин Н.Ф. Исследование догружающего усилия сцепного 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.

7. Оробинский В.И. Сравнительная оценка догружающего усилия сцепного 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. I. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2015. – С. 17-23.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

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

СОЛОВЬЁВ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

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

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 18.04.2017 г. Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 110 экз. Заказ №120

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом
университете им. В.Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46