

*На правах рукописи*



**ЮХИН ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**СНИЖЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ И ЯБЛОК НА  
ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ  
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Специальность: 05.20.01 - Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Рязань – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ)

**Научный консультант:** доктор технических наук, профессор  
**Успенский Иван Алексеевич**

**Официальные оппоненты:** **Гамаюнов Павел Петрович,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
профессор кафедры «Организация перевозок  
и управления на автотранспорте»  
**Гапич Дмитрий Сергеевич,**  
доктор технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ,  
заведующий кафедрой «Ремонт машин и  
технология конструкционных материалов»  
**Пшеченков Константин Александрович,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБНУ «Всероссийский научно-  
исследовательский институт картофельного  
хозяйства им. А.Г. Лорха», заведующий  
группой хранения и переработки картофеля  
**Ведущая организация:** ФГБНУ «Российский научно-  
исследовательский институт информации и  
технико-экономических исследований по  
инженерно-техническому обеспечению  
агропромышленного комплекса»

Защита состоится «21» марта 2017 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» по адресу: 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1, зал заседаний диссертационных советов.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», на сайте ФГБОУ ВО РГАТУ: [www.rgatu.ru](http://www.rgatu.ru) и сайте Минобрнауки РФ: [www.vak3.ed.gov.ru](http://www.vak3.ed.gov.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного  
совета доктор технических наук, доцент



А.В. Шемякин

### Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** Роль транспорта в сельскохозяйственном производстве значительна. Он является связующим звеном в технологической цепи агропромышленного комплекса Российской Федерации (АПК РФ). Развитие сельскохозяйственного производства неизбежно влечет за собой возрастание объема перевозок. Для бесперебойного обеспечения населения продуктами питания среднегодовое увеличение объема производства сельского хозяйства должно быть не менее 12%. Поэтому вопросы повышения производительности труда и снижения повреждений продукции АПК РФ, которые возможны на транспорте, приобретают в настоящее время большое значение.

На внутривозрастных перевозках (ВП) в АПК РФ вместе с автомобилями широко используется тракторный транспорт (ТТ). Рациональность применения колесных тракторов на ВП обосновывается возможностью их движения как по асфальтированным, так и по грунтовым дорогам. Удельный вес перевозок ТТ в отечественном сельском хозяйстве составляет 22-27% от общего объема транспортных перевозок (ТП) и 50-60% объема ВП. Высокого уровня достигло применение ТТ в странах Западной Европы и США. Так в хозяйствах ведущих стран Западной Европы (Германия, Италия, Франция и др.) около 70-90% ВП сельскохозяйственных грузов осуществляется ТТ.

Одной из наиболее существенных и сложных задач является борьба с повреждениями и потерями сельскохозяйственной продукции, в которой весьма ответственная роль отводится автомобилям и ТТ как важнейшим звеньям транспорта АПК РФ. Как показал анализ материалов по уборке и ВП картофеля и яблок более 15-20% продукции не доходит до потребителя. До 50% времени пребывания транспортных средств (ТС) в наряде составляют простои в пунктах погрузки и разгрузки, что также отрицательно сказывается на сохранности продукции. Ежегодный ущерб от потерь сельскохозяйственной продукции составляет около 8 млрд. руб. Транспортные издержки в себестоимости производимой на селе продукции достигают 30-40% и более. Снижение их позволит дополнительно направить на развитие АПК РФ значительные средства. Увеличение сроков уборки ведет к росту потерь и повреждений. Поэтому рост производительности ВП необходим: затягивание уборки ведет к работе при  $t^{\circ}$  воздуха менее 5-7  $^{\circ}\text{C}$ , что является одной из основных причин потерь и повреждений.

Таким образом, создание новых научно-обоснованных решений в конструкциях ТС для ВП, повышающих сохранность и производительность уборки картофеля и яблок в условиях АПК РФ, являются актуальными научно-

техническими задачами, решение которых вносит значительный вклад в развитие страны, а так же способствует реализации безубыточного, конкурентоспособного производства.

**Степень разработанности темы.** Исследованием ВП картофеля и яблок в кузове ТС занимались И.Б. Беренштейн, С.Н. Борычев, И.М. Брутер, Д.С. Буклагин, В.В. Бычков, Н.В. Бышов, Г.П. Варламов, Н.И. Верещагин, В.Я. Гольдяпин, М.Е. Демидко, О.Н. Дидманидзе, В.С. Заводнов, А.Ю. Измайлов, И.М. Киреев, Н.Н. Колчин, Л.М. Колчина, А.З. Комаров, А.Г. Левшин, П.В. Повороженко, К.А. Пшеченков, В.Г. Селиванов, И.А. Успенский, В.Ф. Федоренко, Х.А. Хачатрян, А.В. Четвертаков, O'Brien M., L.L. Claurool и другие ученые.

По результатам анализа их исследований установлено, что на повреждения перевозимой сельскохозяйственной продукции влияют, в основном, две составляющие:

1. Характеристики груза и ТС (физико-механические свойства перевозимой продукции, способ ее затаривания и упаковки, тип ТС и его кузова);

2. Показатели, характеризующие плавность хода ТС (амплитуда, частота, скорость и ускорение колебаний грузовой платформы ТС и груза).

Вопросами исследования устойчивости и процесса стабилизации ТС при ВП занимались С.Н. Борычев, Н.В. Бышов, П.П. Гамаюнов, Д.С. Гапич, Л.В. Гячев, А.В. Жуков, Я.Х. Закин, В.А. Ким, Н.Г. Кузнецов, А.С. Литвинов, И.И. Метелицын, Я.М. Певзнер, Д.В. Сивицкий, А.А. Симдянкин, И.А. Успенский, Е.А. Чудаков, O. Ditz, W.F. Milliken, L. Segel и др.

Обобщение и уточнение результатов этих работ позволяет сегодня не только создавать математические модели ТС при ВП, но и разрабатывать различные конструкции стабилизации ТС для снижения повреждений перевозимой продукции при ВП. Однако существующее разнообразие конструкций средств для ВП отечественного и зарубежного производства не исчерпало возможности снижения повреждений картофеля и яблок при одновременном повышении производительности. В частности, недостаточно изученными остаются вопросы по созданию ТС и устройств его стабилизации при ВП в небольших садоводческих хозяйствах и сельскохозяйственных предприятиях, для которых садоводство и картофелеводство не являются единственными видами хозяйственной деятельности.

Работа выполнена по плану НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2011-2015 гг. по теме 73.31.41 «Повышение эффективности эксплуатации автотранспорта и мобильной сельскохозяйственной техники за счет разработки новых конструкций, методов и средств технического обслуживания, ремонта и

диагностирования» (№ гос. рег. 01201174433), а так же по заказам некоммерческой организации «Ассоциация образовательных учреждений АПК и рыболовства» (в ходе реализации гранта «Молодые новаторы аграрной России», 2010 г.), общества с ограниченной ответственностью «НАНИТ» (тема «Разработка универсального транспортного агрегата для использования на ВП плодоовощной продукции» (2012г.)) и общества с ограниченной ответственностью «Высоковольтные системы коммутации» (тема «Разработка и исследование инновационных решений в технологиях и технике для ВП плодоовощной продукции растениеводства» (2013г.)).

**Цель исследований** - снижение повреждений картофеля и яблок на ВП стабилизацией положения кузовов (СПК) ТС при повышении их производительности.

**Объекты исследования** – ВП картофеля и яблок; ТС на базе тракторного прицепа с устройствами СПК при ВП и при разгрузке продукции.

**Предмет исследований** – повреждения картофеля и яблок при различных скоростных и нагрузочных режимах работы тракторно-транспортного агрегата (ТТА) с устройствами СПК и при разгрузке продукции на ВП.

**Научную новизну работы составляют:**

- математические модели движения ТТА с устройствами СПК, учитывающие параметры устройств СПК при ВП и при разгрузке, влияющие на повреждения перевозимой продукции;

- научно-обоснованные технические решения ТТА с устройствами СПК при ВП и при разгрузке продукции, направленные на повышение производительности и уменьшение повреждений перевозимой продукции.

- научно-обоснованные технические решения устройств (контейнеров), способствующих снижению повреждений при ВП картофеля и яблок от места сбора до площадок хранения.

Новизна технических решений подтверждена 9 патентами РФ на изобретения и полезные модели.

**Практическую значимость работы составляют:**

- теоретически обоснованные и экспериментально уточненные конструкции устройств СПК и усовершенствованного самосвального кузова для ТТА;

- параметры жесткости упругих элементов, величин скоростей колебаний грузовой платформы, производительности ТТА с устройствами СПК при ВП и разгрузке продукции;

- практические рекомендации по использованию разработанных устройств в конструкции ТТА и оценка технико-экономического эффекта от их использования;

- перспективные конструкции ТС с устройствами СПК на ВП и при разгрузке продукции.

**Методы исследований** - теоретические исследования выполнены на основе положений, законов и методов теоретической механики и математического анализа с использованием ЭВМ, в том числе с использованием программы MathCAD 14.0 и пакета прикладного ПО LabView. Обоснование конструктивных параметров и расчет эксплуатационных показателей ТС с устройствами СПК на ВП и при разгрузке продукции проводились как по известным, так и по разработанным оригинальным методикам. При выполнении экспериментальных исследований использовались известные методики и разработанные на их основе частные. Экспериментальные исследования эксплуатационных показателей ТС с устройствами СПК на ВП и при разгрузке продукции выполнены с использованием теории планирования полнофакторного эксперимента. Обработка результатов исследований проведена методами математической статистики. Оценка объектов исследований при проведении полевых испытаний проводилась согласно ОСТ 37.001.471-88 и ОСТ 10.13.1-2000.

**Положения, выносимые на защиту:**

- результаты исследования путей снижения повреждений картофеля и яблок и повышения производительности на ВП;
- результаты анализа исследований ВП картофеля и яблок в кузове ТС;
- конструктивно-технологические схемы ТТА с разработанными устройствами СПК и усовершенствованной самосвальной конструкцией;
- математические модели движения ТТА с устройствами СПК;
- результаты теоретических и экспериментальных исследований по повышению производительности ВП и снижению величины повреждений продукции;
- результаты хозяйственных испытаний ТТА с устройствами СПК на ВП, при разгрузке продукции и оценки технико-экономического эффекта их применения;
- предложения по дальнейшей модернизации конструкций ТС и устройств СПК для ВП картофеля и яблок.

**Достоверность результатов исследований.** Для осуществления полевых исследований использовались современные приборы и установки. Полученные выводы подтверждаются сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований (расхождение составило 3,5%) при точности 95%. Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, согласуются с результатами, опубликованными в независимых источниках по

тематике исследования, и прошли широкую апробацию в печати, на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

**Реализация результатов исследований.** ТГА, оснащенные разработанными устройствами фиксации, СПК и усовершенствованной конструкцией самосвального кузова применяются в сельскохозяйственном предприятии Александрово-Невского района Рязанской области (ООО «Каширинское»).

Результаты исследований переданы Акционерному обществу «Главное специализированное конструкторское бюро по комплексам машин для механизации работ в садах, виноградниках, питомниках и ягодниках» (г. Кишинев, Республика Молдова), приняты Сектором механизации трудоемких процессов в садоводстве Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (РФ, г. Москва), а также внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО: Брянский ГАУ, Мичуринский ГАУ, Пензенская ГСХА, РГАТУ, Тверская ГСХА и ФГБОУ ДПО МИПКА.

**Вклад автора в решение поставленных задач** состоит в разработке и формулировании цели работы, определении направлений теоретических и экспериментальных исследований, установлении принципиальных методологических и методических положений, организации и проведении комплексных исследований, обобщении положений по повышению производительности ВП и снижению повреждений яблок и картофеля.

**Апробация работы.** Результаты диссертационного исследования обсуждены на научно-практических конференциях Рязанского ГАТУ им. П.А.Костычева (2008...2016 гг.), Владимирского ГУ (2010, 2013, 2014 г.), Вятской ГСХА (2010г.), Мордовского ГУ имени Н.П.Огарева (2012, 2014, 2016 г.), Белорусского ГАТУ (2013г.), Санкт-Петербургского ГАУ (2013г.), Воронежского ГАУ имени императора Петра I (2015 г.), Всероссийской научно-технической конференции Мордовского ГУ имени Н.П.Огарева (2009г.), Международных научно-технических конференциях Пензенского ГУАС (2009, 2010 гг.), Московского ГАУ им. В.П. Горячкина (2009, 2011 г.), ГНУ ВИМ (2011, 2013, 2015 г.), РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева (2016 г.), II Международном форуме сельской молодежи «Развитие агробизнеса и сельских территорий с учетом требований ВТО» (Ульяновская область 2012г.), VI Международном форуме «Дни сада в Бирюлеве» (ФГБНУ ВСТИСП 2015г.), в ходе реализации грантов «Молодые новаторы аграрной России» в номинации «Агроинженерия» (2010 г.) и по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К.») (2012 – 2013 г.). Результаты работы были представлены на салонах изобретений и инновационных технологий

«Архимед-2012,-13,-14,-15». Разработка «Устройство для транспортировки плодоовощной продукции» награждена серебряной медалью салона «Архимед-2015».

Автор работы - лауреат Всероссийского конкурса «Инженер года - 2012», награжден премией Губернатора Рязанской области молодым ученым и специалистам в области науки и инноваций (2014г.) и премией за 1 место в номинации «Молодой ученый года – 2014» имени академика И.П. Павлова среди молодых ученых и специалистов по направлению: физико-технические науки.

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в печати в 75 научных работах, из них 34 статьи в журналах, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» ВАК РФ, 1 публикация в иностранной печати, 2 научные монографии, получено 9 патентов РФ на изобретения и полезные модели. Общий объем публикаций составил 24,09 п.л., из них лично соискателю принадлежит 18,6 п.л.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы из 332 наименований, в том числе 29 на иностранных языках и 11 приложений, изложена на 388 страницах, включает 90 рисунков и 27 таблиц.

#### **Краткое содержание работы**

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулирована цель, отмечены научная новизна и практическая значимость работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе «Состояние вопроса. Задачи исследований»** в результате анализа научно-производственного опыта ВП картофеля и яблок выявлена научная проблема: повышение производительности уборочно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ с обеспечением необходимых показателей повреждений картофеля и яблок на ВП, а так же сформулирована научная гипотеза: применение в конструкции ТГА научно-обоснованных устройств СПК обеспечивает снижение повреждений картофеля и яблок при выполнении ВП в соответствии с агротехническими требованиями и увеличении их производительности.

Сформулированы **задачи исследований:**

- 1) проанализировать научно-производственный опыт ВП картофеля и яблок, существующие методы стабилизации ТС на ВП;
- 2) установить возможность снижения повреждений картофеля и яблок при повышении производительности ВП;



3) теоретически обосновать конструкцию ТТА с устройствами СПК на ВП и разгрузке продукции в диапазоне скоростей и нагрузок, обеспечивающих получение повреждений картофеля и яблок не выше агротехнических требований;

4) экспериментально определить эксплуатационно-технологические показатели ТТА с устройствами СПК на ВП и разгрузке продукции с учетом величин повреждений картофеля и яблок;

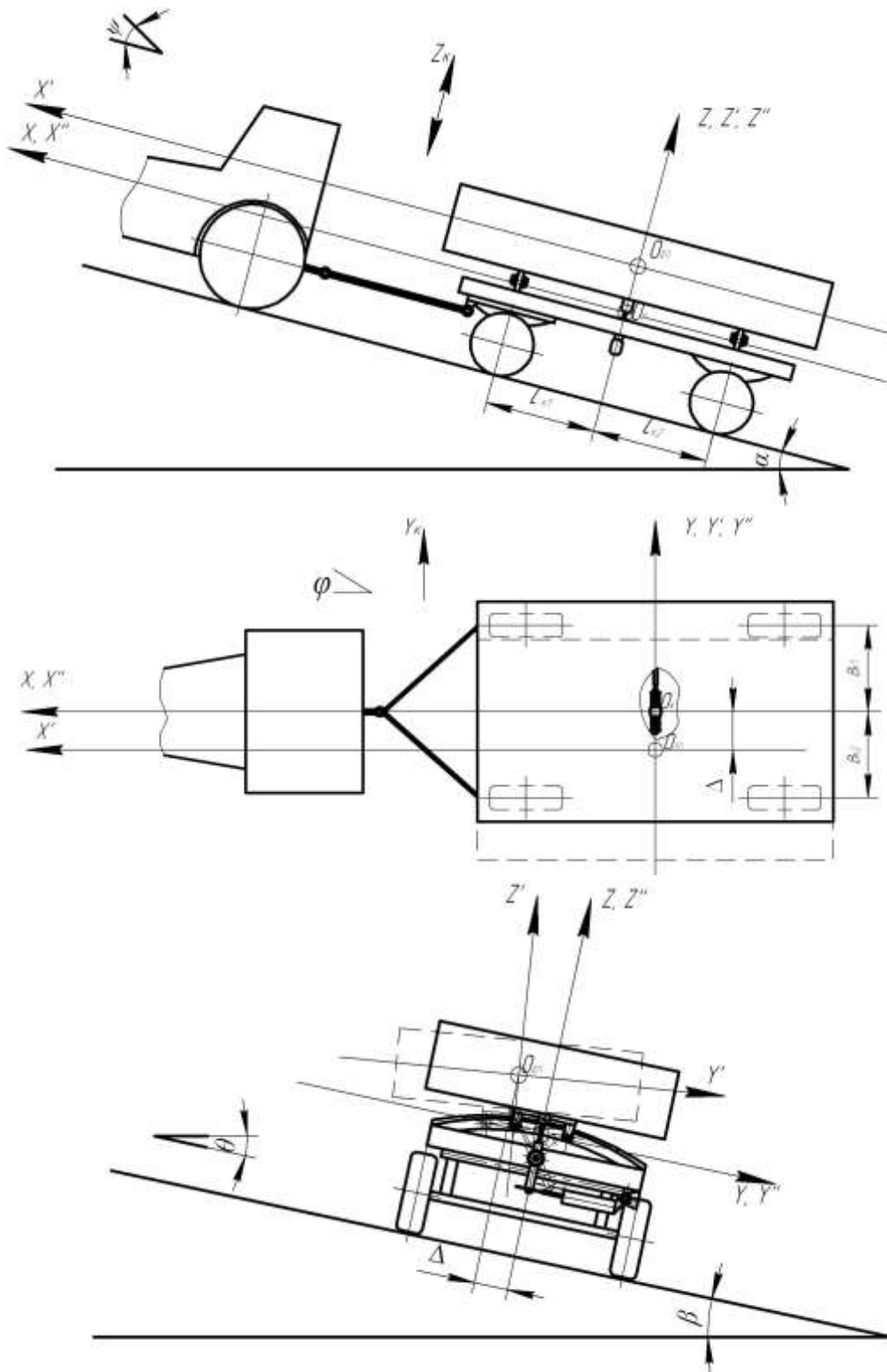
5) провести хозяйственные испытания ТТА с устройствами СПК на ВП и разгрузке продукции, по результатам которых определить экономический эффект от их применения; предложить пути дальнейшей модернизации ТС для ВП в АПК.

**Во второй главе «Теоретические исследования движения тракторно-транспортного агрегата с устройствами СПК на ВП»** разработана математическая модель движения ТТА с устройством СПК. Проведен теоретический анализ процесса разгрузки клубней картофеля из ТТА с усовершенствованным самосвальным кузовом и определены параметры самосвального кузова. Предложены новые и усовершенствованные конструктивно-технологические решения ТТА с устройствами СПК на ВП и разгрузке продукции.

С целью определения допустимой скорости ВП продукции была составлена математическая модель движения ТТА с устройством СПК. Его движение описывалось системой дифференциальных уравнений, для составления которых воспользовались уравнением Лагранжа второго рода.

При этом приняты следующие допущения: остов, рама, подвеска и оси колес ТТА считаются абсолютно жесткими; ТТА движется при ВП с постоянной скоростью; жесткости шин правой и левой сторон на каждой из осей ТТА одинаковы; пренебрегаем силой сопротивления воздуха; управляемые колеса ТТА имеют одинаковый угол поворота; коэффициенты сопротивления в подвеске и шинах правой и левой сторон каждой из осей ТТА одинаковы; считаем все массы подрессоренными.

У перемещающегося при ВП ТТА рассматривались следующие виды движения (рисунок 1): линейное перемещение ТТА в направлении перпендикулярном поверхности поля (подпрыгивание) -  $Z_k$ ; линейное перемещение ТТА вниз по склону (увод) -  $Y_k$ ; линейное перемещение ТТА в направлении параллельном поверхности поля (замедление) -  $X_k$ ; вращение ТТА вокруг оси, перпендикулярной поверхности уклона поля (виляние) -  $\varphi$ ; поворот ТТА вокруг поперечной оси (галопирование) -  $\psi$ ; поворот ТТА вокруг продольной оси (покачивание) -  $\theta$ .



$O_k$  – центр масс ТТА с устройством СПК;  $O_{гп}$  – центр масс грузовой платформы ТТА с устройством СПК;  $\alpha$  – угол продольного уклона поверхности дороги;  $\beta$  – угол поперечного уклона поверхности дороги;  $L_{k1}$  – расстояние от центра масс ТТА с устройством СПК до оси передних колес;  $L_{k2}$  – расстояние от центра масс ТТА с устройством СПК до оси задних колес;  $B_{k1}$  — расстояние от правых колес до оси  $OX$ ;  $B_{k2}$  — расстояние от левых колес до оси  $OX$ ;  $\Delta$  - смещение грузовой платформы.

Рисунок 1 - Система отсчета и основные геометрические параметры ТТА с устройством СПК

Движение ТТА с устройством СПК рассматривалось в двух системах координат. Одна система координат  $X'Y'Z'$  – подвижная с началом в центре масс грузовой платформы (рисунок 1). Эту систему координат свяжем с грузовой платформой ТТА с устройством СПК и дадим следующие направления её осей:  $O_{гп}X'$  – по продольной оси грузовой платформы (кузова) ТС;  $O_{гп}Z'$  – перпендикулярно оси  $O_{гп}X'$  в вертикальной плоскости симметрии, ось  $O_{гп}Y'$  – перпендикулярно плоскости симметрии в поперечном направлении вверх по склону. Другая система координат  $XYZ$  с началом также в центре масс ТТА с устройством СПК  $O_{кв}$ , движется вместе со своей рамой поступательно вдоль оси  $OX$ .

Считаем, что система координат  $XYZ$  движется вместе с ТТА с устройством СПК равномерно со скоростью  $V_{кв}$ . Оси  $OZ$  и  $OY$  этой системы определяют перемещения в перпендикулярных направлениях. В исходном положении, когда ТТА с устройством СПК в покое, обе системы координат совпадают, что соответствует начальному положению осей.

При движении, в силу внешних возмущающих факторов, жёстко связанная с кузовом ТС с устройством СПК, подвижная система координат  $X'Y'Z'$  будет постоянно отклоняться от первоначального положения.

В центре масс рамы данного ТТА с устройством СПК построим дополнительно подвижную систему координат  $X''Y''Z''$  оси которой при движении ТТА всегда остаются параллельными соответствующим осям системы координат  $XYZ$ .

С учетом принятых допущений и обобщенных координат получена следующая система уравнений (1 - 7), описывающая движение ТТА с устройством СПК:

по обобщенной координате  $X_{кв}$ :

$$\begin{aligned}
 m_{np} \cdot \ddot{X}_k = & m_m \left( \frac{\lambda}{1+\lambda} \right) \varphi_{cu} g + P_{sp} - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кнн} - \\
 & - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{к1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кнл} - \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кзн} - \\
 & - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{к1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кзл} \quad (1)
 \end{aligned}$$

ИЛИ

$$\begin{aligned}
 m_{np} \cdot \ddot{X}_k = & m_m \left( j_0 \frac{1}{1+\lambda} + \frac{\lambda}{1+\lambda} \right) \varphi_{cu} g + P_{sp} - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кнн} - \\
 & - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{к1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кнл} - \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кзн} - \\
 & - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{к1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кзл}
 \end{aligned}$$

по обобщенной координате  $Y_K$ :

$$\begin{aligned}
& m_{np} \cdot \ddot{Y}_K + C_{\mathcal{E}} \cdot (2Y_K - 2 \cdot \theta \cdot \Delta - Y_{K1}' - Y_{K2}') + k_{K1} \cdot \dot{Y}_K + k_{K1} \sum_{i=1}^n \dot{\varphi} \cdot H_{i1} - k_{K1} \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta - k_{K1} \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{ki1} + \\
& + k_{K2} \cdot \dot{Y}_K - k_{K2} \sum_{i=1}^n \dot{\varphi} \cdot H_{i2} - k_{K2} \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta - k_{K2} \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{ki2} = G_{np} \cdot \sin \alpha - p_{\text{шшшш}} \cdot \arctg \left( \frac{Y_K}{V_{TC} \cdot t} \right) \quad (2) \\
& - p_{\text{шшшл}} \cdot \arctg \left( \frac{Y_K}{V_{TC} \cdot t} \right) - p_{\text{шшзп}} \cdot \arctg \left( \frac{Y_K}{V_{TC} \cdot t} \right) - p_{\text{шшзл}} \cdot \arctg \left( \frac{Y_K}{V_{TC} \cdot t} \right)
\end{aligned}$$

по обобщенной координате  $Z_K$ :

$$\begin{aligned}
& m_{np} \cdot \ddot{Z}_K + G_{np} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta + 2 \cdot (C_{\mathcal{E}Пк} + C_{\mathcal{E}Зк}) \cdot Z_K + 2 \cdot (C_{\mathcal{E}Пк} + C_{\mathcal{E}Зк}) \cdot (L_{K2} - L_{K1}) \cdot \psi - \\
& - (C_{\mathcal{E}Пк} + C_{\mathcal{E}Зк}) \cdot (B_{K2} + B_{K1}) \cdot \theta - \left[ C_{\mathcal{E}Пк} \cdot (Z_{K1}' + S_{K1} + Z_{K2}' + S_{K2}) + C_{\mathcal{E}Зк} \cdot (Z_{K3}' + S_{K3} + Z_{K4}' + S_{K4}) \right] + \\
& + 2 \cdot (k_{KЭП} + k_{KЭЗ}) \cdot \dot{Z}_K + (k_{KЭП} + k_{KЭЗ}) \cdot (L_{K2} - L_{K1}) \cdot \dot{\psi} - 2 \cdot (k_{KЭП} + k_{KЭЗ}) \cdot \Delta \cdot \dot{\theta} - \\
& \left[ k_{KЭП} \cdot (\dot{Z}'_{K1} + \dot{Z}'_{K2}) + k_{KЭЗ} \cdot (\dot{Z}'_{K3} + \dot{Z}'_{K4}) \right] = -G_{np} \cdot \left[ \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{K2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{K1} + B_{K2}} \right) + \quad (4) \right. \\
& + \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{K1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{K1} + B_{K2}} \right) + \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{K2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{K1} + B_{K2}} \right) + \\
& \left. + \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{K1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{K1} + B_{K2}} \right) \right]
\end{aligned}$$

по обобщенной координате  $\theta$

$$\begin{aligned}
& I_{KX'} \cdot \ddot{\theta} + (C_{\mathcal{E}Пк} + C_{\mathcal{E}Зк}) \cdot (B_{K2}^2 - 2\Delta \cdot (B_{K2} + B_{K1}) - B_{K1}^2) \cdot \theta - (C_{\mathcal{E}Пк} + C_{\mathcal{E}Зк}) \cdot (B_{K2} + B_{K1}) \cdot Z_K + \\
& + (C_{\mathcal{E}Пк} + C_{\mathcal{E}Зк}) \cdot (B_{K1} - B_{K2} + 2\Delta) \cdot (L_{K1} - L_{K2}) \cdot \psi + \left[ C_{\mathcal{E}Пк} \cdot (Z_{K1}' + S_{K1}) \cdot (B_{K1} + \Delta) - (Z_{K2}' + S_{K2}) \cdot (B_{K2} - \Delta) \right] + \\
& + C_{\mathcal{E}Зк} \cdot \left[ (Z_{K3}' + S_{K3}) \cdot (B_{K1} + \Delta) - (Z_{K4}' + S_{K4}) \cdot (B_{K2} - \Delta) \right] + C_{\mathcal{E}} \cdot (2\Delta Y_K + 2\theta \cdot \Delta^2 + \Delta \cdot (Y'_{K1} + Y'_{K2})) - \\
& - 2 \cdot (k_{KЭП} + k_{KЭЗ}) \cdot \Delta \cdot \dot{Z}_K + 2\dot{\theta} \cdot \left[ k_{KЭП} \cdot (B_{K1}^2 + \Delta^2) + k_{KЭЗ} \cdot (B_{K2}^2 + \Delta^2) \right] + 2 \cdot \Delta \cdot (k_{KЭП} \cdot L_{K1} - k_{KЭЗ} \cdot L_{K2}) \cdot \dot{\psi} + \\
& + \left[ k_{KЭП} \cdot ((B_{K1} + \Delta) \cdot \dot{Z}'_{K1} - (B_{K1} - \Delta) \cdot \dot{Z}'_{K2}) + k_{KЭЗ} \cdot ((B_{K2} + \Delta) \cdot \dot{Z}'_{K3} - (B_{K2} - \Delta) \cdot \dot{Z}'_{K4}) \right] - \\
& - k_{K1} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{Y}'_{Ki} - k_{K1} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{\varphi} \cdot H_{i1} + k_{K1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta^2 + k_{K1} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{Y}'_{ki1} - k_{K2} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{Y}'_{Ki} + \\
& + k_{K2} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{\varphi} \cdot H_{i2} + k_{K2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta^2 + k_{K2} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{Y}'_{ki2} = \\
& = G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{K2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{K1} + B_{K2}} \right) \cdot (B_{K2} - \Delta) + G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{K2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{K1} + B_{K2}} \right) \cdot \\
& \cdot (B_{K2} - \Delta) - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{K1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{K1} + B_{K2}} \right) \cdot (B_{K1} + \Delta) - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \\
& \cdot \left( \frac{(B_{K1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{K1} + B_{K2}} \right) \cdot (B_{K1} + \Delta) - p_{\text{шшшш}} \cdot \varphi \cdot h - p_{\text{шшшл}} \cdot \varphi \cdot h - p_{\text{шшзп}} \cdot \varphi \cdot h - p_{\text{шшзл}} \cdot \varphi \cdot h
\end{aligned} \quad (5)$$

по обобщенной координате  $\psi$

$$\begin{aligned}
& I_{kY'} \cdot \ddot{\psi} \cdot \cos^2 \beta + 2 \left( C_{\text{ЭПК}} \cdot L_{\kappa 1}^2 + C_{\text{ЭЗК}} \cdot L_{\kappa 2}^2 \right) \cdot \psi + 2 \cdot \left( C_{\text{ЭПК}} + C_{\text{ЭЗК}} \right) \cdot \left( L_{\kappa 2} - L_{\kappa 1} \right) \cdot Z_{\kappa} + \\
& + \left( C_{\text{ЭПК}} + C_{\text{ЭЗК}} \right) \cdot \left( B_{\kappa 1} - B_{\kappa 2} + 2\Delta \right) \cdot \left( L_{\kappa 1} - L_{\kappa 2} \right) \cdot \theta + \\
& + \left[ C_{\text{ЭПК}} \cdot L_{\kappa 1} \cdot \left( Z_{\kappa 1}' + S_{\kappa 1} + Z_{\kappa 2}' + S_{\kappa 2} \right) - C_{\text{ЭЗК}} \cdot L_{\kappa 2} \cdot \left( Z_{\kappa 3}' + S_{\kappa 3} + Z_{\kappa 4}' + S_{\kappa 4} \right) \right] + \\
& + 2 \left( k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot L_{\kappa 1}^2 + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot L_{\kappa 2}^2 \right) \cdot \dot{\psi} + \left( k_{\kappa \text{ЭП}} + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \right) \cdot \left( L_{\kappa 2} - L_{\kappa 1} \right) \cdot \dot{Z}_{\kappa} + \\
& + 2 \cdot \Delta \cdot \left( k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot L_{\kappa 1} - k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot L_{\kappa 2} \right) \cdot \dot{\theta} + \left[ k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot L_{\kappa 1} \cdot \left( \dot{Z}'_{\kappa 1} + \dot{Z}'_{\kappa 2} \right) - k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot L_{\kappa 2} \cdot \left( \dot{Z}'_{\kappa 3} + \dot{Z}'_{\kappa 4} \right) \right] = \\
& = G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + \left( B_{\kappa 2} - \Delta \right) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot \left( L_1 + f_{KIII} \cdot h \right) + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{\left( B_{\kappa 1} + \Delta \right) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot \left( L_1 + f_{KIII} \cdot h \right) - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + \left( B_{\kappa 2} - \Delta \right) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot \left( L_2 - f_{K3II} \cdot h \right) - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{\left( B_{\kappa 1} + \Delta \right) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot \left( L_2 - f_{K3II} \cdot h \right)
\end{aligned} \tag{6}$$

по обобщенной координате  $\varphi$

$$\begin{aligned}
& I_{kZ'} \cdot \ddot{\varphi} \cdot \cos^2 \beta + C_{\text{Э}} \cdot \left( 2 \cdot H_2^2 \cdot \varphi - H_2 \cdot \left( Y_{\kappa 1}' - Y_{\kappa 2}' \right) \right) - \\
& - k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n H_{i1} \cdot \dot{Y}_{\kappa} - k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\varphi} \cdot H_{i1}^2 - k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{\kappa i1} \cdot H_{i1} - k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot H_{i1} - \\
& - k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n H_{i2} \cdot \dot{Y}_{\kappa} + k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\varphi} \cdot H_{i2}^2 + k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{\kappa i2} \cdot H_{i2} + k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot H_{i2} = \\
& = p_{IIIPI} \cdot \varphi \cdot L_1 + p_{IIIPI} \cdot \varphi \cdot L_1 - p_{IIIPI} \cdot \varphi \cdot L_2 - p_{IIIPI} \cdot \varphi \cdot L_2 + P_{\kappa p} - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + \left( B_{\kappa 2} - \Delta \right) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{KIII} \cdot \left( B_{\kappa 2} - \Delta \right) + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{\left( B_{\kappa 1} + \Delta \right) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{KIII} \cdot \left( B_{\kappa 1} + \Delta \right) - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + \left( B_{\kappa 2} - \Delta \right) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{K3II} \cdot \left( B_{\kappa 2} - \Delta \right) + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{\left( B_{\kappa 1} + \Delta \right) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{K3II} \cdot \left( B_{\kappa 1} + \Delta \right)
\end{aligned} \tag{7}$$

где  $m_{np}$  — полная масса ТТА с грузом, кг;  $C_{\text{ЭПК}}$  и  $C_{\text{ЭЗК}}$  — эквивалентная жесткость системы «подвеска-шина» ТТА с устройством СПК,  $H/m$ ;  $G_{np}$  — сила тяжести ТТА с устройством СПК,  $H$ ;  $\alpha$  — угол продольного уклона поверхности поля,  $rad$ ;  $\beta$  — угол поперечного уклона поверхности поля,  $rad$ ;  $L_{\kappa 1}$  и  $L_{\kappa 2}$  — расстояние от центра масс ТТА с устройством СПК до передней и задней осей соответственно,  $m$ ;  $B_{\kappa 1}$  и  $B_{\kappa 2}$  — расстояние от центра масс ТТА с устройством СПК до оси правых и левых колес соответственно,  $m$ ;  $S_{\kappa i}$  — деформация системы подвеска-шина от статического нагружения,  $m$ ;  $V_{\kappa}$  — скорость поступательного движения ТТА с устройством СПК,  $m/c$ ;  $I_{kX'}$  — момент инерции ТТА с устройством СПК относительно оси  $X'$ ,  $kg \cdot m^2$ ;  $I_{kY'}$  — момент инерции ТТА с устройством СПК относительно оси  $Y'$ ,  $kg \cdot m^2$ ;  $I_{kZ'}$  — момент инерции ТТА с устройством СПК относительно оси  $Z'$ ,  $kg \cdot m^2$ ;  $Z'_{\kappa i}$  — изменение координаты центра масс при движении ТТА с устройством СПК по неровностям,  $m$ ;  $C_{\text{Э}}$  — эквивалентная жесткость группы комбинированных упругих элементов,  $H/m$ ;  $Y_{\kappa i}'$  — изменение координаты центра масс при движении ТТА с устройством СПК по неровностям,  $m$ ;  $L$  — колесная база ТТА с устройством СПК,  $m$ ;  $f_{\kappa}$  — коэффициент сопротивления качению при движении ТТА с устройством СПК;  $k_{\kappa \text{ЭП}}$  и  $k_{\kappa \text{ЭЗ}}$  — коэффициенты сопротивления системы «подвеска-шина» передних и задних

колес соответственно,  $(H \cdot c)/m$ ;  $h$  – расстояние от центра масс до поверхности дороги,  $m$ ;  $k_{ki}$  — коэффициент сопротивления  $i$ -го упругого элемента устройства СПК,  $(H \cdot c)/m$ ;  $H_i$  — расстояние от  $i$ -го упругого элемента до оси  $OX$ ,  $m$ ;  $p_{ш}$  — коэффициент сопротивления боковому уводу,  $H/рад.$ ;  $\Delta$  - смещение грузовой платформы,  $m$ ;  $P_{кр}$  — крюковая нагрузка на трактор,  $H$ .

Эквивалентный коэффициент сопротивления системы «подвеска-шина» определялся выражением:

$$k_{кШ} \cdot \left( \frac{c_{кП}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 + k_{кП} \cdot \left( \frac{c_{кШ}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 = k_{кЭКВ} \quad (8)$$

где  $c_{кП}$  – действительная жесткость подвески ТТА с устройством СПК,  $n/m$ ;  $c_{кШ}$  – действительная жесткость шины ТТА с устройством СПК,  $n/m$ ;  $k_{кШ}$  – действительный коэффициент сопротивления шины,  $(H \cdot c)/m$ ;  $k_{кП}$  – действительный коэффициент сопротивления подвески,  $(H \cdot c)/m$ .

Движение ТТА с устройством СПК при ВП описано системой из шести не линейных дифференциальных уравнений второго порядка. Как видно, система (1-7) имеет сложную структуру. Поэтому для её решения использовалась программа MathCAD 14. Решение системы производилось по методу Рунге-Кутты 4-го порядка с фиксированным шагом. Система (1-7) решалась дважды: первый раз с нулевыми, начальными условиями и второй раз с отличным от нуля начальными условиями (возмущенное движение).

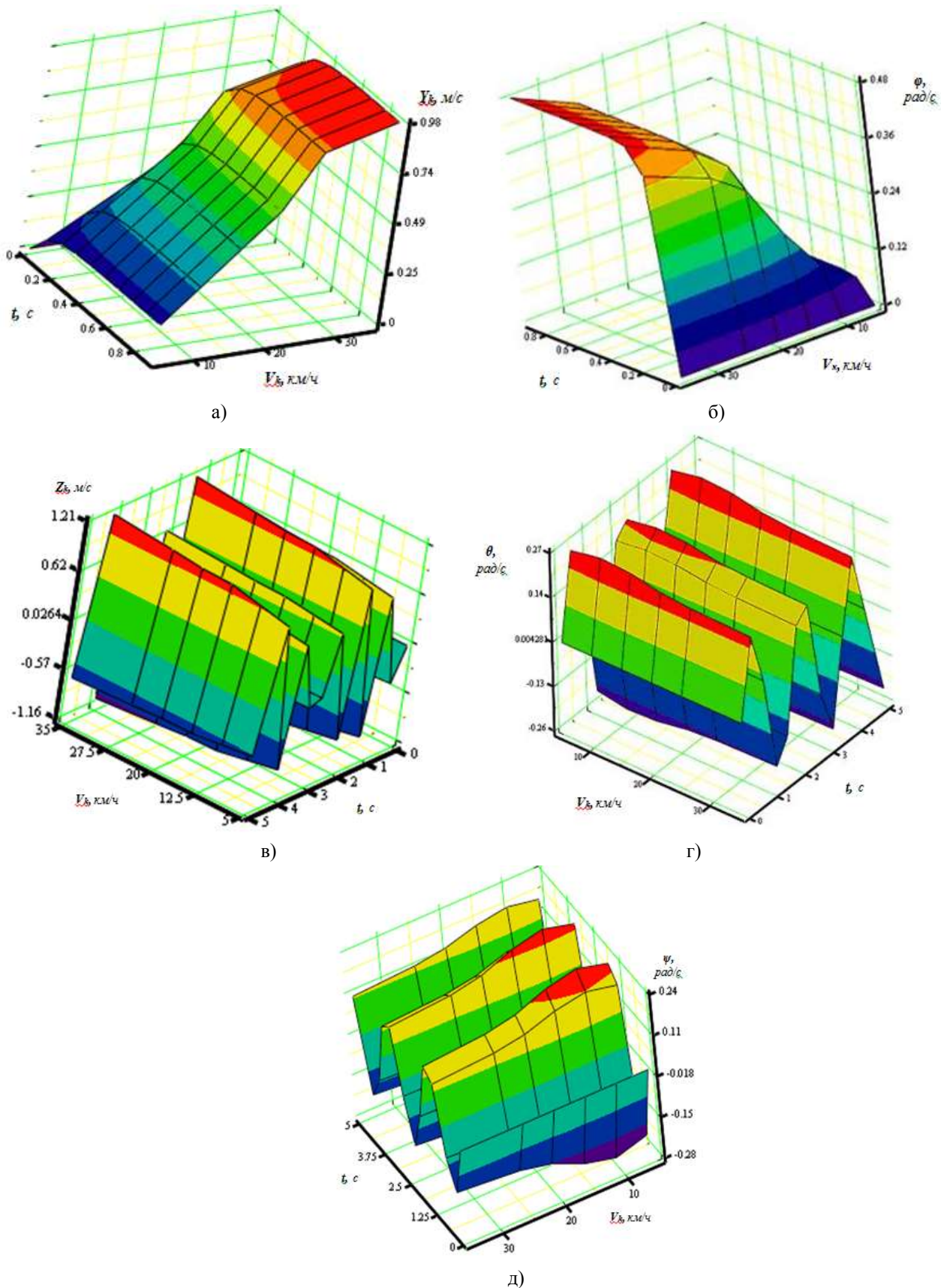
По результатам расчета построены зависимости амплитуды колебаний скорости по обобщенным координатам  $Y_k$ ,  $Z_k$ ,  $\theta$ ,  $\psi$  и  $\phi$  при невозмущенном движении (рисунок 2).

Скорость колебаний участков грузовой платформы, в которых повреждения будут максимальные, определяется из выражения:

$$V_{ПП} = \sqrt{(\dot{X}_k - \dot{\phi} \cdot Y' + \dot{\psi} \cdot Z')^2 + (\dot{Y}_k + \dot{\phi} \cdot X' - \dot{\theta} \cdot Z')^2 + (\dot{Z}_k - \dot{\psi} \cdot X' + \dot{\theta} \cdot Y')^2} \quad (9)$$

где  $\dot{X}_k$ ,  $\dot{Y}_k$ ,  $\dot{\phi}$ ,  $\dot{\theta}$ ,  $\dot{Z}_k$  и  $\dot{\psi}$  - скорости движения по обобщенным координатам  $X_k$ ,  $Y_k$ ,  $\phi$ ,  $\theta$ ,  $Z_k$  и  $\psi$  соответственно.

Расчет согласно выражению (9) показал: доля горизонтальной и продольной (которая при резком трогании или торможении может достигать 5-15% от скорости вертикальных колебаний) составляющих амплитуды скорости наиболее удаленных от центра масс точек грузовой платформы при угле уклона поверхности более  $6^\circ$  достигает 70-85% от скорости вертикальных колебаний (табл. 1). Скорость движения ТТА с устройством СПК, при которой повреждения продукции не превышают 4% для картофеля и 5% для яблок, составляет: для серийного варианта 19,9 км/ч при ВП яблок и 20,1 км/ч при ВП картофеля, модернизированного — 23,9 км/ч и 24,6 км/ч соответственно при загрузке 80% от номинальной.



а) по обобщенной координате  $Y_k$  (увод); б) по обобщенной координате  $\varphi$  (виляние); в) по обобщенной координате  $Z_k$  (подпрыгивание); г) по обобщенной координате  $\theta$  (покачивание); д) по обобщенной координате  $\psi$  (галопирование)

Рисунок 2 - Зависимость амплитуды скорости колебаний грузовой платформы ТГА от времени и скорости движения по обобщенным координатам

Таблица 1 - Распределение в процентном отношении вертикальной и горизонтальной составляющих (без учета продольной составляющей) общей скорости колебания грузовой платформы ТГА с устройством СПК при ВП

Скорость движения ТГА с устройством СПК, км/ч	Вертикальная составляющая			Горизонтальная составляющая		
	Z <sub>к</sub> , %	ψ, %	θ, %	Y <sub>к</sub> , %	φ, %	θ, %
5	51,6	4,2	3	30	5,2	6
10	51,8	3,7	3,3	30,1	5,5	5,5
15	51,2	4,8	2,8	30,3	5,6	5,3
20	52	3,9	2,9	30,6	5,6	5
25	51,8	4	3	30,6	6	4,6

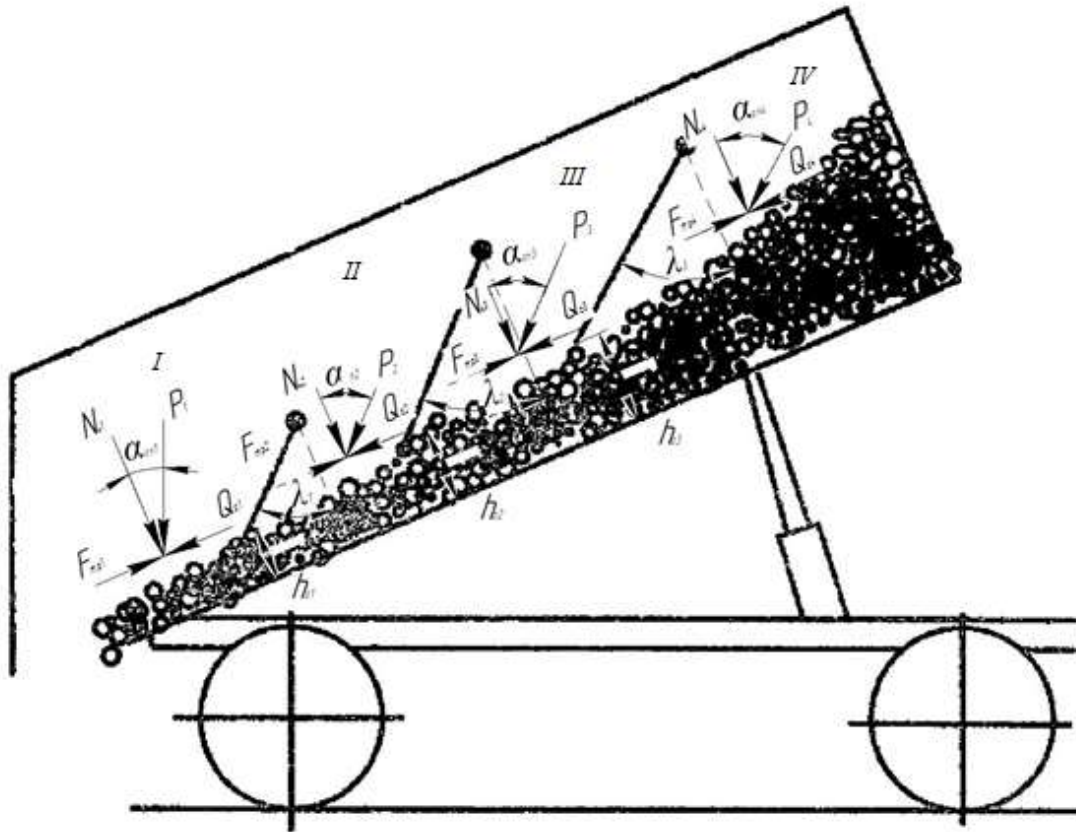
Примечание: в таблице приведены данные теоретических расчетов исходя из того, что доля горизонтальной составляющей амплитуды скорости наиболее удаленных от центра масс точек грузовой платформы при угле уклона поверхности более 6° достигает 70% от скорости вертикальных колебаний, а продольная составляющая равна 0 согласно принятым при теоретических исследованиях допущениям.

В результате анализа процесса разгрузки клубней из ТГА с усовершенствованной конструкцией кузова теоретически установлены рациональные параметры самосвального кузова, не допускающие возникновения явления сводообразования (рис. 3): предельные высоты открывания поперечных перегородок кузова ТГА на II, III и IV этапах разгрузки  $h_{01}=0,25$  м,  $h_{02}=0,22$  м,  $h_{03}=0,2$  м и углы открытия поперечных перегородок  $\lambda_1=24^0$ ,  $\lambda_2=27^0$  и  $\lambda_3=30^0$ .

По результатам анализа процесса выгрузки клубней из ТГА с усовершенствованной конструкцией кузова установлено, что на всех этапах разгрузки клубней картофеля из I, II, III и IV секций кузова ТГА повреждения не превышают агротехнических требований, предъявляемых к процессу разгрузки (не более 2-3%). При использовании стандартного самосвального кузова ТГА при разгрузке клубни получают повреждения, не отвечающие агротехническим требованиям, а в тяжелых погодных условиях при разгрузке они могут достигать 6-7 %.

На основании проведенных теоретических исследований были предложены конструктивно-технологические схемы ТГА, содержащие устройство СПК (патент РФ №81152) и усовершенствованную конструкцию самосвального кузова (патент РФ №105233).



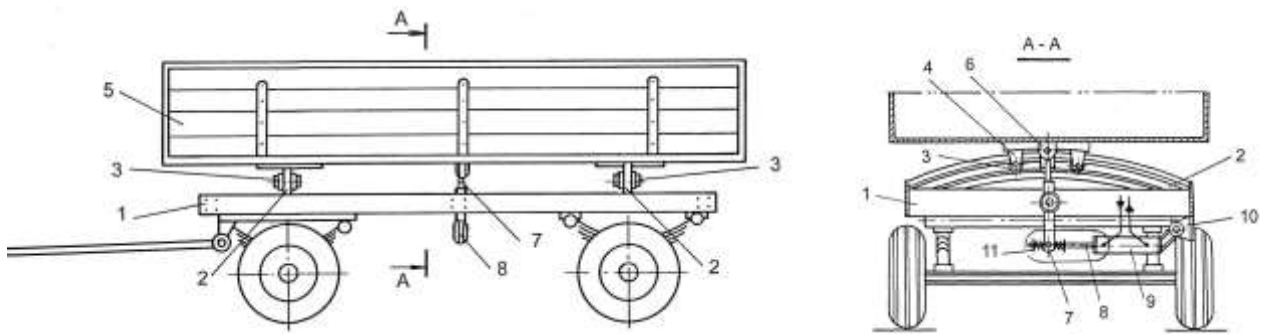


I, II, III, IV - секции грузовой платформы ТТА;  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  - углы открытия поперечных перегородок;  $h_{01}, h_{02}$  и  $h_{03}$  - высоты открывания поперечных перегородок, м;  $\alpha_{гп1}, \alpha_{гп2}, \alpha_{гп3}$  и  $\alpha_{гп4}$  - углы наклона грузовой платформы при четырех этапах выгрузки клубней;  $P_1, P_2, P_3, P_4$  - вес клубней из 1-ой, 2-ой, 3-ей и 4-ой секций соответственно, Н;  $N_{н1}, N_{н2}, N_{н3}, N_{н4}$  - нормальные усилия, Н;  $Q_{с1}, Q_{с2}, Q_{с3}, Q_{с4}$  - силы сдвига, Н;  $F_{тр1}, F_{тр2}, F_{тр3}, F_{тр4}$  - силы трения, Н.

Рисунок 3 – Схема выгрузки клубней с помощью усовершенствованной конструкции самосвального кузова прицепа 2ПТС-4

Устройство СПК состоит из следующих элементов (рисунок 4): рамы 1 с дугообразными направляющими 2, в которых расположены ролики 3, связанные с помощью кронштейнов 4 с кузовом 5. Кузов 5 ТС серьгой 6 шарнирно связан с одним плечом телескопического двулучевого рычага 7. С другим плечом рычага шарнирно связан шток 8 силового гидроцилиндра 9, закрепленный к раме шарнирно с помощью кронштейна 10. Двулучий рычаг механизма перемещения кузова снабжен упругими комбинированными элементами различной жесткости 11, симметрично расположенными относительно рычага и содержащими избирательно действующие пружины (рисунок 5) (более жесткие 13 и менее жесткие 12).

Предложенное техническое решение направлено на снижение величины поперечных колебаний грузовой платформы ТТА и, как следствие, уменьшение повреждений груза.



1 – рама; 2 – дугообразные направляющие; 3 - ролики; 4- кронштейны; 5 – кузов; 6 – серьга; 7 – телескопический двулучий рычаг; 8 – шток; 9 – силовой гидроцилиндр; 10 – кронштейн; 11 – упругие комбинированные элементы различной жесткости.

Рисунок 4 - Принципиальная схема ТГА с устройством СПК



12 – пружина меньшей жесткости (охватывающая); 13 – пружина большей жесткости (охватываемая).

Рисунок 5 - Группа комбинированных упругих элементов различной жесткости

Усовершенствованный самосвальный кузов для ВП легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции (рис. 6), содержащий жестко закрепленные на днище 3 неподвижные продольные перегородки и расположенные на различном расстоянии от днища кузова, отличающиеся по высоте подвижные поперечные перегородки 2, установленные с возможностью поворота на заданный угол  $\lambda_i$ .

Предлагаемое конструктивное решение ТС по сравнению с базовым кузовом тракторного прицепа 2 ПТС-4 обеспечивает равномерное уменьшение выгружаемого слоя перевозимой продукции до уровня, характеризующегося снижением повреждений при экономически целесообразной производительности.



1 – борт задний откидной; 2 – поперечные перегородки; 3 – днище кузова; 4 – борт передний; 5- оси вращения поперечных перегородок; 6 – пальцы; 7 – проушина;  $\lambda_i$  – максимальный угол открытия поперечных перегородок 2

а) кузов при выгрузке груза; б) узел крепления поперечной перегородки;

Рисунок 6 - Усовершенствованный самосвальный кузов тракторного прицепа 2 ПТС-4

В третьей главе «Экспериментальные исследования тракторно-транспортного агрегата с устройствами СПК при ВП и разгрузке перевозимой продукции» представлена программа, методика и результаты экспериментальных исследований и полевых испытаний. Программа исследований предусматривала: 1. Изучение влияния скорости вертикальных и горизонтальных колебаний грузовой платформы ТТА с устройствами СПК при ВП на величину повреждений картофеля и яблок; 2. Определение показателей, характеризующих условия работы в садах и полях, в том числе наличие и величину неровностей микропрофиля их поверхности; 3. Проведение полнофакторного эксперимента на серийном и ТТА с устройствами СПК при ВП с различными уклонами поверхности; 4. Обоснование основных параметров различных устройств СПК ТТА; 5. Проведение двухфакторного эксперимента на ТТА, имеющем устройство СПК.

Объектом экспериментальных исследований являлся ТТА в составе тягача МТЗ 82.1 и тракторного прицепа 2ПТС-4 с разработанными: устройством СПК и конструкцией самосвального кузова ТТА.

При экспериментальных исследованиях, определялась величина повреждений картофеля и яблок в кузове в зависимости от скорости колебаний грузовой платформы.

По результатам снятия основных динамических характеристик серийного и ТТА с устройствами СПК при ВП (с помощью акселерометров ADXL 320, прикрепленного к кузову ТС и ADXL 103, прикрепленного к раме ТС, а так же

обработки полученных результатов в пакете прикладных программных обеспечений (LabView, АСТest, PowerGraph)) построена графическая зависимость влияния скорости колебания на повреждения картофеля и яблок при ВП (рисунки 7-8).

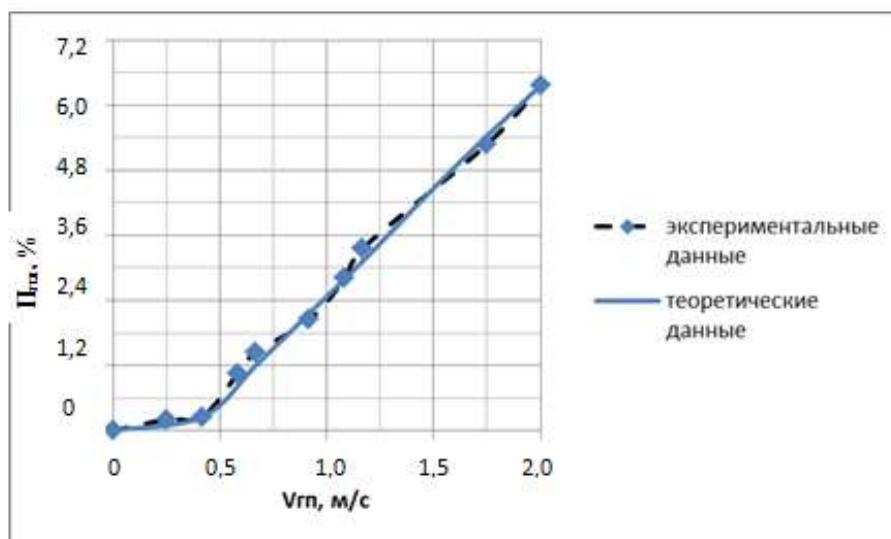


Рисунок 7 - Влияние скорости поперечных колебаний грузовой платформы ТГА на величину повреждений яблок при ВП в контейнерах

Из рисунка 7 видно, что экспериментальные данные подтверждают теоретические (расхождение 3,5%). При скорости поперечных колебаний грузовой платформы ТС до 0,36 м/с повреждения незначительны (менее 0,35%) и при достижении скорости поперечных колебаний 0,7... 2,0 м/с повреждения значительно возрастают, достигая величины 6,3%.

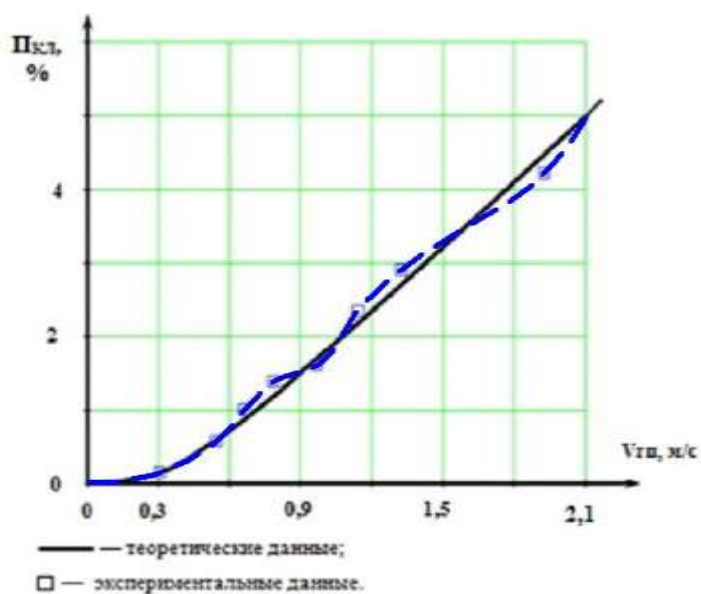


Рисунок 8 - Влияние скорости поперечных колебаний грузовой платформы ТГА на величину повреждений клубней картофеля при ВП навалом с поля

Из рисунка 8 видно, что экспериментальные данные подтвердили теоретические. При скорости поперечных колебаний грузовой платформы до 0,49 м/с повреждения незначительны (менее 0,22%) и при достижении скорости поперечных колебаний 0,7...2,1 м/с повреждения значительно возрастают, достигая величины 5%.

С целью уточнения допустимых скоростей движения серийного ТГА и ТГА с устройствами СПК при работе на уклонах был проведен полнофакторный эксперимент по плану  $2^3$ . Переменными факторами при этом выступали:  $X_1$  – скорость движения ТС, км/ч;  $X_2$  – уклон поверхности дороги (поля), град;  $X_3$  – масса груза, кг.

После определения коэффициентов регрессии и проверки их на значимость по t-критерию Стьюдента, были получены уравнения регрессии:

$$y_{c1} = 3,239 + 1,405 \cdot x_1 + 0,935 \cdot x_2 - 0,145 \cdot x_3 + 0,76 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,074 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (10)$$

$$y_{c2} = 2,667 + 1,199 \cdot x_1 + 0,739 \cdot x_2 - 0,161 \cdot x_3 + 0,62 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,061 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (11)$$

Оценочные расчеты, произведенные по критерию Кохрена, подтвердили адекватность моделей.

Рассматривая случай, когда уклон поверхности дороги составляет  $9^0$  ( $X_2=+1$ ) и масса груза минимальна – 1920 (2720) кг ( $X_3=-1$ ), получим ограничение скорости ТГА  $x_1 \leq 0,3$  (0,23) исходя из условий допустимых повреждений по АТТ. Возвращаясь к натуральному значению фактора, получаем  $V_T \leq 19,7$  (20,0) км/ч. С помощью числового ряда окончательно принимаем  $V_{доп} = 19,7$  км/ч для ВП яблок и  $V_{доп} = 20,0$  км/ч – для картофеля. В среднем для различных режимов работы серийного ТГА количество повреждений перевозимой продукции превышало АТТ и максимально составило 6,62% для яблок (при допустимых по АТТ 5%) и 5,44% для клубней картофеля (при допустимых по АТТ 4%).

По результатам экспериментальных исследований величины повреждений в кузове ТГА с устройствами СПК при ВП получены уравнения регрессии:

$$y_{ун1} = 2,632 + 1,198 \cdot x_1 + 0,66 \cdot x_2 - 0,053 \cdot x_3 + 0,514 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (12)$$

$$y_{ун2} = 2,107 + 0,94 \cdot x_1 + 0,603 \cdot x_2 - 0,047 \cdot x_3 + 0,358 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (13)$$

Оценочные расчеты, произведенные по критерию Кохрена, подтвердили адекватность моделей.

Так же, как и на предыдущем этапе экспериментальных исследований, рассматриваем случай, когда угол уклона поверхности максимален ( $x_2=+1$ ), масса груза в кузове минимальна ( $x_3=-1$ ), то получаем допустимую скорость ТГА  $x_1 \leq 0,967$  (0,958) исходя из условий допустимых повреждений по АТТ. Возвращаясь к натуральному значению фактора, получаем  $V_T \leq 28,6$  (28,7) км/ч. С помощью числового ряда окончательно принимаем  $V_{доп} = 28,6$  км/ч для ВП

яблок и  $V_{\text{доп}}=28,7$  – для картофеля. Для различных режимов работы ТТА с устройствами СПК при ВП количество повреждений перевозимой продукции отвечало предъявляемым АТТ к перевозке яблок (не более 5%) и перевозке картофеля (не более 4%) при максимальной допустимой скорости ТТА с устройствами СПК 29 км/ч.

Результаты исследований повреждения картофеля и яблок при ВП приведены в виде графиков (рисунки 9-12).

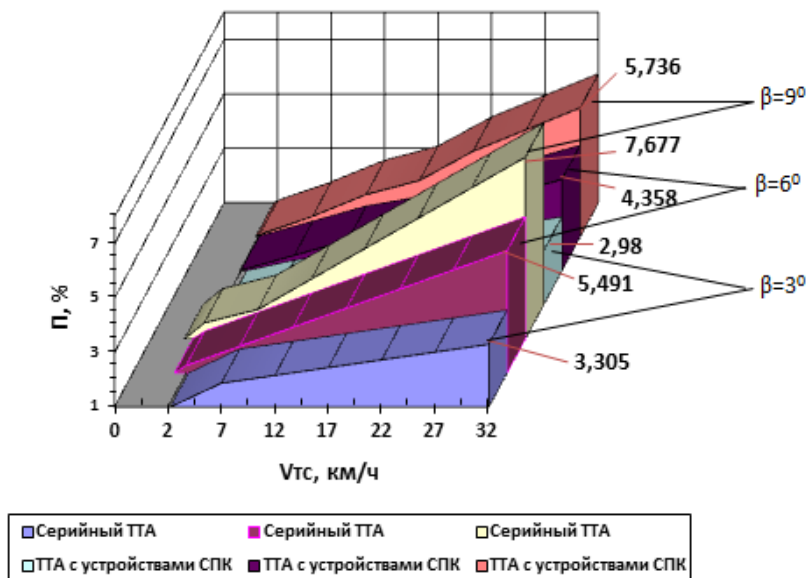


Рисунок 9 - Влияние скорости движения ТТА на повреждения яблок в кузове при ВП в контейнерах (масса груза 1920 кг) при работе на различных уклонах поверхности сада

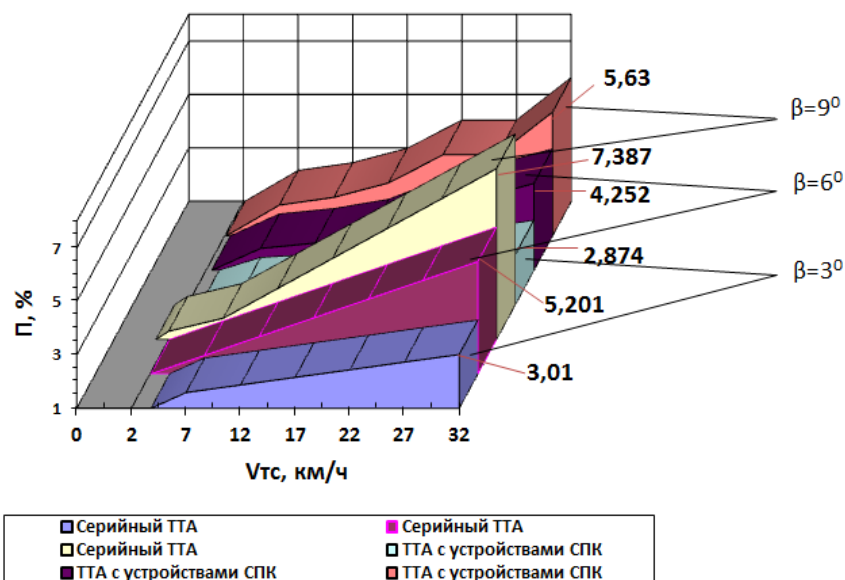


Рисунок 10 - Влияние скорости движения ТТА на повреждения яблок в кузове при ВП в контейнерах (масса груза 2400 кг) при работе на различных уклонах поверхности сада



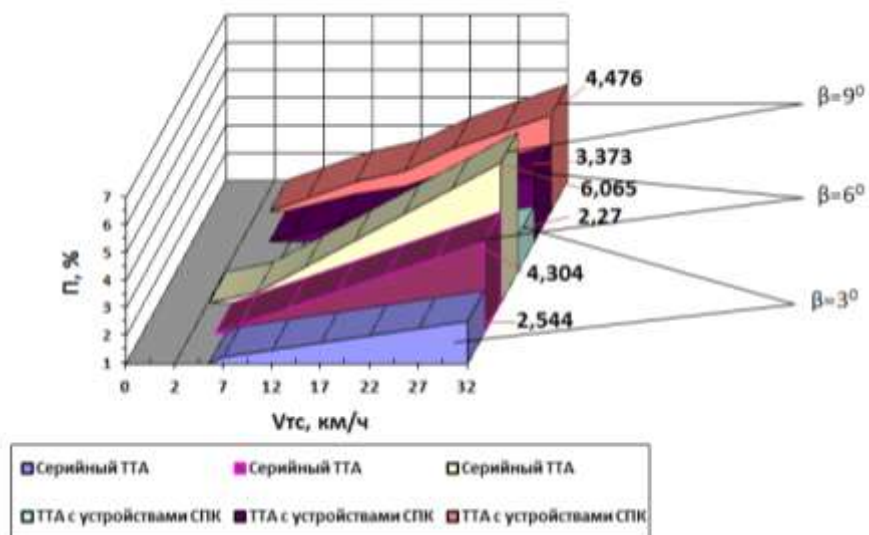


Рисунок 11 - Влияние скорости движения ТТА на повреждения картофеля в кузове при ВП навалом (масса груза 2720 кг) при работе на различных уклонах поверхности поля

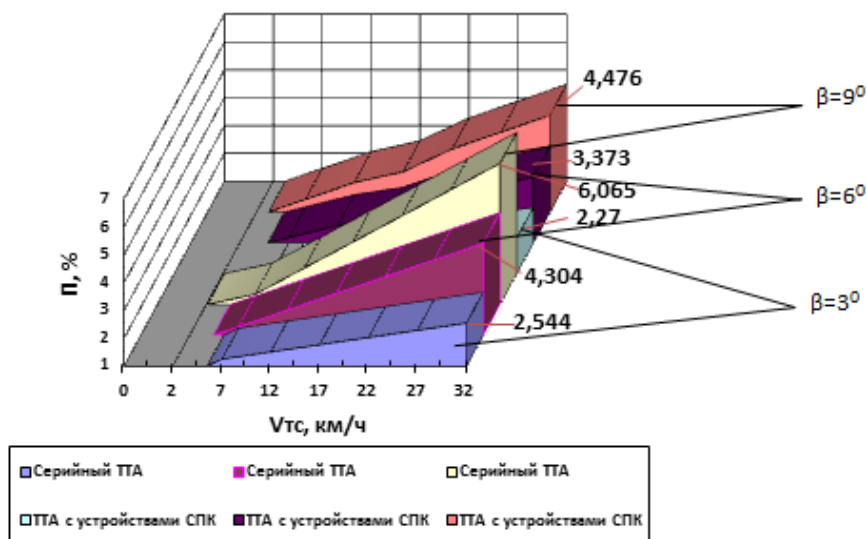


Рисунок 12 - Влияние скорости движения ТТА на повреждения картофеля в кузове при ВП навалом (масса груза 3400 кг) при работе на различных уклонах поверхности поля

Проанализировав эти графики, становится ясно, что при ВП картофеля и яблок на ТТА с устройствами СПК удастся сократить повреждения в 1,07...1,32 раза в зависимости от условий движения. Эффект от использования устройств СПК на серийном ТТА проявляется при углах уклона поверхности 4° и более.

С целью уточнения допустимой жесткости группы комбинированных упругих элементов на следующем этапе экспериментальных исследований был проведен двухфакторный эксперимент по плану 2<sup>2</sup> на ТТА с устройством СПК. Переменными факторами выступали:  $X_1$  – жесткость группы комбинированных упругих элементов,  $кН/м$ ;  $X_2$  – масса груза,  $кг$ .

После обработки результатов исследования получено следующее уравнение регрессии, определяющее “min” величину сжатия группы комбинированных упругих элементов переменной жесткости устройства СПК  $h$ :

$$h=0,0552 - 0,0202 \cdot x_1 + 0,001 \cdot x_2 + 0,0002 x_1^2 - 0,0043 x_2^2 + 0,0107 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (14)$$

Проанализировав уравнение регрессии (14) и результаты исследования, было установлено, что допустимая величина жесткости группы комбинированных упругих элементов различной жесткости устройства СПК при соблюдении АТТ к ВП должна составлять не менее 19,26 кН/м и 35,83 кН/м для охватывающей и охватываемой пружин соответственно. Окончательно принято 19,3 кН/м и 35,9 кН/м.

Результаты полевых испытаний серийного ТГА и ТГА с устройствами СПК занесены в табл. 2.

Таблица 2 - Экспериментальные данные повреждений картофеля и яблок при ВП тракторным прицепом 2ПТС-4 на скорости 25,2 км/ч и 25,8 км/ч

Масса груза, кг	Повреждения продукции, %			Масса груза, кг	Повреждения продукции, %		
	Яблоки				Картофель		
	Сер. прицеп	Прицеп с устройствами СПК	Прицеп с одним из предложенных устройств		Сер. прицеп	Прицеп с устройствами СПК	Прицеп с одним из предложенных устройств
1920	5,76	5,0	5,08	2720	5,3	4,0	4,12
2160	5,65	4,78	4,87	3060	4,7	3,81	3,94
2400	5,53	4,57	4,64	3400	4,2	3,62	3,75
Среднее значение	5,647	4,78	4,86	Среднее значение	4,73	3,81	3,94

Анализ полученных результатов показывает, что применение устройства СПК с разработанной нами группой комбинированных упругих элементов различной жесткости позволяет снизить величину повреждений яблок и картофеля по сравнению с серийным вариантом на всех нагрузочных режимах (см. табл. 2). При максимально допустимой скорости движения тракторного поезда 24,4 км/ч это уменьшение составляет около 23%. Уменьшение величины повреждений удалось добиться применением устройства СПК за счет снижения скорости его поперечных колебаний.

Таким образом, было установлено, что использование тракторных прицепов с устройствами СПК для ВП яблок в контейнерах и картофеля навалом позволяет повысить производительность ВП на 9-10% и уменьшить величину повреждений яблок и картофеля в 1,1 ...1,21 раза по сравнению с серийными прицепами. Применение в конструкциях транспортных средств совместно нескольких разработанных устройств СПК (например, устройства



СПК и усовершенствованного устройства фиксации), позволяет по сравнению с ТС, оснащенными только одним из предложенных нами устройств повысить производительность на 5,7 – 6,2% и увеличить выход неповрежденной продукции при работе на различных режимах эксплуатации в 1,07...1,32 раз по сравнению с серийными ТС (см. табл. 2).

**В четвертой главе «Технико-экономическая эффективность применения тракторно-транспортных агрегатов с устройствами СПК и разгрузки картофеля и яблок на ВП. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК» обоснован технико-экономический эффект применения ТТА с устройствами СПК и разгрузки картофеля и яблок при ВП. Рассмотрены перспективы модернизации ТС для АПК.**

Технико-экономические показатели работы серийного, ТТА с устройствами СПК и разгрузки продукции представлены в таблице 3.

Использование в конструкции тракторного прицепа 2ПТС-4 разработанных устройств СПК и разгрузки при ВП картофеля и яблок позволит увеличить производительность перевозок в среднем на 10,1 – 10,5 %. Экономический эффект от применения ТТА с устройствами СПК и разгрузки продукции составил 27585,63 и 34822,92 рублей соответственно при объеме ВП картофеля навалом 639 тонн в год и яблок в контейнерах 460 тонн в год в ценах 2015 года.

Таблица 3 - Технико-экономические показатели работы серийного и ТТА с устройствами СПК и разгрузки продукции (РП) картофеля и яблок

Показатель	Ед. измерен.	Величина	
		серийный вариант	ТТА с устройствами СПК и разгрузки продукции
1	2	3	4
Производительность ВП	т/ч	3,15 (2,70)	3,51 (3,01)
Эксплуатационные затраты	руб.	160280,37 (103058,4)	157973,58 (97897,2)
Издержки от повреждений продукции	руб.	129966,21 (171442,92)	104687,37 (141781,2)
Повреждения продукции	%	4,73 (5,647)	3,81 (4,67)
Средняя длина ездки с грузом	км	5	5
Годовой объем ПВ картофеля, выполненный прицепом:	т	639	639
- при урожайности сорта картофеля «Рэд Скарлетт»;	т/га	21,3	21,3

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
- при площади возделывания картофеля	га	30	30
Годовой объем ВП ябллок, выполненный прицепом:	т	460	460
- при урожайности ябллок	т/га	11,5	11,5
- при площади посадки яблонь	га	40	40

Примечание: в скобках указаны значения соответствующие работе серийного и ТГА с устройствами СПК и РП при ВП ябллок.

В результате обобщения перспектив развития техники для выполнения ВП в АПК предложены: перспективная технологическая схема ТС с устройством СПК, которая позволит снизить уровень поперечных колебаний грузовой платформы ТС и, как следствие, уменьшить повреждения перевозимого груза (патент на изобретение №2519304); перспективная технологическая схема ТС с тягово-сцепным устройством, которая позволит повысить плавность хода ТГА, а также снизить повреждения продукции при продольных ускорениях агрегата за счет переменной жесткости пары шток-дышло (патент на полезную модель №154410); перспективная технологическая схема ТС с устройством автоматического фиксирования прицепа при движении задним ходом, что позволяет улучшить условия труда, придать ТС большую маневренность при работе, а также повысить его надежность и уменьшить повреждения сельскохозяйственной продукции (патент на полезную модель №96547); устройство (контейнер), способствующее снижению травмируемости при перевозке легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции в контейнерах от места сбора за счет распределения перевозимой продукции (например, ябллок) в выполненных ячейках крышки, а не по плоскости, что не позволяет элементам груза перемещаться внутри контейнера в процессе ВП (патент на изобретение №2532829); самосвальный кузов для ВП легкоповреждаемой продукции, способствующий повышению сохранности продукции при разгрузке за счет формирования регулируемой порционной выгрузки, а также исключения скольжения продукта по стенкам и перегородкам кузова (патент на изобретение №2584041).

В процессе исследований намечены перспективные схемы погрузочно-разгрузочных устройств, которые обеспечат снижение повреждений груза при выполнении соответствующих операций. Нами предложено применять в небольших хозяйствах для которых садоводство и картофелеводство не являются единственными видами хозяйственной деятельности навесное перегрузочное устройство для автомобилей, которое позволяет повысить

производительность и расширить функциональное назначение данного устройства за счет введения вспомогательного оборудования для организации размещения тарно-штучных грузов по площади кузова и снижения затрат труда при обслуживании рабочей силой (патент на полезную модель №93754), а также позволяющее производить выгрузку легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции непосредственно в тару (специализированные контейнеры или приемный бункер пункта послеуборочной обработки) (патент на полезную модель №161488).

### **Заключение**

1. В результате анализа научно-производственного опыта транспортирования картофеля и яблок определена проблема недостаточной производительности и повышенных повреждений при выполнении уборочно-транспортных и погрузочно-разгрузочных операций на ВП. Это обусловлено их особенностями, в частности, не полным использованием грузоподъемности ТС из-за низкой объемной массы большинства классов перевозимой продукции и неравномерностью её выгрузки. В результате при движении по неровностям микропрофиля поверхности значительно возрастают подбросы навалочного груза под действием вертикальных виброускорений, что приводит к увеличению его повреждений. При этом применение различного типа подвесок ТС не позволяет добиться экономически целесообразной производительности и радикально не снижает повреждения перевозимой продукции, а большинство различных вариантов самосвальных кузовов ТС при выгрузке не обеспечивает равномерной подачи перевозимой продукции, что способствует возникновению негативного явления сводообразования и увеличению повреждений продукции.

2. Проведенный анализ процесса движения ТС с целью увеличения производительности и снижения повреждений позволил сделать вывод, что наиболее перспективным направлением повышения эксплуатационных и агротехнических показателей ТС является снижение влияния прицепа в поперечной плоскости. В перевозочных агрегатах, работающих на дорогах, имеющих поперечные уклоны, наибольшее распространение получили устройства способствующие сохранению горизонтального положения кузова, а для снижения вертикальных колебаний в ТС применяются различные демпфирующие устройства. Из анализа процесса разгрузки ТС при выполнении ВП установлено, что часто в их конструкциях используются различные самосвальные кузова, не лишенные определенных недостатков.

3. Выявлена возможность снижения повреждений картофеля и яблок при повышении производительности ВП.

4. По результатам теоретических исследований обоснованы конструкции ТТА с устройствами СПК при ВП и разгрузке продукции (патенты РФ №81152 и №105233). При этом определено следующее:

- максимальная скорость движения ТС по полю и в садах, имеющих уклоны до  $9^{\circ}$ , при которых повреждения продукции в контейнерах (при перевозке яблок) (не более 5%) и в кузове ТС при ВП картофеля навалом (не более 4%) не превышают агротехнических требований составляет для ТС с устройствами СПК 23,9 км/ч и 24,6 км/ч соответственно, что в 1,2 – 1,22 раза выше, чем у базового варианта прицепа – 19,9 км/ч и 20,1 км/ч;

- продольные колебания грузовой платформы (при резком трогании или торможении) могут достигать в наиболее удаленных от центра масс точках кузова 5-15% от скорости её вертикальных колебаний при движении ТС по полям с уклонами более  $6^{\circ}$ ;

- устройство СПК ТС дает возможность получить повреждения картофеля и яблок соответствующие АТТ при движении в диапазоне скоростей 0...30 км/ч;

- предельные высоты открывания поперечных перегородок усовершенствованного самосвального кузова ТС на II, III и IV этапах разгрузки  $h_{01}= 0,25$  м,  $h_{02} = 0,22$  м,  $h_{03}=0,2$  м и углы открытия поперечных перегородок  $\lambda_1=24^{\circ}$ ,  $\lambda_2=27^{\circ}$  и  $\lambda_3=30^{\circ}$ , не допускающие явления сводообразования.

5. Установлено, что конструктивно-технологические схемы ТС при ВП должны содержать: устройство СПК, в привод механизма перемещения которого введена группа комбинированных упругих элементов различной жесткости, симметрично расположенных относительно телескопического двуплечего рычага и содержащих избирательно действующие пружины, позволяющие, используя естественные изменения сопротивления перемещению кузова, повысить плавность хода прицепа (патент на полезную модель №81152); усовершенствованный самосвальный кузов для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции, содержащий закрепленные жестко на днище неподвижные продольные перегородки и расположенные на не равном расстоянии от днища кузова различные по высоте подвижные поперечные перегородки, закрепленные с возможностью поворота на заданный угол, что обеспечивает равномерное уменьшение выгружаемого слоя картофеля до уровня, характеризующегося снижением повреждений в рамках АТТ при экономически целесообразной производительности (патент на полезную модель №105233).

6. В результате экспериментальных исследований определена жесткость группы комбинированных упругих элементов устройства СПК ТС, которая составила 19,3 кН/м для охватывающей пружины и 35,9 кН/м для охватываемой пружины (расхождение с результатами теоретических исследований 1,3%).

Анализ процесса выгрузки перевозимой продукции позволил уточнить его параметры - углы открытия поперечных перегородок  $\lambda_1=24,7^0$ ,  $\lambda_2=27,6^0$  и  $\lambda_3=30,8^0$  (расхождение с результатами теоретических исследований 2,7%). Выгрузка картофеля без существенного его повреждения и достаточно равномерно обеспечивается поочередным открыванием поперечных перегородок.

7. Экспериментально установлено, что:

- применение в ТС устройств СПК и фиксации прицепного звена позволяет повысить производительность перевозок на 9 - 11% и уменьшить повреждения картофеля и яблок до 1,07 ...1,32 раза по сравнению с серийными прицепами (при регулировке сжатия пружин устройства СПК производительность ВП может быть увеличена до 16%);

8. Определено, что применение в конструкции ТС, разработанных устройств СПК и разгрузки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции на ВП в природно-климатических условиях сельскохозяйственных предприятий Рязанской области, Александро-Невского района позволяет увеличить производительность ВП на 10,1 – 10,5 %. Годовой экономический эффект (суммарный от перевозки яблок и картофеля) от использования на тракторном прицепе 2ПТС-4 предложенных устройств составил 62408,55 рублей в ценах 2015 года при среднем снижении повреждений перевозимой продукции на 18,1...22,5% по сравнению с серийным вариантом (с 5,647 до 4,78% при перевозке яблок и с 4,67 до 3,81% при перевозке картофеля).

9. В процессе исследований намечены перспективные конструктивные схемы ТС, которые обеспечат дальнейшее снижение повреждений продукции при выполнении ВП в АПК. Нами предложено применять в небольших хозяйствах, для которых садоводство и картофелеводство не являются единственными видами хозяйственной деятельности, навесное перегрузочное устройство для автомобилей (патент на полезную модель РФ №93754), снаряженное вспомогательным оборудованием для рациональной организации размещения тарно-штучных грузов по площади кузова и уменьшения затрат труда при обслуживании рабочей силой; навесное перегрузочное устройство для самосвального кузова ТС (патент на полезную модель РФ №161488), позволяющее повысить сохранность легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции в процессе выгрузки ее из самосвального кузова ТС. С целью устойчивого и плавного хода машинно-тракторного агрегата, а также снижения повреждений продукции при продольных ускорениях рекомендуется использовать тягово-сцепное устройство с пневмокомпенсатором колебаний (патент на полезную модель № 154410); для снижения поперечных колебаний грузовой платформы ТС и, как следствие, уменьшения повреждений

перевозимого груза рекомендуется использовать устройство СПК ТС (патент на изобретение №2519304); с целью повышения маневренности ТС и сокращения потерь времени и снижения повреждений груза рекомендуется использовать устройство для автоматического фиксирования прицепа при движении задним ходом (патент на полезную модель №96547); для снижения повреждений при перевозке легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции (например, яблок) в контейнерах от места сбора предлагается использовать устройство (контейнер) (патент на изобретение РФ №2532829); с целью повышения равномерности выгрузки продукции рекомендуется самосвальный кузов для перевозки легкоповреждаемой продукции (патент на изобретение РФ №2584041).

### **Предложения производству**

1. Для уменьшения повреждений перевозимой продукции путем снижения колебаний грузовой платформы рекомендуется использовать устройства СПК ТС с разработанными комбинированными упругими элементами различной жесткости с возможностью регулировки их сжатия.

2. С целью снижения продольных колебаний грузовой платформы и виляния прицепов при движении ТС, а так же уменьшения повреждений сельскохозяйственных грузов рекомендуется использовать тягово-сцепное устройство с пневмокомпенсатором колебаний.

3. Для обеспечения равномерной выгрузки перевозимой продукции рекомендуется использовать усовершенствованный самосвальный кузов для ВП легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции с подвижными поперечными перегородками, закрепленными с возможностью поворота на заданный угол, что обеспечивает равномерное уменьшение выгружаемого слоя перевозимой продукции до уровня, характеризующегося снижением повреждений при экономически целесообразной производительности.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы:**

В дальнейшей перспективе научных исследований необходимо продолжить работу в направлении модернизации ТС для небольших хозяйств, для которых садоводство и картофелеводство не являются единственными видами хозяйственной деятельности с целью снижения повреждений продукции и повышении производительности при выполнении ВП.

**Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:**

#### ***Монографии***

1. Повышение эффективности использования тракторных транспортных средств на внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции:

коллективная монография / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Бышов Д.Н., Юхин И.А., Аникин Н.В. – Рязань: Изд. ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. – 264 с.: ил.

2. Перспективы развития транспортной техники для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции в агропромышленном комплексе: коллективная монография / Успенский И. А., Юхин И. А., Жуков К. А., Зейналов Э. А., Шафоростов В. А. – Рязань: Изд. ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2015. – 349 с.: ил.

***Статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ***

3. Аникин, Н. В. Устройство для снижения колебаний грузовой платформы / Н. В. Аникин, С. В. Колупаев, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Сельский механизатор. – 2009. - №8. – С. 31.

4. Юхин, И.А. Погрузочно-разгрузочное устройство / С.Н. Кулик, Д.С. Рябчиков, И.А. Юхин // Сельский механизатор №10, 2009, С. 30-31

5. Повышение качества перевозки картофеля, плодов и фруктов совершенствованием подвески транспортного средства / Н. В. Аникин, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Вестник МГАУ – 2009 - №2. – С. 38-40

6. Повышение эксплуатационных качеств транспортных средств при перевозке грузов в АПК / Н. В. Аникин, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Международный технико-экономический журнал. 2009. № 3. С. 92-96.

7. Юхин, И.А. Устройство для сохранения прямолинейности движения транспортного средства / Н.В. Аникин, Г.Д. Кокорев, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Нива Поволжья, №2 (15) – Май 2010, С.48-50

8. Успенский, И.А. Прицепное транспортное средство для перевозки с-х грузов / И. А. Успенский, И. А. Юхин, И. В. Ковалев, А. Б. Пименов // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. - №9. – С. 18 – 19.

9. Взаимосвязь характеристик повреждаемости клубней с параметрами технического состояния сельскохозяйственной техники в процессе производства картофеля / Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, Г.Д. Кокорев, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №10(074). С. 596 – 606. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0428, IDA [article ID]: 0741110053. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/53.pdf>, 0,688 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

10. Перспективы повышения эксплуатационных показателей транспортных средств при внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского

государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(078). С. 475 – 486. – IDA [article ID]: 0781204041. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/41.pdf>, 0,75 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

11. Борычев, С.Н. Инновационные технические средства для транспортировки плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / С. Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Вестник ФГБОУ ВПО РГАУ. – 2012. - №2. – С. 37 – 40.

12. Бычков, В.В. Анализ исследований влияния различных факторов на сохранность фруктов при внутрихозяйственных перевозках / В. В. Бычков, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 30. – С. 455 – 462.

13. Бышов, Н.В. Зарубежные транспортные средства для современного сельскохозяйственного производства / Н. В. Бышов, Н.Н. Колчин, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Вестник ФГБОУ ВПО РГАУ. – 2012. - №4. – С. 84 – 87.

14. Панкова, Е.А. Характеристики микропрофилей междурядий в садах / И.А. Успенский, Е.А. Панкова, И.А. Юхин, А.Б. Пименов // Нива Поволжья. – Февраль 2012. – №1(22). С. 96-99.

15. Повышение эксплуатационно-технологических показателей транспортной и специальной техники на уборке картофеля / Г.К. Рембалович, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(088). С. 509 – 518. – IDA [article ID]: 0881304034. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/34.pdf>, 0,625 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

16. Повышение эффективности эксплуатации автотранспорта и мобильной сельскохозяйственной техники при внутрихозяйственных перевозках / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(088). С. 519 – 529. – IDA [article ID]: 0881304035. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/35.pdf>, 0,688 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

17. Успенский, И. А. Исследование движения тракторно-транспортного агрегата / И. А. Успенский, И.А. Юхин, И.Н. Кирюшин, К.А. Жуков и др. // Сельский механизатор. – 2013. - №5. – С. 36-37.



18. Успенский, И.А. Инновационные решения в технологии и технике транспортировки продукции растениеводства / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. Н. Кулик, Д. С. Рябчиков // Техника и оборудование для села. – 2013. - №7. – С. 6 – 8.

19. Юхин, И.А. Математическая модель движения универсального транспортного средства по полю / И.А. Юхин, И.А. Успенский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08(092). С. 1210 – 1226. – IDA [article ID]: 0921308081. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/81.pdf>, 1,062 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

20. Универсальные транспортные средства для выполнения транспортно-погрузочных работ при внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №09(093). С. 1231 – 1242. – IDA [article ID]: 0931309084. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/84.pdf>, 0,75 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

21. Успенский, И. А. Алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах / И.А. Успенский, И.А. Юхин, С.В. Колупаев, К.А. Жуков // Техника и оборудование для села. – 2013. - №12. – С. 12 – 15.

22. Юхин, И.А. Предпосылки к разработке универсальных транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / И.А. Юхин // Вестник РГАТУ №4 (20), 2013, с.88-90

23. Жуков, К. А. Устройство для транспортировки плодоовощной продукции / К.А. Жуков, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Техника и оборудование для села. – 2014. - №1 (199). – С. 18 – 19.

24. Успенский И.А. Перспективные устройства для повышения сохранности плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / И.А. Успенский, И.А. Юхин, К.А. Жуков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №01(095). С. 1104 – 1114. – IDA [article ID]: 0951401064. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/64.pdf>, 0,688 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

25. Пути снижения травмируемости плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / И.А. Успенский, И.А. Юхин, К.А. Жуков и

др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). С. 360 – 372. – IDA [article ID]: 0961402026. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/26.pdf>, 0,812 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

26. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И.А. Успенский, И.А. Юхин, Д.С. Рябчиков и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №07(101). С. 2062 – 2077. – IDA [article ID]: 1011407136. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/136.pdf>, 1 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

27. Проблемы и перспективы транспортной техники на селе / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №03(107). С. 443 – 458. – IDA [article ID]: 1071503031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/03/pdf/31.pdf>, 1 у.п.л.

28. Техника, технологии и оборудование для вывозки плодов из сада / И.А. Успенский, И.А. Юхин, В.А. Шафоростов, Н.М. Воронкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №03(107). С. 459 – 472. – IDA [article ID]: 1071503032. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/03/pdf/32.pdf>, 0,875 у.п.л.

29. Возможности повышения эффективности уборочно-транспортного процесса плодоовощной продукции / И.А. Успенский, И.А. Юхин, В.А. Шафоростов, С.А. Креков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №06(110). С. 1313 – 1328. – IDA [article ID]: 1101506087. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/87.pdf>, 1 у.п.л.

30. Юхин, И.А. Результаты полевых испытаний модернизированных транспортных средств / И.А. Юхин, И.А. Успенский, Д.С. Рябчиков, Н.М. Воронкин // Техника и оборудование для села. – 2015. - №7(217). – С. 14 – 16.

31. Анализ процесса выгрузки сельскохозяйственной продукции из усовершенствованного кузова тракторного прицепа / С.В. Колупаев, И.А. Юхин, И.А. Успенский и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета

(Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №08(112). С. 778 – 801. – IDA [article ID]: 1121508058. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/58.pdf>, 1,5 у.п.л.

32. Проблемы и технические решения использования высокопроизводительной транспортной сельскохозяйственной техники / А.С. Попов, И.А. Юхин, И.А. Успенский и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №10(114). С. 949 – 974. – IDA [article ID]: 1141510073. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/73.pdf>, 1,625 у.п.л.

33. Повышение эффективности перевозок плодоовощной продукции в АПК / Н.В. Бышов., С.Н. Борычев, И.А. Успенский и др. // Сельский механизатор. - 2016. - №5. - С. 38-40.

34. Бышов, Н.В. Исследование движения тракторно-транспортного агрегата с устройством стабилизации / Н.В. Бышов., С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Сельский механизатор. - 2016. - №11. - С. 10-11.

35. Бышов Н.В. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А., Рябчиков Д.С., Кулик С.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №09(123). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/09/pdf/09.pdf>, 1,688 у.п.л. – IDA [article ID]: 1221608009. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-123-009>

36. Бышов Н.В. Перспективы применения системно-информационного подхода к формированию качества плодоовощной продукции при уборке, транспортировке и хранении / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Костенко М.Ю., Рембалович Г.К., Юхин И.А., Костенко Н.А., Лапин Д.А. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №09(123). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/09/pdf/57.pdf>, 0,938 у.п.л. – IDA [article ID]: 1221608057. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-123-057>

### ***Патенты***

37. Пат. 81152, RU, МПК51 В 62 D 37/00. Устройство для стабилизации положения транспортного средства / Минякин С.В., Успенский И.А., Юхин И.А. [и др.] - Оpubл. 10.03.2009, бюл. № 7.

38. Пат. 93754, RU, МПК51 В 60 R 9/00. Навесное перегрузочное устройство для автомобилей / Кулик С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А. [и др.] - Оpubл. 10.05.2010, бюл. № 13.

39. Пат. 96547, RU, МПК51 В 62 D 1/00. Прицепное транспортное средство для перевозки сельскохозяйственных грузов / Безруков Д.В., Борячев С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А. [и др.] - Оpubл. 10.08.2010, бюл. № 22.

40. Пат. 105233, RU, МПК51 В 60 Р 1/28. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции / Успенский И.А., Булатов Е.П., Юхин И.А. [и др.] – Оpubл. 10.06.2011, бюл. № 16.

41. Пат. 2519304, RU, МПК51 В 62 D 37/00. Устройство стабилизации кузова транспортного средства / Успенский И.А., Симдянкин А.А., Юхин И.А. [и др.] - Оpubл. 10.06.2014, бюл. № 16.

42. Пат. 2532829, RU, МПК51 В 65 D 85/34, А 01 F 25/00. Устройство для транспортировки плодоовощной продукции / Успенский И.А., Симдянкин А.А., Юхин И.А. [и др.] - Оpubл. 10.11.2014, бюл. № 31.

43. Пат. 154410, RU, МПК51 В60D1/00. Тягово-сцепное устройство с пневмокомпенсатором колебаний / Симдянкин А.А., Попов А.С., Успенский И.А., Юхин И.А. [и др.] - Оpubл. 20.08.2015, бюл. № 23.

44. Пат. 161488, RU, МПК В60R 9/00; В60Р 1/00. Навесное перегрузочное устройство для самосвального кузова транспортного средства / Филюшин О.В., Голиков А.А., Успенский И.А., Юхин И.А. [и др.]; - Оpubл. 20.04.2016, бюл. № 11.

45. Пат. 2584041, RU, МПК В60Р 1/28. Самосвальный кузов для перевозки легкоповреждаемой продукции / Успенский И.А., Симдянкин А.А., Юхин И.А. [и др.] - Оpubл. 20.05.2016, бюл. № 14.

#### **Статьи в других изданиях**

46. Минякин, С.В. Причины повреждений плодов и овощей при сельскохозяйственных перевозках / С.В. Минякин, С.Ю. Гречихин, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств. Сб. научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессору Игорю Николаевичу Арину – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2007. – С. 125-127

47. Аникин, Н. В. Анализ внутрихозяйственных перевозок сельскохозяйственной продукции / Н. В. Аникин, Н. В. Бышов, И. А. Успенский, И.А. Юхин и [др.] // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: II Международная научно-производственная конференция – Пенза : Изд-во ПГУАС, 2009. – С. 111-113.

48. Юхин, И.А. Факторы, влияющие на уровень повреждений перевозимой сельскохозяйственной продукции / Аникин Н.В., Успенский И.А., Юхин И.А.// Сборник научных трудов профессорско-преподавательского

состава и молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. Том I. Материалы научно-практической конференции, Рязань, 2009, С. 18-20

49. Юхин, И.А. Устройство для стабилизации движения транспортного средства / Юхин И.А., Успенский И.А. // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. Том II. Материалы научно-практической конференции, Рязань, 2009, С. 158-160

50. Юхин, И.А. Устойчивость транспортного средства при вывозе картофеля с поля /Бышов Н.В., Аникин Н.В., Булатов Е.П., Успенский И.А., Юхин И.А. // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем», Саранск, 2009, С. 324-326

51. Юхин, И.А. Факторы, определяющие поперечно-горизонтальную устойчивость движения транспортных средств в сельском хозяйстве / Аникин Н.В., Кокорев Г.Д., Николотов И.Н., Успенский И.А., Юхин И.А. // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем», Саранск, 2009, С. 326-330

52. Юхин, И.А. Результаты экспериментальных исследований устройства подрессоривания грузовой платформы / И.А. Юхин // Вестник РГАТУ №4, 2009, с.45-47

53. 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. А. Юхин и [др.] // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей: XII Международная научно-практическая конференция – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2010. – С. 319-322.

54. Аникин, Н.В. Особенности применения тракторного транспорта в технологических процессах по возделыванию сельскохозяйственных культур / Н. В. Аникин, Г. Д. Кокорев, А. Б. Пименов, И. А. Успенский, И. А. Юхин / Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики. Материалы III Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение», посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.М. Гуревича: Сборник научных трудов – Киров: Вятская ГСХА, 2010. – Вып. 11. - с. 45 – 49 (250 с.)

55. Булатов, Е.П. Особенности перевозки сельскохозяйственной продукции в кузове автотранспортных средств / Е.П. Булатов, Г.Д. Кокорев, Г.К.

Рембалович, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Часть 2. Материалы VI международной научно-практической конференции. г. Пенза . 18-20 мая 2010 года, с. 22-27.

56. Успенский, И.А. Некоторые вопросы организации транспортных работ при машинной уборке картофеля / И. А. Успенский, Г.К. Рембалович, Г.Д. Кокорев, И.А. Юхин и др. // Вестник РГАТУ. – 2010. - №4. – С. 72 – 74.

57. Рембалович, Г.К. Анализ теоретических исследований устойчивости движения транспортных средств в сельском хозяйстве / Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Вестник РГАТУ. – 2010. - №1. – С. 58 – 60.

58. Юхин, И.А. Надежность сельскохозяйственного транспорта при выполнении транспортных и погрузочно-разгрузочных работ / Г.Д. Кокорев, С.Н. Кулик, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Часть 2. Материалы VI международной научно-практической конференции. г. Пенза . 18-20 мая 2010 года, с. 47-51

59. Бышов, Н.В. Инновационные решения в технологиях и технике для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции растениеводства / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский, И. А. Юхин, Е. П. Булатов, И. В. Тужиков, А. Б. Пименов / Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства. Материалы Международной научно-технической конференции: Сборник научных трудов ГНУ ВИМ Россельхозакадемии – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2011. – Том 2. - С. 395 – 403

60. Юхин, И.А. Анализ исследований влияния различных факторов на сохранность овощей и фруктов при внутрихозяйственных перевозках / Юхин И.А., Бычков В.В., Кокорев Г.Д., Успенский И.А., Карцев Е.А. // В сб. «Интеграция науки с сельскохозяйственным производством. Материалы научно-практической конференции, посвященной деятельности Университетского комплекса в Рязанской области». Рязанский ГАТУ – Рязань, 2011. с. 43-45

61. Юхин, И.А. Современное состояние вопроса перевозок плодоовощной продукции в кузове АТС / Юхин И.А., Тужиков И.В. // Сборник научных трудов преподавателей и аспирантов Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. Материалы научно-практической конференции 2012г., Рязань, 2012, с. 49-52

62. Успенский, И.А. Инновационная техника для транспортировки продукции растениеводства / И. А. Успенский, И. А. Юхин, С. Н. Кулик, Д. С. Рябчиков, А. Б. Пименов, К. М. Рублев / Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Материалы международной научно - практической конференции, посвященной 55 – летию института

механики и энергетики. 16 – 19 октября 2012 г., Саранск. – Саранск: Мордовский ГУ, 2012. – с. 223 – 227

63. Бышов, Н.В. Основные требования к техническому уровню тракторов, транспортных средств и прицепов на долгосрочную перспективу / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И. А. Успенский, И.А. Юхин, Н.В. Аникин, С.В. Колупаев, К.А. Жуков / Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: доклады Международной научно-практической конференции 21 – 22 марта 2013г. – Минск : Изд-во БГАТУ, 2013. – с. 200-202

64. Бышов, Н.В. Универсальное транспортное средство для перевозки продукции растениеводства / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики В.П. Горячкина (Москва, ВИМ, 17-18 сентября 2013 г.). Ч. 2. – М.: ВИМ, 2013. – С. 241-244.

65. Жуков, К.А. Устройство для стабилизации движения транспортного средства / К.А. Жуков, И.А. Юхин // Научные приоритеты в АПК: инновационные достижения, проблемы, перспективы развития: Материалы международной научно-практической конференции 15 мая 2013 г. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета – С. 190-193

66. Жуков, К.А. Современные методы решения проблемы внутрихозяйственной транспортировки плодоовощной продукции / К.А. Жуков, И.А. Успенский, И.А. Юхин, Н.В. Аникин // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств. Материалы XV Международной научно-практической конференции 20-22 ноября 2013 г., Владимир, под общ. ред. А.Г. Кириллова – Владимир: ВлГУ, 2013. – С. 60-63 (222 с.).

67. Юхин, И.А. К вопросу модернизации транспортных средств для АПК / И.А. Юхин, И.А. Успенский, А.А. Голиков, П.В. Бондарев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов международной конференции / редкол.: Сенин П.В. [и др.] - Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. - С. 181-187

68. Юхин, И.А. Усовершенствованные тракторные прицепы для внутрихозяйственных перевозок в АПК / И.А. Юхин, И.А. Успенский, Н.М. Воронкин // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств. Материалы XVI Международной научно-практической конференции 20-21 ноября 2014 г. Владимир / под общ. ред. канд. техн. наук, доц. А.Г. Кириллова; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2014, С. 135-139.

69. Попов, А.С. Анализ и обобщение результатов исследований по изучению динамики движения тракторного транспортного агрегата / А.С. Попов, И.А. Юхин, А.В. Орехов, К.К. Слизкин, И.А. Успенский // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Россия, Воронеж, 25 декабря 2015 г.). Часть II. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2015, С. 354-361.

70. Юхин, И.А. Устройства стабилизации процессов разгрузки и движения транспортных средств / И.А. Юхин, И.А. Успенский, Г.Д. Кокорев, А.С. Попов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф.Х. Бурумкулова / редкол.: Сенин П.В. [и др.]. Саранск: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», 2016, С. 295-306.

71. Полункин, А.А. Снижение травмируемости сельскохозяйственной продукции при перевозке транспортными средствами с самосвальными кузовами / А.А. Полункин, О.В. Филюшин, И.А. Успенский, Г.К. Рембалович, И.А. Юхин // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф.Х. Бурумкулова / редкол.: Сенин П.В. [и др.]. Саранск: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», 2016, С. 376-382.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная*

*Усл. печ. л.2. Тираж 100 экз. Заказ № 1327*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования*

*«Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П. А. Костычева»*

*390044 г. Рязань, ул. Костычева, 1*

*Отпечатано в издательстве учебной литературы и  
учебно-методических пособий*

*ФГБОУ ВО РГАТУ*

*390044 г. Рязань, ул. Костычева, 1*