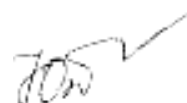


Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева»

**На правах рукописи**



Юхин Иван Александрович

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

**Диссертация**

на соискание ученой степени доктора технических наук

Специальность: 05.20.01 – «Технологии и средства механизации сельского  
хозяйства»

Научный консультант:

д.т.н., профессор И.А. Успенский

Рязань, 2016

## АННОТАЦИЯ

Целью диссертационного исследования является снижение повреждений картофеля и яблок на внутривозвратных перевозках (далее ВП) стабилизацией положения кузовов (далее СПК) транспортных средств (далее ТС) при повышении их производительности.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель работы и ее народнохозяйственное значение. Приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе сделан анализ состояния вопроса и определены задачи исследования.

Во второй главе разработана математическая модель движения тракторно-транспортного агрегата (далее ТТА) с устройством СПК. Проведен теоретический анализ процесса выгрузки клубней картофеля из ТТА с усовершенствованным самосвальным кузовом, и определены его параметры. Предложены новые и усовершенствованные конструктивно-технологические решения ТТА с устройствами СПК при ВП и при разгрузке продукции.

В третьей главе рассмотрены программа, методики и результаты экспериментальных исследований параметров ТТА с устройствами СПК при ВП и разгрузке перевозимой продукции.

В четвертой главе обоснован технико-экономический эффект применения ТТА с устройствами СПК и разгрузки картофеля и яблок на ВП. Намечены предложения производству и перспективные направления дальнейших исследований в рассматриваемой области знаний.

Сформулировано заключение.

Приведен библиографический список источников, цитируемых автором в работе.

В приложениях представлены копии патентов, актов внедрения и документов об апробации результатов работы.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
<b>ГЛАВА 1 Состояние вопроса. Задачи исследований</b>	<b>17</b>
1.1 Классификация, объемы и особенности перевозок сельскохозяйственных грузов (на примере картофеля и яблок)	17
1.2 Современное состояние вопроса механизации погрузочно-разгрузочных и транспортных работ при уборке яблок и картофеля	22
1.2.1 Технологические схемы вывозки яблок из сада	22
1.2.2 Характеристика тары для вывозки плодов из сада	24
1.2.3 Погрузочно-разгрузочные механизмы и ТС для вывозки плодов из сада в контейнерах	29
1.3 Пути снижения повреждений картофеля и яблок в процессе уборочно-транспортных работ	35
1.4 ТС, используемые в АПК	44
1.4.1 Особенности применения тракторного транспорта в технологических процессах по возделыванию сельскохозяйственных культур	58
1.5 Анализ исследований процессов перевозки картофеля и яблок в кузове ТС	70
1.5.1 Особенности перевозки картофеля и яблок в кузове автотранспортных средств	70
1.5.2 Обзор работ по математическому моделированию движения ТС и ВП сельскохозяйственных грузов	78
1.5.3 Факторы, определяющие поперечно-горизонтальную устойчивость движения ТС в сельском хозяйстве	84
1.6 Устройства стабилизации ТС при движении и разгрузке	88
1.6.1 Устройства, способствующие СПК ТС при движении по	88

дорогам, имеющим уклон в поперечном направлении	
1.6.2 Устройства для стабилизации прямолинейности движения ТС	92
1.6.3 Самосвальный кузов ТС со стабилизацией процесса разгрузки	96
1.7 Постановка научной проблемы и гипотезы	98
1.8 Выводы по первой главе	100
1.9 Задачи исследований	101
<b>ГЛАВА 2 Теоретические исследования движения тракторно-транспортного агрегата с устройствами СПК на ВП</b>	103
2.1 Особенности теоретического исследования ТТА	103
2.2 Определение допустимой скорости колебаний кузова	106
2.3 Теоретические исследования влияния микропрофиля дороги на повреждения картофеля и яблок в кузове ТТА	109
2.4 Разработка математической модели движения ТТА с устройством СПК	115
2.4.1 Выбор системы отсчета и обобщенных координат	118
2.4.2 Математическая модель движущегося по полю ТТА с устройством СПК	122
2.5 Анализ процесса выгрузки клубней из ТТА с усовершенствованной конструкцией кузова и выбор параметров самосвального кузова	154
2.6 Устройства стабилизации ТТА при движении и оптимизации технологического процесса разгрузки	163
Выводы к главе 2	170
<b>ГЛАВА 3 Экспериментальные исследования тракторно-транспортного агрегата с устройствами СПК при ВП и разгрузке перевозимой продукции</b>	172
3.1 Программа экспериментальных исследований	172



3.2 Экспериментальная установка и регистрирующая аппаратура	172
3.3 Тарировка и определение погрешности измерительных приборов и оборудования	176
3.4 Методика экспериментальных исследований величины повреждений картофеля и яблок в кузове при ВП	179
3.4.1 Методика оценки дорожных условий при движении ТТА на ВП	179
3.4.2 Методика экспериментальных исследований поперечного микропрофиля междурядий яблоневого сада	180
3.4.3 Методика оценки влияния скорости колебаний грузовой платформы ТТА на количество повреждений картофеля и яблок при ВП в контейнерах и навалом	183
3.4.4 Методика оценки величины повреждений картофеля и яблок при ВП	187
3.4.5 Оценка величины повреждений яблок после уборки и ВП	189
3.5 Результаты экспериментальных исследований величины повреждений картофеля и яблок при ВП серийным и ТТА с устройствами СПК	191
Выводы по главе 3	207
<b>ГЛАВА 4 Технико-экономическая эффективность применения тракторно-транспортных агрегатов с устройствами СПК и разгрузки картофеля и яблок на ВП. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК</b>	209
4.1 Экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат	212
4.2 Экономический эффект от снижения повреждений картофеля и яблок	216
4.3 Пути дальнейшей модернизации ТС для АПК	218
Выводы по четвертой главе	232

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	234
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	240
ПРИЛОЖЕНИЯ	283

## ВВЕДЕНИЕ

**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 [249].

В структуре АПК РФ сельское хозяйство является главным звеном. Оно производит свыше 48% объема продукции АПК, располагает 68% производственных основных фондов комплекса, в нем занято почти 67% работающих в производственных отраслях АПК. В развитых же странах в создании конечного продукта основная роль принадлежит другой сфере АПК - отрасли, перерабатывающей сельскохозяйственное сырье. Например, в США на долю перерабатывающих и сбытовых отраслей приходится 73% производимой продукции АПК, сельское хозяйство дает лишь 13% [91].

На внутрихозяйственных 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 [137]. Удельный вес перевозок ТТ в отечественном сельском хозяйстве составляет 22-27% от общего объема транспортных перевозок (ТП) и 50-60% объема ВП [37]. 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.

Сбалансированное развитие всех звеньев АПК - необходимое условие решения проблемы обеспечения страны продовольствием и сельскохозяйственным сырьем. В настоящее время слабое развитие перерабатывающих отраслей АПК, производственной инфраструктуры комплекса приводят к огромным потерям продукции сельского хозяйства. Например, потери собранного зерна составляют 30%, картофеля и овощей - 40-45%. Потребность в оборудовании для отраслей промышленности, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье, удовлетворяется лишь на 55-60%, степень износа оборудования составляет 76% [93, 240].

Тем не менее, часть импортной продукции овощеводства приходит в Россию в виде переработанной продукции – замороженный картофель и овощи, капуста, лук, морковь вне сезона (зима, весна), в то время как отечественные производители просто теряют часть производимой продукции.

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 [125]. 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 [126]. 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.

Проблема обеспечения современной сельскохозяйственной техникой предприятий АПК в настоящее время достаточно сложна. В «Нормативах потребности АПК в технике для растениеводства и животноводства» ТС не рассматриваются в технологическом процессе производства сельскохозяйственной продукции, а в качестве самого востребованного энергосредства указан колесный трактор МТЗ-80/82 кл. 1,4. При этом обеспеченность хозяйств транспортно-погрузочными средствами не превышает 50% от потребности при темпах ежегодного старения выше 60% [81, 187].

Снижение темпов пополнения и обновления парка транспортных и погрузочных средств за последние годы привело к значительному ухудшению их технического состояния, работоспособности и логистического обслуживания производственных процессов в сельском хозяйстве [187, 291].

Для улучшения транспортного обслуживания АПК в сложившихся условиях необходимо совершенствовать технологии перевозок с применением методов логистики, пополнять и обновлять имеющийся парк, но в связи с низкой платежеспособностью сельскохозяйственных предприятий и высокими ценами на автотракторную технику проблема обеспечения сельского хозяйства соответствующими средствами приобретает наиболее острый характер. Специализированный подвижной состав в отличие от универсальных транспортных средств (УТС) выполняет производственные процессы в определенных условиях с меньшими затратами ресурсов. Однако специализация приводит к усложнению конструкции, увеличению материалоемкости и стоимости транспортных средств, а также значительному сокращению номенклатуры выполняемых работ и снижению коэффициента использования пробега специализированных машин [245].

Таким образом, разработка и обоснование параметров 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.)) (приложение А).

**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 (приложение Б).

**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.

Методология исследований снижения повреждений картофеля и яблок при ВП путем СПК ТС представлена в приложении В.

**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 ТГА с разработанными устройствами СПК и усовершенствованной самосвальной конструкцией;
- математические модели движения ТГА с устройствами СПК;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований по повышению производительности ВП и снижению величины повреждений продукции;

- результаты хозяйственных испытаний ТГА 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 Александровского района Рязанской области (ООО «Каширинское») (приложение Г).

Результаты исследований переданы Акционерному обществу «Головное 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 (приложение Е).

**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.** Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Рязанского ГАТУ им. П.А.Костычева (2008...2016 гг.), 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 гг.), Международных научно-практических конференциях Владимирского ГУ (2010, 2013, 2014 г.), Международной научно-практической конференции Вятской ГСХА (2010г.), Международных научно-технических конференциях ГНУ ВИМ (2011, 2013, 2015 г.), II Международном форуме сельской молодежи «Развитие агробизнеса и сельских территорий с учетом требований ВТО» (2012г.), Международных научно-практических конференциях Мордовского ГУ имени Н.П.Огарева (2012, 2014, 2016г.), Международной научно-практической конференции Белорусского ГАТУ (2013г.), Международной научно-практической конференции ППС, научных сотрудников и аспирантов Санкт-Петербургского ГАУ (2013г.), VI Международном форуме «Дни сада в Бирюлеве» (ФГБНУ ВСТИСП 2015г.), Международной научно-практической конференции Воронежского ГАУ имени императора Петра I (2015 г.), Международной научной конференции РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева (2016 г.), 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,-16». Разработка «Устройство для транспортировки плодоовощной продукции» награждена серебряной медалью салона «Архимед-2015» (приложение Ж).

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.

В процессе теоретических и экспериментальных исследований при участии автора разработаны и внедрены новые устройства для ТС (патенты РФ № 81152, 93754, 96547, 105233, 2519304, 2532829, 154410, 161488, 2584041).

**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.

# ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1 Классификация, объемы и особенности перевозок сельскохозяйственных грузов (на примере картофеля и яблок)

Сельское хозяйство относится к числу отраслей, имеющих значительную номенклатуру грузов. Только растениеводство и животноводство дают более 45 наименований грузов в виде основной и побочной продукции. Кроме того, 30-35 видов наименований грузов необходимы для обеспечения производственных процессов в указанных отраслях. Широкая номенклатура грузов характерна не только для большинства сельскохозяйственных предприятий в силу универсальности их производства, но и для узкоспециализированных хозяйств, где набор грузов состоит из 40-50 укрупненных наименований [187].

Для нормального функционирования любого сельскохозяйственного предприятия необходимы перевозки грузов, не связанных непосредственно с технологией производства. В целом же сельское хозяйство России отличается большим разнообразием грузов (до 250 видов). В 2015 году объем перевозок в сельском хозяйстве составил 3,88 млрд. т, в том числе автотранспортом 2,75 млрд. т и тракторным транспортом 1,13 млрд. т. К 2020 году прогнозируется увеличение объема перевозок до 7,2 млрд. т грузов, в том числе автотранспортом 5,8 млрд. т и тракторным транспортом 1,4 млрд. т.

По данным Минсельхоза России, в 2015 году в хозяйствах всех категорий собран рекордный урожай овощей - 16,1 млн. тонн (в 2014 году – 15,5 млн. тонн), что на 12,3% выше среднего уровня за последние 5 лет и на 4% больше, чем в 2014 году. Валовый сбор картофеля составил 33,6 млн. тонн – это на 6,8% больше, чем в 2014 году и на 15,9% больше среднего уровня за последние 5 лет (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Динамика валовых сборов овощей 2011 - 2015 гг., млн. тонн  
(данные Росстат)

В зависимости от зональных особенностей и производственной специализации структура грузов отдельных сельхозтоваропроизводителей может значительно различаться (рис. 1.2), однако для всех них характерна значительная доля грузов, перевозимых насыпью или навалом (табл. 1.1) [120].



Рисунок 1.2 - Структура грузоперевозок в хозяйствах центральных районов нечерноземной зоны (ЦРНЗ)

Одним из главных факторов, характеризующих сельскохозяйственные грузы, является изменчивость их механических свойств под воздействием влажности, давления, температуры,

продолжительности хранения. С увеличением высоты хранящегося материала возрастает опасность слеживаемости. Многие грузы легко повреждаются. Более всего повреждаются фрукты, корнеплоды и овощи при перевозках навалом. В этом случае потери от повреждения, например, клубней картофеля, при погрузочно-разгрузочных работах достигают 16% и более. В дальнейшем при хранении навалом потери увеличиваются еще на 18% [84, 194].

Таблица 1.1 - Структура сельскохозяйственных грузов по способу перевозки (по данным Л. Ф. Кормакова) [133]

Способ перевозки	Ко всему объему перевозок, %
Навалом или насыпью	76
В том числе в специализированных кузовах	28
В различной таре, пакетами, кипами, тюками	14
В том числе в специализированных кузовах	8
Мелкими партиями (масса единовременной отправки до 2 т)	4
Наливом в цистернах	6

Специфика сельскохозяйственного производства зачастую вызывает необходимость в неоднократной перевозке одних и тех же грузов, что должно учитываться при планировании работы сельскохозяйственных ТС. Коэффициенты повторности перевозок сельскохозяйственных грузов приведены в табл. 1.2 [279].

Таблица 1.2 – Коэффициенты повторности перевозок сельскохозяйственных грузов

Наименование продукта	Коэффициент повторности	Наименование продукта	Коэффициент повторности
1	2	1	2
Картофель	2,1	Овощи соленые, квашеные, маринованные	1,5

продолжение таблицы 1.2

1	2
Овощи открытого грунта и бахчевые	1,4
Кормовые корнеплоды	2

1	2
Плоды и ягоды	1,3
Виноград	1,3

Основная особенность сельскохозяйственной продукции состоит в том, что длительное время в ней происходят сложные биологические процессы (превращение углеводов, дыхание, созревание, испарение влаги, увлажнение и отпотевание, подмораживание), от характера и интенсивности которых зависят качество и сохранность ее, физико-механические и агrobiологические требования к подвижному составу, погрузочно-разгрузочной технике, а в ряде случаев и к организации перевозок [243].

Одной из основных характеристик перевозимых сельскохозяйственных грузов является объемная масса, от которой зависит коэффициент использования грузоподъемности ТС.

В зависимости от коэффициента использования грузоподъемности ТС грузы делятся на пять классов:

	первый	второй	третий	четвертый	пятый
Коэффициент использования грузоподъемности	1	0,71-0,99	0,51-0,7	0,41-0,5	до 0,4

Класс груза определяется не только его физическими свойствами (например, объемная масса), но и видом упаковки (табл. 1.3). Один и тот же груз может быть отнесен к различным классам при разной его упаковке.

***Повреждаемость и сохранность сельскохозяйственных продуктов.***

Повреждение сельскохозяйственных грузов может вызываться воздействием на них динамических и статических нагрузок. Оно зависит



от упругости элементов груза и поверхности, с которой соударяется или соприкасается продукт, крупности единицы продукта, его объемной массы, высоты падения (табл. 1.4) [53, 193, 293].

Таблица 1.3 - Объемная масса сельскохозяйственных грузов

Наименование груза	Объемная масса, т/м <sup>3</sup>	Вид упаковки	Класс груза
1	2	3	4
Картофель	0,5	Мешки	1
	0,68	Навалом	1
Морковь	0,4	Кули, корзины, ящики	2
	0,5	Навалом	2
Свекла	0,62	Навалом	1
Яблоки свежие	0,37	Ящики	1

Таблица 1.4 - Ориентировочные данные о допустимой высоте сбрасывания сельскохозяйственных продуктов

Поверхность, на которую сбрасывают продукты	Допустимая высота сбрасывания, м			
	картофель	свекла	морковь	капуста
Сталь, дерево	0,3-0,5	0,4-0,6	0,3-0,5	0,2-0,3
Деревянная решетка	0,1-0,2	0,2-0,4	0,2-0,3	0,1-0,2
Прорезиненная решетка	0,5-0,7	0,7-1,1	0,5-0,7	0,5-0,7
Почва средней рыхлости	2	2	2	1,9
Поверхность, одноименная со сбрасываемым продуктом	1-1,2	0,8-1,3	0,8-1	0,8-1

При слабых ушибах, повреждающих ткани на глубину 5-12 мм, или небольшом сдавливании клубней повреждение не оказывает влияния на лежкость картофеля. Однако это снижает качество столового и семенного картофеля. При более сильных повреждениях картофель часто становится непригодным для продовольственных целей. Поврежденные клубни скорее прорастают, что также отрицательно сказывается на их семенных качествах [293].

При перевозке следует также учитывать, что молодой картофель под прямыми солнечными лучами получает ожоги. Особенно повреждаются травмированные места клубней: ссадины, царапины, места с содранной кожурой.

Фрукты и овощи должны предъявляться к перевозке и приниматься автотранспортным предприятием только в затаренном виде. Для упаковки плодов и овощей применяются типы ящиков в соответствии с установленными ГОСТами. Плоды и овощи должны быть уложены плотно, в уровень с краями тары так, чтобы они не бились и не терлись. Укладка ящиков с плодами в шахматном порядке обеспечивает хорошую циркуляцию воздуха и эффективное использование холода [188].

Зазор между потолком кузова и верхним рядом ящиков должен быть не менее 30-35 см. Совершенно исключается зазор между ящиками и задней стенкой во избежание самопередвижения ящиков [114].

Фрукты и овощи должны предъявляться к перевозке отсортированными по степени зрелости и сортам в соответствии с требованиями стандартов. Они должны быть свежими, не загрязненными, не увлажненными, правильной формы, без механических повреждений, не пораженными болезнями и сельскохозяйственными вредителями. К перевозке не допускаются овощи и фрукты перезревшие, вялые, загнившие и подмороженные [188].

## **1.2 Современное состояние вопроса механизации погрузочно-разгрузочных и транспортных работ при уборке яблок и картофеля**

### *1.2.1 Технологические схемы вывозки яблок из сада*

Заключительным этапом работ при уборке урожая в садах является вывозка яблок (далее плодов).

Технологическая схема вывозки плодов из сада состоит из следующих операций: погрузка пустой тары; доставка её до участка сада,

где производится уборка; разгрузка; погрузка наполненной тары в ТС; перевозка до места хранения и разгрузка.

На уборке плодов находят применение два типа тары: ящики вместимостью 23-25 кг и контейнеры вместимостью 250-400 кг. Заполнение тары производят бессистемно, так называемой «насыпью» [206].

Перевозка плодов в ящиках может осуществляться:

- а) без применения поддонов;
- б) с применением поддонов - пакетный способ перевозки.

В первом случае ящики поштучно вручную загружают в ТС. Во втором - ящики с плодами предварительно укладывают на поддоны - пакетируют. Пакет состоит из 20-25 ящичков. Затем пакеты с помощью грузоподъемных механизмов погружают в ТС.

Погрузку пакетов и контейнеров производят вилочными или крановыми погрузчиками [28, 153].

Для перевозки плодов из сада кроме ТС общего назначения (автомобили, тракторные прицепы) применяют специальные ТС. Конструкция некоторых из них позволяет производить самопогрузку и саморазгрузку тары с плодами [55, 149, 206, 254, 317, 326].

Разгрузку у плодохранилища ТС общего назначения осуществляют аккумуляторными электропогрузчиками типа ЭП-103.

Различные сочетания погрузочно-разгрузочных и ТС, а также тип применяемой на уборке тары определяют технологию вывозки плодов из сада.

В настоящее время в нашей стране применяют несколько технологий вывозки. Согласно одной из них наполненный плодами контейнер вывозят вилчатым погрузчиком из междурядья сада на межквартальную дорогу, и им же погружают в ТС. По другой технологии ТС загружают непосредственно в междурядье сада. Дальнейшая реализация вывозки может осуществляться по двум вариантам: 1) непосредственно перевозка

заполненного ТС до места хранения; 2) транспортировка заполненного ТС на межквартальную дорогу, отсоединение его и дальнейшее агрегатирование до места хранения другим трактором. Поточная технология заключается в уборке урожая плодов в тару, установленную непосредственно на ТС, перемещении по междурядью одновременно со сборщиками до полного ее заполнения и перевозке до места хранения [228].

К технологиям вывозки предъявляются следующие основные требования: сохранение качества плодов и высокая производительность.

Повреждение плодов при погрузочно-разгрузочных и транспортных работах определяется рядом факторов. Основными из них являются: состояние упаковки (плотная, рыхлая), способ погрузки (разгрузки), тип амортизации ТС, состояние дорожного покрытия, скорость перевозки, расстояние перевозки [15, 16, 101, 105, 129, 201, 206, 262, 272, 308, 320, 323].

### *1.2.2 Характеристика тары для вывозки плодов из сада*

При вывозке плодов из сада тара должна отвечать следующим требованиям: обеспечивать сохранность плодов, иметь удобный доступ к ним и захваты для погрузки.

Известно [6, 12, 16, 18, 20, 25, 101, 102, 118, 129, 201, 212, 261, 262, 308, 316, 320, 327, 329], что на величину повреждений плодов влияют тип тары, способ упаковки и местоположение плодов в таре.

В нашей стране для упаковки, перевозки и хранения яблок применяют два типа ящиков: неразборные дощатые № 3 (ГОСТ 10131-93) и разборно-складные решетчатые из тонких дощечек, армированных проволокой (ГОСТ 20463-75). Внутренние размеры неразборного ящика № 3 (ГОСТ 10131-93): длина - 570 мм, ширина - 380 мм, высота 266 мм, емкость 57,6 дм<sup>3</sup>; разборного - длина 540 мм, ширина 330 мм, высота 266 мм, емкость 54,6 дм<sup>3</sup> [229].

В саду наполненные плодами ящики формируют в пакеты на поддонах. Эта трудоемкая операция выполняется рабочими вручную и требует тщательности, так как небрежная установка ящиков приводит к их деформации и смещению относительно друг друга при перевозке, а, следовательно, и к повреждению плодов.

Опыт, накопленный в зарубежных странах и в СССР, показал, что плоды значительно лучше сохраняют свои качества в крупно-объемной таре, чем в ящиках обычных размеров [153, 156, 310, 327].

Венгерскими учеными установлено, что эффективность контейнеров на вывозке плодов из сада выражается в экономии (за счет предохранения плодов от повреждений) стоимости 10 кг яблок экспортного качества на каждые 100 кг плодов [156].

С применением контейнеров полностью механизуются погрузочно-разгрузочные работы на вывозке плодов из сада. Производительность труда при этом повышается в 2...3 раза [76]. Емкость плодохранилища при применении контейнеров используется лучше на 27%. Это снижает амортизационные отчисления и затраты на текущий ремонт здания на 21% в расчете на 1 т продукции [12].

Контейнеры различаются как по конструктивному исполнению, так и по материалам, из которых они изготавливаются.

В США широко используются контейнеры из клееной фанеры, которые имеют ряд преимуществ перед контейнерами, изготовленными из пиломатериалов. Они прочнее, долговечнее, легче, дешевле в производстве, и их можно подвергать мойке и дезинфекции [42].

В Италии контейнеры для уборки плодов изготавливают из металла, фанеры, волокнистых плит, древесины. Стенки этих контейнеров делаются сплошными, а дно - со щелями, составляющими 10% общей площади, что обеспечивает циркуляцию воздуха. Габариты контейнеров 1200x1200x720 мм, масса - от 43 кг до 65 кг [306].

Есть сообщения об освоении производства пластиковых контейнеров для плодов (рис.1.3) фирмой «Wopla Plastiks» (Бельгия). Наружные размеры контейнера 1100x1100x760 мм. Высота внутренней стенки 650 мм, масса 31 кг. Материалом для изготовления служит полиэтилен с примесью стеклопластика [321].



Рисунок 1.3 - Пластиковый контейнер фирмы «Wopla plastics»(Бельгия) вместимостью 320 кг

В США разработаны контейнеры из алюминия. Американские садоводы считают, что, хотя затраты на их приобретение выше по сравнению с затратами на деревянные контейнеры, они быстро окупаются за счет легкости, прочности и долговечности. Контейнер имеет форму правильной четырехугольной пирамиды высотой 503 мм. Стороны нижнего основания равны 437 мм, верхнего - 533 мм. Он имеет упоры для вилок погрузчика. Достоинством этих контейнеров является то, что при перевозке порожних они компактно укладываются один в другой. Причем 15 порожних контейнеров занимают столько места, сколько 4 контейнера с грузом.

В ряде других стран имеются контейнеры, складывающиеся при перевозке, или разборные.

Следует отметить, что габариты контейнеров в разных странах крайне разнообразны.

Так, во Франции широкое применение находят контейнеры с размерами дна 1200x1000 мм, 1200x1200 мм и 1250x1250 мм, в США -

1200x1200 мм, в Венгрии - 1200x800 мм, в Швейцарии - 1120x1120 мм, Полезная высота большинства контейнеров одинакова и равна 600 мм [305, 315, 318, 328]. Она, определена исходя из допустимости нагрузок, действующих на нижние слои плодов.

В садоводческих хозяйствах нашей страны используют в основном два типа контейнеров: неразборный деревянный контейнер для семечковых плодов (ТУ 46-703-71) (рис. 1.4) и складной плодовой контейнер КСП-0,5, разработанный СКБ по машинам для садоводства, виноградарства и бахчевых культур Средней Азии (г. Ташкент).



Рисунок 1.4 - Ящик дощатый № 3 и контейнер неразборный

Контейнер КСП-0,5 представляет собой комбинированный деревянно-металлический ящичный поддон с решетчатыми стенками и дном, которые изготовлены в виде деревянных щитов, прикрепленных к металлическому каркасу скобами.

Металлический каркас выполнен разъемным по диагонали на две одинаковые шарнирно-соединенные по дну половины. Для фиксации половин в верхней части контейнера в зоне разъема установлены замки. Такая конструкция позволяет порожние контейнеры вкладывать друг в друга (рис. 1.5), а наполненные плодами устанавливать друг на друга в штабель. Разъемность контейнеров позволяет на одном автомобиле ЗИЛ-130 перевозить 83 порожних контейнера.



Рисунок 1.5 - Контейнеры конструкции СКБ (г. Ташкент)

С целью механизации погрузочно-разгрузочных работ поддон такого контейнера выполнен четырехзаходным, а на углах в верхней части расположены грузозахватные скобы.

При штабелировании наполненной тары грузозахватные скобы предотвращают скольжение и опрокидывание верхних контейнеров относительно нижних.

По данным государственных испытаний на Южно-Украинской МИС применение контейнеров КСП-0,5 дает возможность снизить затраты труда (в расчете на 1 т плодов) на 10% по сравнению с использованием ящиков. Производительность труда при этом повышается в 1,1 раза [145].

Оба типа контейнеров предназначены для затаривания снятых с дерева плодов, транспортирования и хранения их до реализации. Краткая характеристика их приведена в табл. 1.5.

Таким образом, из проведенного анализа становится ясным, что контейнеры, как вид тары для плодов, являются наиболее прогрессивным и находят все более широкое применение в садоводческих хозяйствах. В связи с этим рассмотрим технические средства, используемые для их погрузки и транспортировки.



Таблица 1.5 - Краткая характеристика отечественных плодовых контейнеров

Показатели	Неразборный	Складной КСП-0,5
Внутренние размеры, мм	1140x760x596	1148x725x620
Наружные размеры, мм	1200x816x700	1200x885x880
Внутренний объем, м <sup>3</sup>	0,52	0,52
Масса тары, кг	45	50-53
Масса плодов, кг	250	270-350

### *1.2.3 Погрузочно-разгрузочные механизмы и ТС для вывозки плодов из сада в контейнерах*

Заключительным циклом работ при уборке яблок является закладка их в тару и выполнение погрузочно-разгрузочных операций. Опыт показывает, что снижение товарных качеств и даже порча яблок чаще всего является результатом небрежного выполнения этих операций [140].

Перевозимая продукция получает повреждения из-за неровностей дорог, при разгонах и торможениях транспортных агрегатов. Механические повреждения, возникающие при этом, зависят не только от конструкции тары и её качества, типа ТС и способа выполнения погрузочно-разгрузочных работ, но и от свойств самой продукции. Замечено, что при прочих равных условиях особенно много повреждений появляется после выполнения погрузочно-разгрузочных работ вручную [19, 42, 68, 122, 133, 146, 147, 224, 234, 265].

Выход товарной продукции при перевозке яблок автомашинами выше, чем при использовании тракторных прицепов, что объясняется более совершенной подвеской автомобиля, но экономически не выгодно, так как автомобили имеют высокую стоимость и затраты в эксплуатации, при данных режимах работы. Следует отметить, что при перевозке яблок

наибольшим колебаниям, а следовательно и повреждениям, подвергаются верхние слои плодов в ящиках и контейнерах.

С увеличением объемов производства плодов и ягод, при механизации погрузочно-разгрузочных работ на уборке, перевозке и хранении все большее применение находит пакетно-контейнерная технология. Использование ее позволяет увеличить выход стандартной продукции, полностью механизировать погрузочно-разгрузочные работы, значительно повысить производительность труда и снизить материальные затраты на тару, сохранить качество плодоягодной продукции.

При уборке непосредственно в контейнеры их завозят и расставляют в междурядьях сада на расстоянии 20—40 м в зависимости от урожайности деревьев. Убирают плоды в основном звеньями, выполняя одновременно подсортировку. В некоторых хозяйствах для ускорения процесса уборки в контейнеры выкладывают стандартные плоды, отделяя сразу лишь нестандартные. Устанавливают их в упаковочные дома или холодильники. Товарную обработку плодов проводят перед отправкой на базы и в магазины.

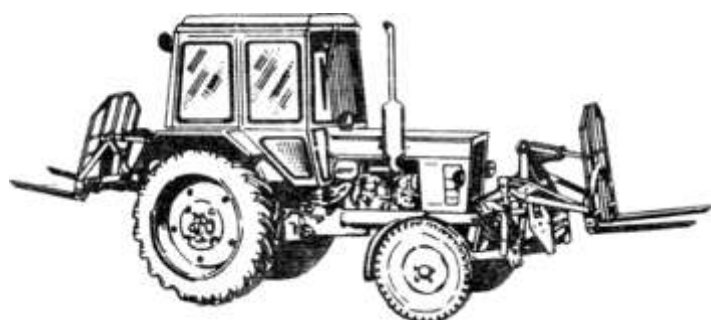
В молодых интенсивных насаждениях качество плодов высокое. Сортируют их обычно в саду, дополнительные затраты на эти операции незначительные. Наполненные и заэтикетированные контейнеры грузят с помощью автопогрузчиков и транспортируют в хранилища.

Заполненные контейнеры на тележке тракторист вывозит из сада на упаковочный двор или к хранилищу. С упаковочного двора в сад он перевозит контейнеровоз с пустой тарой. На упаковочном дворе механизатор погрузчиком разгружает контейнеровоз и устанавливает на него пустую тару. Количество погрузчиков на этом дворе зависит от объема и расстояния перевозки.

При перевозках следует плотно штабелировать тару, не допуская продольных и поперечных колебаний контейнеров.

Перевозку убранных яблок к месту хранения наиболее рационально производить в контейнерах емкостью 250-300 кг. Как уже отмечалось выше, использование контейнеров для перевозки и хранения значительно снижает повреждение продукции и обеспечивает полную механизацию погрузочно-разгрузочных работ [42].

При всех способах уборки тара, заполненная продукцией, должна загружаться на транспортный агрегат. Для этой цели может применяться захват вилочный ЗВ-0,75 с погрузчиком ПВСВ-0,5А [140, 271]. Захват вилочный ЗВ-0,75 (рис. 1.6) предназначен для погрузки-разгрузки и штабелирования ящичных поддонов (контейнеров) с сельхозпродуктами в полевых условиях, а также для транспортировки их на небольшие расстояния. ПВСВ-0,5А может выполнять погрузочно-транспортные работы и с другими грузами массой, не превышающей грузоподъемность агрегата.



а)



б)

а) навеска захвата спереди и сзади; б) навеска захвата спереди

Рисунок 1.6 - Захват вилочный ЗВ-0,75 с трактором МТЗ-80/82

Основные узлы: рама основная, рамка наклона, рычаги, вилы, цепные тяги, дополнительные рамки и лонжероны для навески впереди трактора.

*Техническая характеристика захвата вилочного ЗВ-0,75*

Производительность за час основного времени	
на транспортном плече до 50 м, т/ч	6,12
Высота погрузки, м	1,5... 1,6

Грузоподъемность, кг	
задней навески	750
задней и передней навесок	1500
Рабочая скорость, км/ч	6
Масса (конструкционная), кг	
задней навески	198
задней и передней навесок	578

Поставляется в двух исполнениях. Навески на трактор бывают двух видов: задняя и передняя. Навеска захвата спереди осуществляется через дополнительные узлы. Управляется передний захват через дополнительный распределитель, установленный в кабине водителя. Агрегируется с трактором МТЗ-80/82. Обслуживает тракторист.

Применение захвата вилочного ЗВ-0,75 по сравнению с погрузчиком ПЭ-0.8Б позволяет снизить затраты труда на 66,4%, эксплуатационные издержки на 6,5%.

Модернизированный погрузчик ПВСВ-0,5 (рис. 1.7) предназначен для погрузки ящиков на поддонах и контейнеров с плодами и перевозки их на небольшие расстояния.

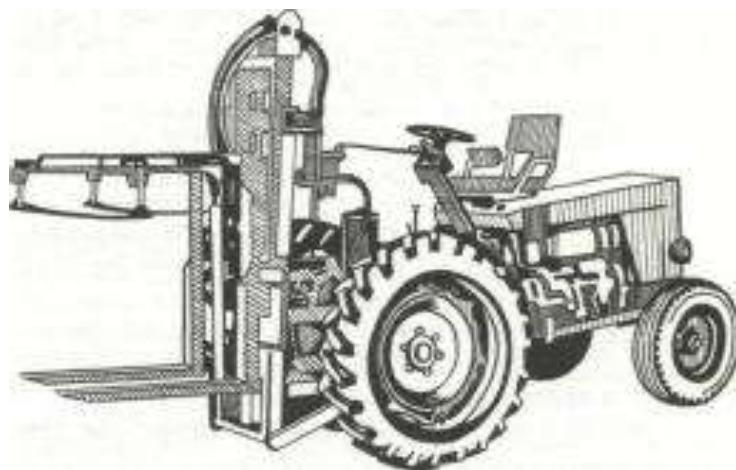


Рисунок 1.7 - Общий вид модернизированного погрузчика ПВСВ-0,5

*Техническая характеристика модернизированного погрузчика ПВСВ-0,5*

Агрегируется с тракторами	Т-25А
Грузоподъемность, кг	500

Масса, кг	400
Рабочая скорость, км/ч	1,8...6,4
Обслуживающий персонал	тракторист

Модернизация состоит в следующем: элементы скольжения в грузоподъемниках заменены катками на подшипниках качения; прижимное устройство упрощено, что сделало его надежнее; применена трехточечная навеска на трактор, позволяющая снизить массу погрузчика; вместо тросового соединения наружной и внутренней рам использован цепной контур. Модернизированный погрузчик состоит из наружной и внутренней рам, каретки, цилиндра подъема. Стойки рам, изготовленные из швеллера № 10 (ГОСТ 8240—72), служат направляющими для катков внутренней рамы и каретки. На каретку навешивается рама прижима и поперечного перемещения груза. На верхней балке внутренней рамы установлены направляющие катки для цепей, закрепленных на верхнем поясе наружной рамы и каретки. При выдвигении плунжера цилиндра внутренняя рама перемещается вверх, и цепи, перекинутые через катки, поднимают каретку, а опускается она под действием массы груза. Прижимное устройство предназначено для удержания на вилах ящиков или контейнеров при транспортировке. Механизмы погрузчика приводятся в действие от гидравлической системы трактора.

Погрузчик вильчатый для погрузки ящиков на поддонах и контейнеров ПВСВ-0,5А (рис. 1.8) предназначен для погрузки в ТС и выгрузки из них контейнеров, ящиков с плодами на поддонах и других пакетированных грузов, штабелирования и перевозки их на короткие расстояния, как в полевых условиях, так и в складских помещениях открытого типа.

По сравнению с ручным трудом ПВСВ-0,5А повышает производительность труда в 12 раз.



Рисунок 1.8 - Общий вид погрузчика вилчатого ПВСВ-0,5А в работе

*Техническая характеристика погрузчика вилчатого ПВСВ-0,5А*

Грузоподъемность, кг	650
Масса, кг	450
Габаритные размеры в транспортном положении, мм	
длина (с трактором Т-25)	4200
ширина по трактору	2450
Максимальная высота погрузки, мм	2400
Производительность при вывозке поддонов и контейнеров из междурядий, т/ч	8,56
Скорость движения агрегата с грузом, км/ч	до 6,4
Обслуживающий персонал	тракторист
Агрегатируется с тракторами Т-54В (со снятой кабиной), Т-25А и Т-30.	

Основными узлами погрузчика являются грузоподъемник, прижимное устройство и гидросистема. Прижимное устройство удерживает ящики с плодами на поддонах и контейнеры на вилах и обеспечивает безопасность перевозки грузов по неровной поверхности сада. Управление рабочими органами гидравлическое.

При загрузке контейнеров возможно также использовать консольный погрузчик ЛАЗ 4030, обслуживает который 1 человек, производительность его достигает 10 т/ч, грузоподъемность до 400 кг.

Транспортировку контейнеров с плодами из сада осуществляют как на ТС общего назначения (автомобили, тракторные прицепы), так и на

специальных. К недостаткам ТС общего назначения относятся: необходимость в погрузочно-разгрузочных средствах, не кратность размеров кузовов размерам контейнера, снижение качества плодов при транспортировке [42].

В связи с этим в нашей стране и за рубежом создают специальные ТС для вывозки плодов из сада [14, 43, 148, 154, 200, 292, 309, 312, 317, 326].

В каждой из существующих зарубежных и отечественных технологий контейнерной уборки плодов опорожнение плодосборной тары (стобушек, сумок, полиэтиленовых ведер и др.) производится высыпанием или перекалыванием яблок в контейнеры. В любом случае контейнер заполняют яблоками бессистемно, что не обеспечивает их плотного расположения.

Как результат этого, при перевозке происходят соударения их друг с другом и со стенками тары, которые приводят к механическим повреждениям и снижению качества продукции.

Большой вклад в становление и развитие механизированного садоводства России внесли ведущие ученые ГНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Российской академии сельскохозяйственных наук» [29, 30, 32, 33, 34, 132, 159, 251, 252, 253]. Ими разработаны новые специализированные машины для механизации садоводства, неоднократно выставяемые на выставке «Золотая осень» и занимавшие призовые места [34, 159].

### **1.3 Пути снижения повреждений картофеля и яблок в процессе уборочно-транспортных работ**

Одной из наиболее нелегких особенностей перевозок в сельском хозяйстве являются сложные дорожные условия. Кузов ТС совершает колебания с ускорением, величина которых достигает 3,5g (g – ускорение свободного падения), что приводит к повреждению груза, снижению

долговечности транспортного агрегата и повышенной утомляемости водителя [10].

Отсутствие во многих случаях дорог с твердым и ровным покрытием и тенденция к повышению производительности ТС приводят к недостаточной плавности хода и вызывают увеличение уровня повреждений перевозимой продукции [102]. Недостаточная плавность хода ТС связана с большим числом возмущающих воздействий, различающихся по своей природе, характеру действия и направлению. Силы эти обусловлены как внутренними, так и внешними причинами. Внутренними причинами являются неуравновешенность деталей и неравномерность их вращения. Эти причины вызывают обычно высокочастотные колебания (вибрации). Внешними причинами являются неровная поверхность дороги, изменение скорости, направления движения ТС и другие факторы. По характеру действия внешние возмущающие силы делятся на единичные и постоянно-действующие. Единичные возмущения возникают при повороте ТС, трогании с места, при разгоне, а также вследствие случайных воздействий отдельных глубоких выбоин на дороге, порывов ветра, резких торможений. Непрерывно действующие возмущения, вызванные движением по дороге с неровной поверхностью, имеют, как правило, случайный характер, хотя иногда и действуют по закону, близкому к периодическому [213].

Вышеуказанные внешние причины приводят к ухудшению динамических процессов ТС, в результате чего наблюдается ряд нежелательных явлений, одним из которых является увод прицепа в сторону. Он не должен превышать 3% [59, 63, 64, 162] габаритной ширины прицепа или трактора. Эти колебания оказывают влияние на все показатели ТС. Движение ТС с прицепом на ВП грузов сопровождается непрерывными колебаниями как всего ТС в целом, так и отдельных его узлов и агрегатов. Основными источниками низкочастотных колебаний



являются неровности, непостоянная твердость и влажность дорожного полотна.

Другой особенностью сельскохозяйственных перевозок является недостаточное использование грузоподъемности ТС, из-за низкой объемной массы большинства перевозимой продукции, в результате чего значительно возрастают подбросы навалочного груза от действия больших виброускорений, что также приводит к увеличению уровня повреждений груза [8, 10, 191, 192].

Сложившаяся организация работ в садоводстве не отвечает в полной мере современным требованиям сельскохозяйственного производства. В процессе вывоза плодов из сада имеют место многократные перевалки, ручная погрузка, разгрузка, простои и холостые пробеги машин, что приводит к снижению производительности транспортных агрегатов и погрузочных средств [8]. И как результат этого - затягиваются агротехнические сроки уборки плодов, теряется значительная часть урожая. Только при ВП потери от снижения товарных качеств плодов составляют до 25 %. При работе на склонах, достигающих в садах Центрально-Черноземной зоны РФ величины  $10^0$ , возможны повреждения ходовой частью транспортных агрегатов корневой системы плодовых деревьев [252].

Одним из прогрессивных направлений повышения уровня комплексной механизации работ в садах является широкое применение контейнеров. Однако на современном этапе широкое внедрение контейнерной технологии уборки и хранения плодов, сдерживается отсутствием эффективных технических средств для уборки и вывоза плодов из сада, а также несовершенством конструкции контейнера и его крепления на грузовой платформе [54, 188].

В ряде зарубежных стран с развитым садоводством: США, Германия, Англия и др. для вывоза плодов из сада наметилась тенденция к созданию

специальных транспортных агрегатов [189]. В нашей стране в настоящее время эти вопросы не получили должного научного обоснования.

Большинство зарубежных специалистов считают, что вывоз плодов из сада становится более эффективным, если применять транспортные агрегаты, оборудованные устройством для погрузки и разгрузки [319, 325, 331], которые должны отвечать следующим требованиям: сравнительно быстро передвигаться, самостоятельно грузить плоды в междурядьях, обладать высокой проходимостью, маневренностью и не повреждать плоды.

Затраты труда в садоводстве пока еще высоки. Особенно остро это проявляется на погрузке и вывозе продукции из насаждений с уплотненной посадкой деревьев (4x2 и 4x3) на средне- и слаборослых подвоях. Стесненные условия сада (узкие проходы междурядий, разросшиеся кроны, повышенная чувствительность плодов и корневой системы деревьев к травмированию) затрудняют выполнение указанных операций, резко снижают производительность применяемых машин.

Контейнеры с плодами - это грузы с сосредоточенной массой, которые в условиях сада представляют особую сложность вывозки их из междурядий и погрузки на транспортные машины. Исходя из удобства погрузки и разгрузки контейнеров при помощи вилочных погрузчиков, расположение их на грузовой платформе практически возможно одним способом, когда продольная ось контейнера параллельна продольной оси платформы. При этом площадь грузовой платформы используется не полностью, поэтому снижается грузоподъемность. Для увеличения грузоподъемности контейнеры могут располагать на платформе в два яруса. Но двухъярусное расположение повышает центр массы груза, что приводит к снижению устойчивости контейнеров при движении по неровностям дороги. Наиболее полно используется площадь платформы при размещении контейнеров, когда продольные оси их перпендикулярны

продольной оси платформы, но такое расположение затрудняет погрузку и разгрузку контейнеров сбоку платформы вилочными погрузчиками.

Важную роль в повышении эффективности механизации работ в садоводстве играет перевозка плодов из сада. В настоящее время все страны с развитым садоводством ведут поисковые исследования по выбору рациональной технологии [17, 18, 19, 42, 43, 68, 88, 122, 130, 158, 170, 200, 224, 234, 276, 278, 299, 311, 314, 323].

В России и странах ближнего зарубежья для вывоза плодов из сада применяют несколько технологий. Например, разработаны технологии с использованием автомобилей средней грузоподъемности, прицепов в агрегате с тракторами, работающими в комплексе с фронтальными (вилчатыми) погрузчиками (рис. 1.9). На рисунке 1.9 показаны технологические схемы прохождения плодов от уборки до их товарной обработки со средствами механизации [188].

В настоящее время для уборки клубней картофеля находят практическое применение три основных способа уборки [69, 208]:

1) Копателями-погрузчиками с выгрузкой на ходу клубней в рядом идущий транспорт.

2) Комбайнами с бункером. В зарубежных странах выпускаются высокопроизводительные самоходные двух – и четырехрядные картофелеуборочные комбайны с вместимостью бункера до 15 тонн.

3) Картофелекопателями с укладкой их на поверхность поля с последующим подбором вручную.

Тип комбайна и организация работ на уборке определяются условиями и возможностями хозяйства.

Общей операцией, независимо от способа уборки, является предуборочное уничтожение ботвы, технология выполнения которого зависит от степени развития ботвы, погодных условий и сорта.

От уборочных машин картофель отвозят в основном универсальным самосвальным транспортом.

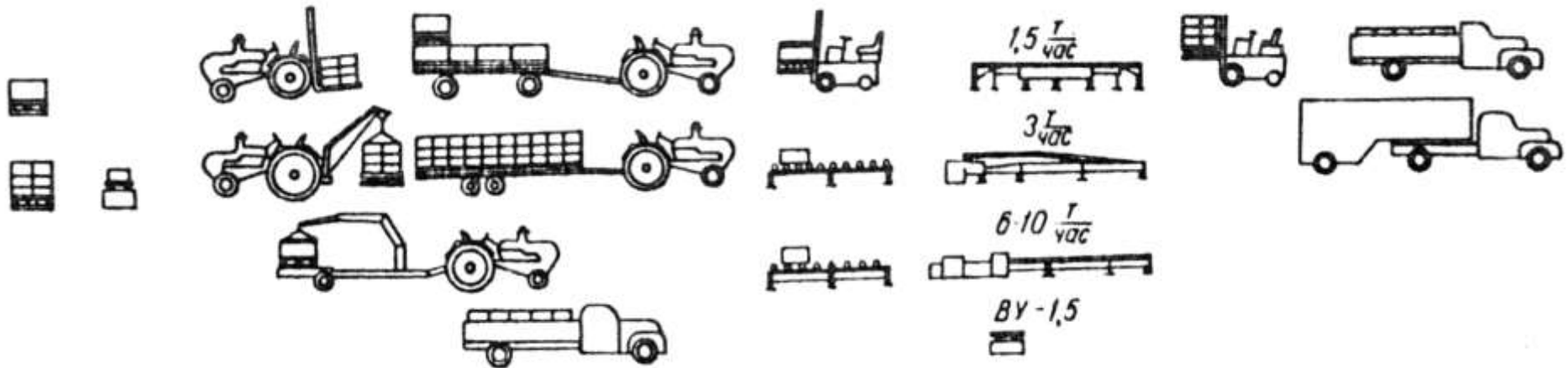
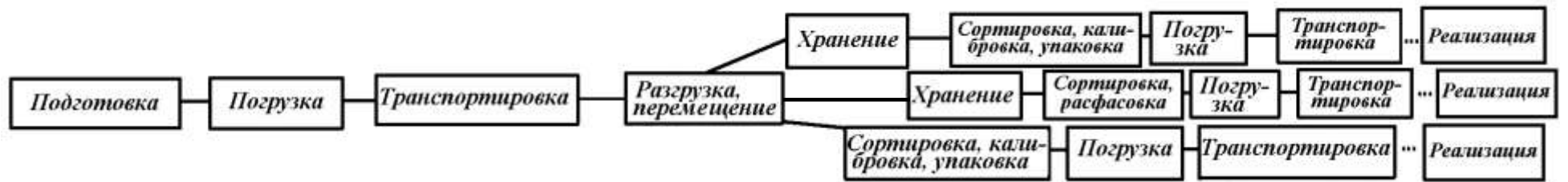
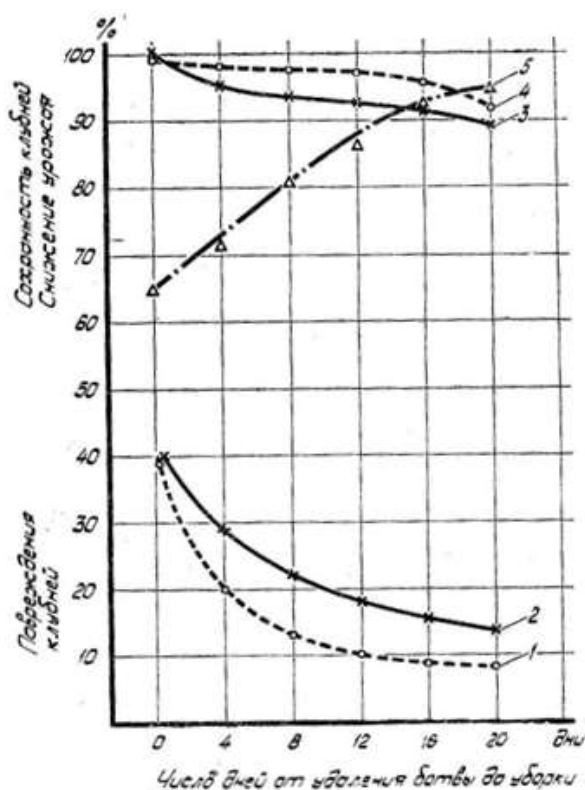


Рисунок 1.9 - Технологическая схема перевозки и товарной обработки плодов [188]

Уборку копателем с подбором клубней вручную в системе машинной технологии следует рассматривать как исключительный случай, когда из-за неблагоприятных почвенных и погодных условий комбайны работать не могут.

Своевременное удаление ботвы, и особенно при использовании химического способа, по данным К.А. Пшеченкова (рис. 1.10) [209], значительно снижает механические повреждения клубней рабочими органами машин при уборке. В результате заметно повышается сохранность клубней при хранении, что в конечном итоге дает заметный экономический эффект по сравнению с уборкой в более поздние сроки в ожидании нарастания большего биологического урожая.



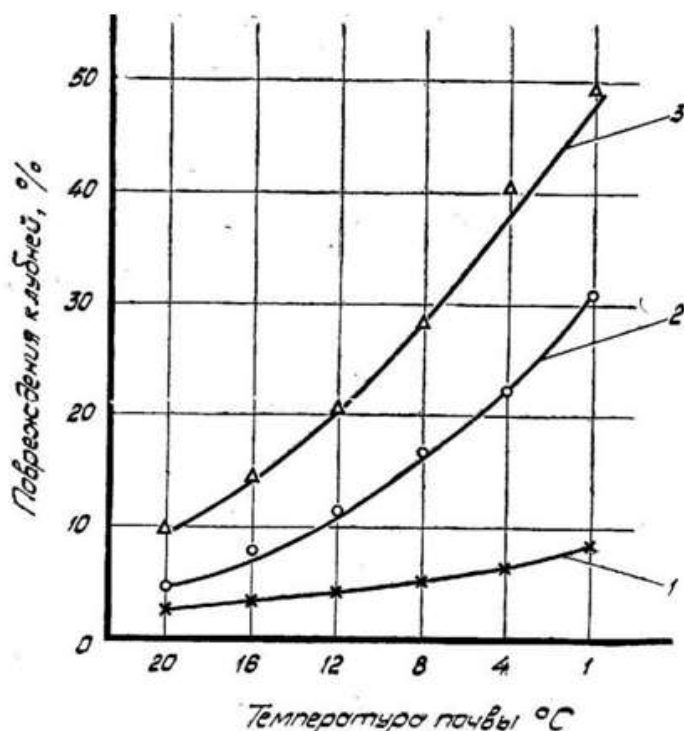
1 – повреждения клубней при обработке ботвы хлоратом магния; 2 – то же при скашивании КИР-1,5; 3 – снижение урожая при скашивании ботвы; 4 – то же при обработке хлоратом магния; 5 – сохранность клубней при хранении

Рисунок 1.10 - Зависимость повреждения клубней комбайном при уборке, снижения урожайности и сохранности клубней от сроков и способа предуборочного удаления ботвы

Кроме того, необходимо помнить, что с понижением температуры почвы и повышением ее влажности также значительно повышаются механические повреждения клубней (рис. 1.11) [210].

Наряду с урожайностью эффективность производства картофеля не в меньшей степени зависит от качества клубней, которое, в основном, определяется сортовыми особенностями клубней и механическими повреждениями, получаемыми в процессе уборки [157].

Их уровень и вид зависят от способа уборки (копатель, комбайн, транспорт), температуры воздуха во время уборки (а значит, в какое время суток осуществляется уборка, см. рис. 1.12) и технологии послеуборочной доработки, загрузки в хранилище и места хранения. Однако, по данным Верещагина Н.И. и Пшеченкова К.А. [48, 50], на степень повреждения клубней, и в первую очередь на потемнение мякоти от ударов, влияет температура (рис. 1.11 и 1.12) и влажность почвы [209], поскольку почва и клубень прогреваются значительно медленнее, чем воздух.



1 – обдир кожуры; 2 – повреждение мякоти; 3 – суммарные повреждения

Рисунок 1.11 - Зависимость повреждений клубней от температуры почвы при уборке комбайном

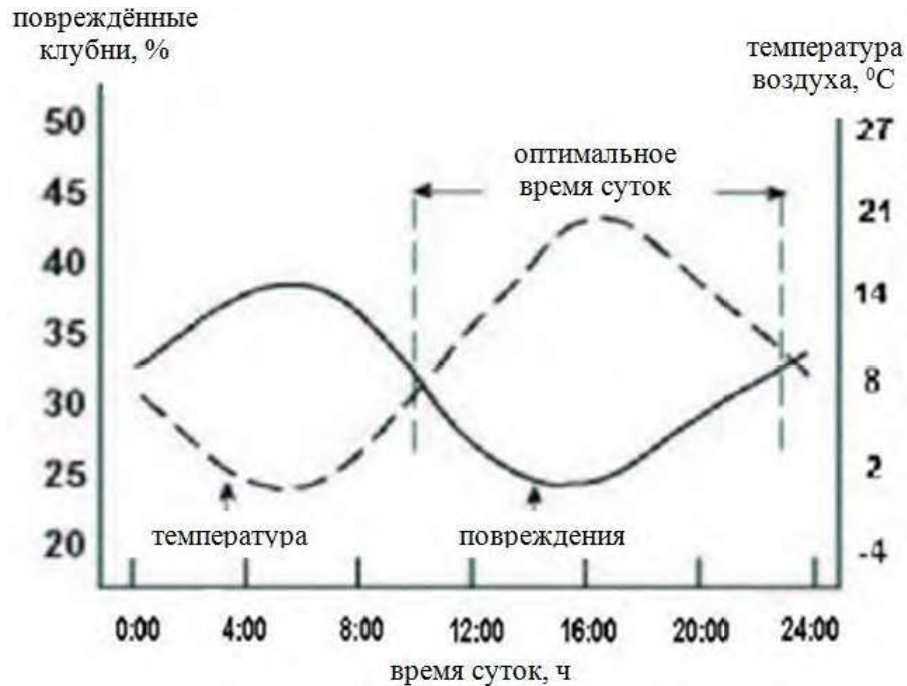


Рисунок 1.12 - Качество клубней (% механических повреждений) в зависимости от температуры воздуха и времени суток, в которое проводят уборку (по данным фирмы ООО «МакКейн Агрικультура Рус»)

Организация работ при комбайновой уборке в основном зависит от типа и числа работающих комбайнов. При одном комбайне - организация простая, и сменная выработка определяется обеспеченностью ТС, количество которых для проведения работы без простоев в их ожидании зависит от расстояния перевозки, времени разгрузки, урожайности и вместимости бункера комбайна [236].

Практика показывает, что в этом случае для максимальной выработки на один комбайн необходимо выделять две единицы ТС, при двух и более комбайнах оптимальной организацией считается групповой способ [49, 51, 235, 239].

Возможны два варианта уборочных работ: работа на одном загоне с движением комбайнов друг за другом (вслед) и на самостоятельных, рядом расположенных, загонах. Последний вариант предпочтительнее, т. к. при

движении комбайнов «вслед» остановка одного по каким–то причинам вызывает остановку других [204].

При групповой работе комбайнов с бункером снижается потребность в ТС, приходящихся на один комбайн, поскольку в зависимости от грузоподъемности ТС первоначально забирается картофель от одного комбайна, затем от второго и, если возможно, от третьего и отвозится к месту доработки или в хранилище. В этом случае простои транспорта в ожидании полной загрузки практически исключаются, тогда, как при одном работающем комбайне они могут занимать значительное время [52].

Комбайновые агрегаты при уборке работают вкруговую с обязательным учетом стыковых междурядий.

Таким образом, в зависимости от имеющегося в хозяйстве набора машин и конкретно складывающихся условий, можно выбирать тот или иной способ уборки, минимизируя риски и потери продукции.

#### **1.4 ТС, используемые в АПК**

Объем грузоперевозок в сельском хозяйстве растет ежегодно. И в связи с этим перед руководителями хозяйств постоянно встают вопросы, каким транспортом наиболее эффективно перевозить произведенную продукцию?

Таблица 1.8 - Количественное состояние парка ТС в сельском хозяйстве [93, 194]

Показатели	По нормативным оценкам	Фактическое состояние
Парк ТС, тыс. ед.:		
грузовые автомобили	750-850	450
тракторные прицепы	850	360

В большинстве случаев для перевозок в сельском хозяйстве используются большегрузные самосвалы, в том числе строительного



назначения, с большой нагрузкой на ось. Таким автомобилям необходимы дороги с улучшенным покрытием до каждого поля. Здесь можно отметить существенные недостатки перевозок. Из-за лишних перемещений комбайна к самосвалу до конца поля увеличиваются затраты и потери, а заезд тяжелой машины в поле приводит к уплотнению почвы, что в конце концов сказывается на будущем урожае. Исследования ученых показали, что уплотнение почв в основных зерносеющих районах России снижает урожай хлебов на 8-13%. Во многих странах, в том числе и России, были поставлены специальные опыты. Они показали, что уплотнение пылевато-илового суглинка ТС, колеса которого давят на землю с силой  $2 \text{ кг/см}^2$ , снижает урожайность картофеля более чем на 10-50% [228]. Тем не менее, в России такие нарушения, как заезд тяжелой техники в поле, носят массовый и повсеместный характер.

Таблица 1.9 - Сравнительные характеристики ТС, соответствующих агротехническим требованиям [56, 228, 230]

Показатели	Автосамосвал		Автопоезд в составе самосвала-тягача и самосвального прицепа				
	ГАЗ-САЗ-35071	ЗИЛ-СААЗ 4546	ГАЗ-САЗ-3571 + прицеп	ГАЗ-4509 + ГКБ-8536*	КамАЗ-55102 + СЗАП-85514*	Урал-5557 + СЗАП-8551*	КАЗ-4540 + ГКБ-8535*
1	2	3	4	5	6	7	8
Базовое шасси тягача	ГАЗ-3309	ЗИЛ-494560	ГАЗ-3309	ГАЗ-4301	КамАЗ-5320515	Урал-5557	КАЗ4540
Колесная формула тягача	4x2	4x2	4x2	4x2	6x4	6x6	4x4
Двигатель	ММЗ-Д245.7ЕЗ	ЗИЛ-508300	ММЗ-Д245.7 ЕЗ	ГАЗ-542.10	КамАЗ-740.31-240	ЯМЗ-236М2	ЯМЗ-КАЗ-642
Мощность, л.с.	119	134	119	125	240	180	155
Грузоподъемность, кг: автомобиля	4250	5800	4000	4250	7000	7000	5500
прицепа	-	-	4000	4600	10000	12000	5500
Распределение полной массы автомобиля-тягача на дорогу, кг:							
через переднюю ось	2060	3000	2000 5840	2320	4550	4500	6120
через заднюю тележку (ось)	5870	8200		6530	11800	12000	6140

продолжение таблицы 1.9

1	2	3	4	5	6	7	8
Распределение полной массы прицепа на дорогу, кг:							
через переднюю ось	-	-	- 5750	3325	7500	5750	4475
через заднюю ось	-	-		3325	7500	5750	4475
Объем платформы (с надставными бортами), м <sup>3</sup> :							
автомобиля	5(10)	6 (11)	5(10)	5(10)	7.6(14.8)	8,8(17,5)	7(14)
прицепа	-	-	5(10)	4,9(10)	7,8(15)	7,8(15)	7(14)
Направление разгрузки платформы	на три стороны			Самосвал на три стороны, прицеп – на боковые стороны	на боковые стороны		
*В настоящее время не выпускается							

Перевозка сельскохозяйственного груза наиболее эффективна, когда автомобиль доезжает непосредственно до комбайна. Такой транспорт должен иметь достаточные проходимость и вместимость кузова, кратную объему бункера комбайна, и не должен оказывать значительного разрушающего воздействия на почву. При этом способе комбайны лишней раз не перемещаются и не простаивают [228].

Специалисты ВИМ, НАМИ и других исследовательских центров разработали специальные требования, предназначенные при использовании транспорта в сельском хозяйстве.

Обязательным условием является оснащённость специализированными кузовами. Скорость движения в технологическом режиме должна быть 1-8 м/с (3,6-29 км/ч). Минимальное давление в шинах должно составлять 1-1,5 Бар, при этом давление в шинах должно регулироваться. Дополнительно автотранспорт сельскохозяйственного назначения должен быть оборудован механизмом автоматического

открывания и закрывания бортов из кабины, весоизмерительным устройством, валом отбора мощности и надставными бортами.

Большинство автомобилей на базе КамАЗ, ЗИЛ-ММЗ, ГАЗ-САЗ, «Урал» и других (табл. 1.9, 1.10) не отвечает таким специфическим требованиям. Сегодня во всех хозяйствах остро ощущается дефицит ТС сельскохозяйственного назначения, соответствующих всем необходимым условиям. В сельхозпредприятиях России количество автосамосвалов грузоподъемностью 2-8 т вдвое меньше необходимой нормы [93].

Таблица 1.10 - Сравнительные характеристики ТС, соответствующих агротехническим требованиям [56, 230]

Показатели	Автосамосвал		Автопоезд		
	ЗИЛ-САЗ-4546	ЗИЛ-ММЗ-45065	КамАЗ-45143 + НЕФАЗ-8560	КамАЗ-45144 + НЕФАЗ-85604	МАЗ-555102 + МАЗ-8571
1	2	3	4	5	6
Базовое шасси тягача	ЗИЛ-494560/ ЗИЛ-497442	ЗИЛ-494560/ ЗИЛ-497442	КамАЗ-53215-15	КамАЗ-651155	МАЗ-555102
Колесная формула тягача	4x2	4x2	6x4	6x4	4x2
Двигатель	ЗИЛ-508300ЕЗ/ММЗД2 45.9 ЕЗ	ЗИЛ-508300ЕЗ/ММЗД2 45.9 ЕЗ	КамАЗ-740,31-240	КамАЗ-740.30-260	ЯМЗ-236НЕЗ
Мощность, л.с.	134/130	134/130	240	260	260
Грузоподъемность, кг.					
Автомобиля	5850	5700	10000	13500	9500
Прицепа	-	-	8000	9985	10600
Полная масса, кг.					
Автомобиля	11200	11200	19650	24750	18200
Прицепа	-	-	12600	15000	13800
Распределение полной массы автомобиля-тягача на дорогу, кг.					
Через переднюю ось	3000	3000	4900	5550	6700
Через заднюю ось	8200	8200	14750	19200	11500
Показатели	Автосамосвал		Автопоезд		
	ЗИЛ-САЗ-4546	ЗИЛ-ММЗ-45065	КамАЗ-45143 + НЕФАЗ-8560	КамАЗ-45144 + НЕФАЗ-85604	МАЗ-555102 + МАЗ-8571
Распределение полной массы прицепа на дорогу, кг.					
Через переднюю ось	-	-	6300	7500	6900
Через заднюю ось	-	-	6300	7500	6900
Объем платформы (с надставными бортами), м <sup>3</sup>					

Продолжение таблицы 1.10

1	2	3	4	5	6
Автомобиля	6 (11)	6 (12.5)	7.6 (14.8)	19	5.5 (7.7)
Прицепа	-	-	7.8 (15)	7.6 (15)	6.2(8.4)
Направление разгрузки платформы	На три стороны		На боковые стороны		

Дефицит в значительной мере восполняется большегрузной техникой, не отвечающей агротехническим требованиям и с нагрузкой на ось более 6 т. Эксплуатация таких большегрузов экономически не оправдана, а по агротехническим требованиям вредна [198, 228]. Наиболее приближена к агротехническим требованиям, в том числе и по нагрузке на оси колес грузовых автомобилей (не более 6 т), только одна модель ГАЗ-САЗ 35071, но на поливных полях и данный грузовой автомобиль не будет удовлетворять потребностям крупного потребителя из-за урожайности более 40 т/га.

Необходимо выделить новое семейство грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения «УРАЛ», отличающееся рядом оригинальных решений: двигатель сдвинут за кабину, в колесную базу, и объединен в один блок с коробкой передач, а кабина вынесена далеко вперед. Этим достигнуто сразу две цели. Первая — полная масса автомобиля распределяется между передней и задней осью практически поровну. Вторая — силовой агрегат стал легкодоступен для обслуживания, что позволило отказаться от откидной кабины [167].

Урал-432091 (см. рис. 1.13) является универсальным шасси со сменными кузовами. Смысл системы таких кузовов заключается в следующем: специфика сельского хозяйства предусматривает большое количество сезонных работ, каждая из которых требует своего специального оборудования.



Рисунок 1.13 – Автомобиль сельскохозяйственного назначения Урал  
– 432091 в поле

Преимущества семейства автомобилей «Урал-432065» сельскохозяйственного назначения:

- повышенная проходимость и маневренность в условиях сельского хозяйства;
- сниженная на 20% по сравнению с находящимися в эксплуатации аналогами стоимость владения;
- сопоставимое с сельскохозяйственными колесными тракторами удельное давление на грунт (0,145 МПа), обеспечивающее минимальное воздействие на плодородный слой почвы;
- низкий расход дизельного топлива (19л/100 км);
- наличие широкопрофильных шин с возможностью регулирования давления на рабочем месте водителя;
- возможность работы в составе технологических адаптеров в связке с сельхозмашинами (рис. 1.14);
- устойчивая скорость движения, начиная с 3-4 км/ч.

Грузоподъемность самосвала с трехсторонней разгрузкой и надставными бортами на шасси «Урал-432065» составляет 5 тонн (для дорог с твердым покрытием – 6 тонн), минимальная скорость движения – 3 км/ч, максимальная скорость – 92 км/ч. Самосвальная платформа – с откидными и съемными боковыми и задним бортами. Объем без

надставных бортов составляет 8 м<sup>3</sup>, с надставными бортами – 14 м<sup>3</sup> и 18 м<sup>3</sup>. Возможно использование в составе автопоезда с самосвальными прицепами полной массой 8 тонн [167].

Автомобиль-самосвал, с-х. назначения, 4х4, грузоподъемность 6 т	Автомобиль для перевозки сырья и сенажа с гидрофицированным задним бортом	Автомобиль – загрузчик зерна	Автомобиль – передняя мастерская
			
Автомобиль с оборудованием для внесения жидких удобрений	Автомобиль для внесения твердых органических удобрений	Автомобиль для внесения минеральных удобрений	Автомобиль-опрыскиватель
			
Автомобиль-цистерна для воды и молока	Автомобиль для перевозки корнеплодов	Автомобиль с цистерной для ГСМ	Автомобиль с буровой установкой
			

Рисунок 1.14 – Номенклатура сменных надстроек для автомобиля сельскохозяйственного назначения Урал – 432091

Автомобиль Урал – 432091 сельскохозяйственного назначения повышенной проходимости при использовании варианта кузова для перевозки корнеплодов будет незаменим при выполнении ВП урожая с поля к местам сортировки, хранения и перегрузки в транспорт, осуществляющий перемещение продукции различных сельскохозяйственных культур по дорогам с твердым покрытием с использованием прицепов, что, несомненно, приведет к повышению технико-экономических показателей данных ТС.

Для перевозки картофеля, моркови, свеклы, лука, а также некоторых зерновых культур используются картофелевозы на шасси КамАЗ (см. рис. 1.15). Одной из основных и важных особенностей такого КамАЗа является снижение количества поврежденной продукции при погрузке и выгрузке собранных плодов, что позволяет увеличить доходность

сельскохозяйственных предприятий и, соответственно, создает благоприятные условия для развития агробизнеса [166].



Рисунок 1.15 – Балт «Гранд – Полевик» на шасси КамАЗа

Кузов для перевозки картофеля, лука, моркови сезонный и используется в течение трех или четырех месяцев. Поэтому кузов БАЛТ «Гранд – Полевик», установленный на базе шасси КамАЗ, является сменным. То есть можно демонтировать кузов и установить либо самосвальную установку, либо бортовую платформу.

Для уменьшения боя корнеплодов при загрузке их в «Гранд – Полевик» используются ремни-гасители (рис. 1.16), которые уменьшают скорость падения картофеля в кузов.



Рисунок 1.16 – Момент загрузки картофеля в кузов «Гранд – Полевик», оснащенный ремнями-гасителями



При выгрузке картофель выносится ленточным транспортером (рис. 1.17), установленным в основании кузова. Это позволяет снизить уровень повреждений плодов по сравнению с кузовами подъемного типа, где нижние клубни скользят по неподвижному дну кузова.



Рисунок 1.17 – Выгрузка картофеля из кузова «Гранд – Полевик» ленточным транспортером

Преимуществом по сравнению с традиционными самосвалами является то, что разгрузать автомобиль можно в зданиях ограниченной высоты. Во избежание загазованности выхлопными газами помещения имеется возможность подключения к электросети напряжением 380 В. Среднее время разгрузки составляет примерно 5-6 минут в зависимости от пропускной способности приемного бункера, линии сортировки картофеля [166].

Машиностроительный завод "Тонар" приступил к серийному производству новой модификации полуприцепа-картофелевоза с донной разгрузкой модели 95235 (рис. 1.18), которая оснащается рессорно-балансирной подвеской и предназначена для эксплуатации с седельными тягачами повышенной проходимости с высотой седельно-сцепного устройства 1350 мм [164].





Рисунок 1.18 – Общий вид полуприцепа «Тонар – 95235»

Новый полуприцеп-самосвал с донным транспортером получил обозначение 95235-0000020-10. И хотя он называется картофелевозом, на самом деле может использоваться для перевозки любой сельскохозяйственной продукции с удельной плотностью не более  $800 \text{ кг/м}^3$ . Преимущества полуприцепа такой конструкции, как и у «Гранд – Полевика», разгрузка при помощи донного транспортера, которая производится за считанные минуты в любых условиях (в том числе в помещениях с ограниченной высотой) без применения дополнительного оборудования. Работа донного транспортера осуществляется как от гидравлики тягача, так и от внешней электросети [164].

В качестве опций предлагается установка бензогенератора, частотного преобразователя, ударогасящих ремней (эффективны при загрузке картофеля) (рис. 1.19), защиты донного транспортера.



Рисунок 1.19 – Кузов полуприцепа «Тонар – 95235» с установленными ударогасящими ремнями и защитой донного транспортера

Создание конкурентоспособной автомобильной техники для АПК, отвечающей новым технологиям на основе использования современных достижений науки и техники, должно осуществляться за счет использования новых материалов, конструкторских и технологических решений.

Большой вклад в развитие технико-технологического обеспечения сельскохозяйственного производства России внесли ведущие ученые ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства» [83, 92, 109, 111, 113, 114] и Российского научно-исследовательского института информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса [13, 131, 222, 230, 255, 257, 269]. Ими разработаны новые технологии, машины и агрегаты для комплексной механизации и автоматизации производственных процессов в растениеводстве [80, 82, 110, 112, 115].

Специалистами ВИМ и машиностроительного завода опытных конструкций (МЗОК) для решения проблемы транспортного обеспечения уборки и других работ разработана технология с использованием специальных базовых ТС, оборудованных системой смены кузовов «ВИМЛИФТ» (рис. 1.20) и набором сменных кузовов, представляющая собой гидравлический крюковой погрузочно-разгрузочный механизм [163].



Рисунок 1.20 – Слева - полуприцеп с системой ВИМЛИФТ в сцепке с трактором Т-150К; справа – КамАЗ – 65115 с установленной системой

ВИМЛИФТ

В результате проведенных исследований полученные результаты показали очевидное преимущество технологии перевозки картофеля и лука с применением системы ВИМЛИФТ со сменными кузовами по сравнению с традиционными самосвалами. Применение в хозяйствах на уборке картофеля и овощей автотракторной системы со сменными кузовами позволило повысить производительность уборочной техники в 1,7 раза, снизить затраты труда на погрузочно-разгрузочные работы в 1,6 раза, снизить расход топлива на гектар в 1,25 раза, сократить потребность в уборочной технике в 1,5 раза, обеспечить круглогодичную загрузку ТС [71, 163].

В зависимости от технологии уборки и используемой техники применяются различные способы транспортирования убранного картофеля с поля.

При комбайновом способе уборки применяются автомашины-самосвалы (рисунок 1.21), автомашины с полуприцепами, тракторные самосвальные прицепы, полуприцепы и контейнеровозы (последние при использовании контейнеров). За последнее время преимущественное применение получают ТС повышенной вместимости, как более эффективные [219, 220].



Рисунок 1.21 - Перегрузка картофеля из бункера комбайна в ТС

В трудах Н.Н. Колчина, С.Б. Прямова, К.А. Пшеченкова и других [203, 205, 210] отражены основные технологии и средства механизации для уборки, послеуборочной доработки и товарной подготовки картофеля к реализации, используемые в ведущих картофелеводческих хозяйствах России, а также показана эффективность уборки картофеля и овощей машинами разных типов и приемы повышения производительности труда.

В работах Н.Н. Колчина, К.А. Пшеченкова, С.С. Туболева и других [237, 238] проведен анализ состояния технологий и техники для картофелеводства в России и за рубежом. На его основе авторами предложено создание высокопроизводительных уборочных агрегатов со сменными бункерами на основе серийных картофелеуборочных комбайнов.

Нами проведён анализ основных эксплуатационных свойств автомобилей, тракторных самосвальных прицепов и полуприцепов, оказывающих наибольшее влияние на уборочно-транспортный процесс. Результаты анализа сведены в таблицы 1.11-1.12 [241].

Таблица 1.11 - Отечественные самосвальные автомобили сельскохозяйственного назначения

№	Марка	Грузоподъемность, т	Габаритные размеры, ДхШхВ, м	Колесная формула	Конструктивные особенности
1	ГАЗ-САЗ-4509	4,0	6400х2500х3120	4х2	Трехсторонняя разгрузка
2	КамАЗ-452803	10	7755х2500х2720	6х6	Боковая двухсторонняя разгрузка
3	«Урал»-5557-40	7	7950х2500х2740	6х6	Боковая двухсторонняя разгрузка
4	ЗИЛ-САЗ-	3	2585х2100х400	4х2	Задняя разгрузка
5	ЗИЛ-«Сармат»-4517	5,5	7531х2500х2656	4х2	Боковая двухсторонняя разгрузка
6	КамАЗ-55102	7,0	7570х2500х2900	6х4	Боковая двухсторонняя разгрузка
7	ЗиЛ-ММЗ-4516	10	7678х2500х2659	6х4	Боковая двухсторонняя разгрузка

Таблица 1.12 - Отечественные самосвальные тракторные прицепы и полуприцепы

№	Марка	Грузоподъемность, т	Кузов, ДхШхВ, м	Кол-во осей/колес	Тип шин	Конструктивные особенности
1	2	3	4	5	6	7
Прицепы самосвальные						
1	«Сармат»-852510	5,5	4,6х2,3х0,5 Н=5,54	2/4	15,5/65-18	трехсторонняя разгрузка
2	«Сармат»-85720F	13,1	4,2х2,3х0,5	3/6	16,5/70-18	боковая разгрузка, двухкузовной
3	2ПТС-5	5,0	4,2х2,5х0,5	2/4	15,5/65-18	трехсторонняя разгрузка
4	2ПТС-4 мод. 887Б	4,0	4,5х2,4х0,5	2/4	15,5/65-18	трехсторонняя разгрузка
Полуприцепы самосвальные						
5	«Сармат»-952610	5,3	4,2х2,3х0,5 Н=5,8	1/2	16,5/70-18	трехсторонняя разгрузка
6	«Сармат»-95572-10	12,0	6,6х2,5х0,8 Н=5,63	2/4	16,5/70-18	задняя разгрузка
7	«Сармат»-955740	14,0	5,0х2,16х1,0+ 0,3 Н=5,74			задняя разгрузка, гидропривод заднего борта
8	«Сармат»-95574С	11,0	5,0х2,16х1,0+ 0,3		16,5/70-18	задняя разгрузка
9	«Сармат»-95575В	11,0	4,5х2,16х1,0+ 0,3		15,5/65-18	
10	«Сармат»-95575С	7,0	4,5х2,16х1,0 Н=5,34	2/4	15,5/65-18	задняя разгрузка
11	«Сармат»-955780	6,7	4,55х2,3х0,5 Н=6,54	2/4	16,5/70-18	трехсторонняя разгрузка
12	мод.95032 (ОАО «ИМЗ»)	7,2	4,8х2,4х0,7	2/4	15,5/65-18 и 16,5/70-18	трехсторонняя разгрузка
13	3ПТС-6,5 мод.85491	6,5	6,3х2,5х0,5+0,5	3/6	16,5/70-18	боковая разгрузка

При разгрузке самосвальных ТС в хранилищах или под навесом следует учитывать высоту их поднятого кузова.

Выгрузка убранного картофеля из комбайнов бункерного типа во все названные выше ТС осуществляется в стационарном режиме.

Основные требования к ТС, используемым при уборке картофеля, заключаются в более производительном их использовании за счет

увеличения вместимости и снижения простоев при загрузке и разгрузке и минимизации уровня повреждений перевозимых клубней. Обращается внимание на снижение давления ходовых систем работающих машин и прицепов на почву полей. С этой целью на тракторах, уборочных машинах и ТС используются широкопрофильные шины, многоосные и гусеничные колесные системы [241].

#### ***1.4.1 Особенности применения тракторного транспорта в технологических процессах по возделыванию сельскохозяйственных культур***

На ВП грузов в сельском хозяйстве наряду с автотранспортом сохраняет свое значение и ТТ. Он будет развиваться в направлении повышения грузоподъемности прицепов до 15-30 т, увеличения транспортной скорости до 40 км/ч, оснащения универсальных прицепов сменными кузовами, а специализированных — приспособлениями для погрузки и выгрузки. Рост грузоподъемности потребует реконструкции весового хозяйства сельскохозяйственных и заготовительных перерабатывающих предприятий [60, 121, 136].

ТТ в реальных условиях эксплуатации работает на дорогах с переменным рельефом, волнистым профилем покрытия, на почвах с различной твердостью и влажностью. При движении ТС на повышенных скоростях имеет место влияние прицепа из стороны в сторону, постоянно сопровождающее ТТ при его эксплуатации. В результате этого ухудшается работа двигателей, трансмиссии, ухудшаются динамические и эксплуатационные свойства техники, условия труда оператора. Чтобы снизить амплитуду колебаний прицепа, оператор вынужден усиленно работать рулевым колесом или снижать скорость движения, что в свою очередь сказывается на усталости оператора, а также производительности и маневренности ТС [11, 60, 62, 232, 256, 257].

Применение таких энергонасыщенных тракторов, как МТЗ-80/82, ОпТЗ-150К-Я-01, RuSUz (ТТЗ 80.10), ЗТМ-82 в составе тракторных

поездов, открывает возможность увеличения скорости движения и грузоподъемности прицепов [11]. Поэтому вопросы повышения устойчивости и безопасности движения приобретают достаточную актуальность и значимость.

Немаловажным звеном технологической цепочки всего аграрного производства в сельском хозяйстве является сегмент прицепной транспортной техники.

Так, например, на ВП в сельском хозяйстве в составе тракторных поездов широко используется полуприцеп самосвальный тракторный ПСТ-9 (рис. 1.22), предназначенный для транспортировки различных сельскохозяйственных грузов, зерна, корнеплодов, органических удобрений, строительных материалов и других грузов с выгрузкой назад [165].



Рисунок 1.22 – Общий вид полуприцепа самосвального тракторного ПСТ-9

Полуприцеп имеет балансирную тележку с 4-мя шинами 16,5/70-1, что повышает плавность хода, и оборудован пневматической тормозной системой.

Разгрузка перевозимых грузов осуществляется через задний борт полуприцепа, который имеет два варианта открывания: автоматически открывающийся при опрокидывании кузова задний клапан и двухстворчатые дверки, открываемые и закрываемые вручную. Вторым способом рекомендуется использовать в основном при проведении погрузочно-разгрузочных работ вручную, например, штучных грузов.



Полуприцеп ПСТ-9 может быть оборудован перегружателем зерна ПНШ-1 (рис. 1.23). Данное приспособление предназначено для механизированной засыпки зерна в сеялки на полях во время посева зерновых культур. Также допускается его использование для выгрузки намолоченного зерна на ток, перегрузки и просушки зерна [165].



Рисунок 1.23 – Полуприцеп ПСТ-9 с перегружателем зерна ПНШ-1  
(вид сзади)

ООО МЗ «Тонар» выпускает прицеп тракторный бункер-перегрузчик ТОНАР-ПТ4-0000030/40 (рис. 1.24). Предназначен для перевозки зерновых культур, картофеля, сахарной свеклы и других сельскохозяйственных культур с удельной плотностью не более  $0,8 \text{ т/м}^3$  во время уборки культур с комбайна, дальнейшей перевозки к краю поля и пересыпки в автопоезд или места хранения. При этом процесс выгрузки из комбайна не требует остановки и обеспечивает непрерывность уборочного процесса [164].



Рисунок 1.24 – Прицеп тракторный бункер-перегрузчик ТОНАР-  
ПТ4-0000030/40



С дополнительным оборудованием ТОНАР-ПТ4-0000030/40 выполняет функции:

- перегрузчика сахарной свёклы
- перегрузчика зерновых культур
- разбрасывателя дефеката.

Задний борт прицепа выполнен в виде распашной двери, что особенно актуально при перевозке и разгрузке зеленой массы.

По сравнению с традиционным способом кагатирования ПТ-4 с вертикальным транспортёром в разы сокращает время формирования бурта сахарной свёклы.

Прицеп имеет малообслуживаемую балансирующую подвеску колес. Удельное давление на грунт не превышает 2,5 бар, что позволяет заезжать трактору с данным прицепом на поля, не оказывая существенного влияния на урожайность. При вместимости кузова не менее 22 м<sup>3</sup> и грузоподъемности 18200 кг он разгружается не более 8 мин. Данный факт имеет решающее значение, так как качество и объем урожая напрямую зависят от сроков его уборки.

Прицеп ПСКТ-18 «Хозяин» (рис. 1.25) предназначен для транспортировки и разгрузки различных сельскохозяйственных и строительных грузов.



Рисунок 1.25 – Полуприцеп самосвальный ковшовый тракторный ПСКТ-18 «Хозяин»

Прицеп оснащен конусным кузовом для облегчения высыпания грузов. Эффективен при транспортировке и механизированной разгрузке силоса, зерна, опилок, навоза, компоста, а также «тяжелых» грузов – корнеплодов, песка, щебня или снега. Таким образом, прицеп приносит доход круглый год [167].

Автономная гидравлическая система дает возможность эксплуатировать прицеп, когда трактор не располагает необходимой мощностью гидросистемы, а также в случае, если прицеп используется несколькими операторами (не перемешивается масло тракторов).

Прицеп имеет подвеску типа «Тандем» на параболических рессорах с неподвижной передней осью и задней поворотной/самоподруливающейся осью. Это дает дополнительное преимущество при маневрировании в ограниченном пространстве. Резина низкого давления, установленная на прицепе, повышает плавность хода и оказывает меньшее влияние на уплотнение почв.

Прицеп также имеет окно в заднем борту для установки шнека-зерноперегрузчика и универсальный переходник для установки шнеков-зерноперегрузчиков различных моделей, что предназначено для механизированной засыпки зерна в сеялки на полях во время посева зерновых культур. Также допускается его использование для выгрузки намолоченного зерна на ток, перегрузки и просушки зерна.

В АПК страны необходимо внедрять тракторные прицепы с активным передним мостом, устанавливать шины с пониженным давлением (0,75 МПа), дооборудовать прицепы и полуприцепы бортами (основными, надставными и сменными), а также автоматическим устройством для затормаживания колес в случае аварийной расцепки с трактором.

При разработке типажа тракторных прицепов следует исходить из перспектив развития тракторов и потребностей сельскохозяйственного производства. При этом трактор не должен рассматриваться только как

транспортный тягач. Рациональное использование тракторов в сельском хозяйстве должно быть основано на применении их как энергетических мобильных средств на основных полевых работах, а на транспортных их следует использовать в свободное от основных работ время [114].

Целесообразно также включить в типаж прицепов универсальный автотракторный прицеп (полуприцеп). Однако для окончательных выводов необходимы соответствующие исследования и опытно-конструкторские работы [114].

На дорогах или в поле современная транспортная техника на сегодняшний день должна отвечать разнообразным требованиям [36, 128]. Универсальность и доступность в использовании стоят во главе концепции зарубежной сельскохозяйственной техники и достаточно полно отражают идею Smart Farming.

Универсальное шасси Smart Chassis «Интеллектуальное шасси» (рис. 1.26) от компании Ludwig Bergmann GmbH воплощает разнообразные требования в одну четкую концепцию универсальности [36].

Smart Chassis является уникальной мехатронной несущей платформой для кузовов различных типов и разностороннего применения прицепов с фиксированной универсальной сцепкой. Разработчикам компании BERGMANN в сотрудничестве с факультетом сельскохозяйственной механизации и мобильной спецтехники университета Osnabrück удалось объединить как известные, так и новые функции в одном универсальном управляемом шасси.

Активная стабилизация раскачивания, автоматическое регулирование уровня, почвосберегающий менеджмент тягового усилия, гидравлическая настройка шасси, а также функция точного взвешивания согласованы между собой в унифицированном модульном концепте. Таким образом, в одном устройстве сочетаются инженерные мысли в области механики и новейших информационных технологий [36].



Рисунок 1.26 – Общий вид универсального шасси Smart Chassis

Данное шасси предполагает установку различных кузовов и оборудования: разбрасыватели, прицепы для перевозки измельченной массы, перевалочные прицепы и кузова.

Интеллектуальная система универсального шасси Smart Chassis, открывает новые перспективы. Активная стабилизация раскачивания даже при высоком центре тяжести транспортного средства и быстром движении на поворотах обеспечивает высокую стабильность и безопасность автомобильных перевозок. При этом угол поперечных колебаний транспортного средства снижается до 70 %. Менеджмент тяги регулировано повышает нагрузку на сцепное устройство загруженного прицепа в полевых условиях, что значительно повышает тяговое усилие пары. Важным моментом является также предотвращение опасных воздействий на почву благодаря снижению пробуксовок. Кроме того, определение полной нагрузки с помощью датчиков давления заменяет затратный метод с промежуточной рамой и датчиками. Достаточная

точность обеспечивается с помощью специального автоматизированного процесса измерения [36].

Решения, заложенные в Smart Chassis, представляют новый подход к несущей платформе. Несмотря на большой объем выполняемых функций, с помощью программного обеспечения удалось избавиться от излишней сложности в эксплуатации.

Данные установленные системы значительно улучшают процесс уборки сельскохозяйственного урожая, снижают трудоемкость и в целом способствуют значительному повышению производительности труда.

Прицепы с электронной системой торможения (EBS) и системой стабилизации качения (RSS) от компании Bernard Krone GmbH (рис. 1.27) обеспечивают максимальную возможную безопасность при эксплуатации самозагружающихся прицепов даже на высокой скорости движения и крутых поворотах. Krone интегрирует в свой самозагружающийся прицеп решение, которое уже в полной мере зарекомендовало себя при использовании в автомобильных прицепах. Для управления EBS на самозагружающихся прицепах требуется напряжение 12 В от трактора к EBS.



Рисунок 1.27 – Общий вид прицепа серии ZS от компании Bernard Krone GmbH

Другим функциональным средством является тормозная система с автоматическим регулированием тормозного усилия в зависимости от

нагрузки (ALB). Для ALB в гидравлической проводке встроены электронные датчики. Поскольку колеса с каждой стороны прицепа соединены между собой гидравлической системой, во всей системе сохраняется одинаковое давление. Поэтому с каждой стороны требуется лишь один датчик. Измеренные электронные импульсы являются эквивалентом загрузки прицепа. Так достигается точная и простая регулировка тормозного усилия. Механические компоненты не задействованы. Также имеется интегрированная антиблокировочная система (ABS), которая при резком торможении противодействует возможной блокировке колес путем снижения тормозного давления. Система стабилизации бортового раскачивания (RSS) понижает опасность опрокидывания самозагружающегося прицепа. Для этой цели EBS оснащена датчиком ускорения, который измеряет поперечные ускорения прицепа. Колеса также оснащены датчиками частоты вращения [36].

Прицепы-самосвалы фирмы В.В. ВЕСО (Нидерланды) способны перевозить тяжелые грузы массой от 16 до 26 тонн [36]. Стабилизация прицепа позволяет выполнять выгрузку, как на скользком участке местности, так и на уклоне. Самосвал оснащен гидравлической подвеской, которая предлагает больше комфорта на высоких скоростях, а также обеспечивает превосходные внедорожные качества.

Сельскохозяйственные прицепы моделей "SUPER" от фирмы В.В. ВЕСО (рис. 1.28) известны своей прочной и надежной конструкцией. Конструктивными особенностями прицепов являются: толщина металла 4 мм и 6 мм нижней плиты, двухстороннее действие гидравлического заднего борта, угол подъема от 58 до 60 градусов, LED – освещение, ширина кузова внутри 2450 мм, гидравлическое рулевое управление, грузоподъемность 26 тонн, собственная масса около 9600 кг [36].



Рисунок 1.28 - Общий вид прицепа модели "SUPER" от фирмы В.В. ВЕСО

Универсальные тракторные прицепы Conow ТМК 16/ТМК22 Universal от фирмы Conow-Anhängerbau (рис. 1.29) предназначены для перевозки различных сельскохозяйственных грузов: картофеля, свеклы, сена, кукурузы, опилок. Благодаря специальному уплотнению (из полиамида) бортов возможна транспортировка мелкозернистых продуктов, таких как рапс, зерно, удобрение [36].



Рисунок 1.29 - Общий вид универсального тракторного прицепа Conow ТМК 16/ТМК22 Universal от фирмы Conow-Anhängerbau

Платформа тракторного прицепа прямоугольной формы выполнена из стали высокой прочности, толщина пола составляет 4 мм, толщина боковых бортов 2,5 мм. Борта имеют высоту 1,6 метра, что делает данный прицеп максимально удобным при погрузочных и разгрузочных работах.



Одна сторона кузова открывается параллельно полу по всей длине. Противоположная сторона прицепа состоит из откидных бортов. Разделение бортов на 2 части обеспечивает стойка с центральным замком. Нижние борта имеют высоту 500 мм, 600 мм, 700 мм. Верхние борта соединены сваркой с боковыми и средней стойками. Внутренняя облицовка выполнена из полиамида, что значительно снижает повреждения клубней и корнеплодов в процессе их транспортировки. Задний борт откидной, фиксирование борта с помощью центрального замка. Для наиболее осторожной перегрузки зерновых и удобрений задний борт может оснащаться специальным люком [36].

Универсальные тракторные прицепы ТМК 16/ ТМК 22 от фирмы Conow-Anhängerbau могут работать в режиме самосвала, опрокидывание прицепа возможно направо, налево и назад с помощью 5-ти ступенчатого гидроцилиндра.

Для транспортировки сенажа возможна установка надставных бортов, которые значительно увеличивают вместимость прицепа и позволяют за один раз перевезти большой объем сенажа.

Прицеп-самосвал с цельным кузовом ТМК 16/ТМК 22 (рис. 1.30) предназначен для перевозки любых грузов: кукурузы, свеклы, картофеля, зерна, рапса, сенажа, щепы и других видов штучных и сыпучих грузов [36].



Рисунок 1.30 - Общий вид прицепа-самосвала с цельным кузовом ТМК 16/ТМК 22



Кузов самосвального прицепа Copow имеет специальную конструкцию бортов, выполненную из цельных по всей длине листов стали. Высокую устойчивость прицепа обеспечивают 7 стоек с небольшим расстоянием между ними. Борты кузова не имеют сварных швов внутри, что гарантирует быструю выгрузку груза, особенно при выгрузке мелкозернистых продуктов [36].

Загрузка цельнометаллического открытого кузова осуществляется сверху, а выгрузка самостоятельно, через задний открываемый с помощью гидравлики борт. Опрокидывание кузова назад осуществляет пятисекционный телескопический гидроцилиндр, обеспечивающий угол разгрузки 45 градусов.

Максимальная высота подъема кузова до 6200 мм. При возврате кузова в исходное положение после разгрузки кузов и борт соединяются в нижней точке с помощью автоматического замка. Благодаря этому обеспечивается надежное закрытие кузова и фиксирование заднего борта. Прицеп-самосвал Copow ТМК (тандем) имеет допустимый общий вес от 16 до 22 тонн в зависимости от модели. Грузовместимость от 21 до 25 куб. метров. Толщина бортов составляет 3 мм, дна - 4 мм. Высота бортов 1330 мм, специальные надставки позволяют увеличить высоту до 1830 мм. Колесная колея 2050 мм, что обеспечивает хорошую стабильность на склоне. В качестве передней опоры после отцепки прицепа с тягачом служит гидравлическая опора [36].

Коническая форма кузова делает возможной максимально чистую разгрузку материала. Низкое расположение центра тяжести обеспечивает устойчивость прицепа при погрузке, разгрузке и транспортировке груза.

Таким образом, передовые технологии в области электроники, сенсорной техники и программного обеспечения будут определять характер агротехнических инноваций и приведут к увеличению автоматизации рабочих процессов в растениеводстве с целью организовать

работу более эффективно, качественно, точно, экологично и экономически целесообразно.

Работа на интеллектуальной технике, освоение наукоемких, точных технологий потребуют пересмотра кадровой политики и образования в АПК, которая должна базироваться на соответствующей организации хозяйств и их должном инженерном обеспечении нового типа.

## **1.5 Анализ исследований процессов перевозки картофеля и яблок в кузове ТС**

### *1.5.1 Особенности перевозки картофеля и яблок в кузове автотранспортных средств*

Наиболее сложную проблему в сохранении качества картофеля и яблок представляют повреждения, которые портят их внешний вид и тем самым снижают сортность и, кроме того, повышают опасность порчи [282]. Особое влияние на качество продукции оказывают условия перевозки [27].

Установлено, что в 70% случаев причиной порчи сельскохозяйственных грузов являются механические повреждения [190]. К важнейшим физико-механическим свойствам, определяющим их травмостойкость, относят их прочностные характеристики. Под травмостойкостью понимают способность плодов и овощей противостоять механическим повреждениям в результате различных воздействий, происходящих в процессе выполнения транспортного процесса [190]. Основной причиной механических повреждений перевозимой сельскохозяйственной продукции являются статические и динамические нагрузки, возникающие в процессе доставки сельскохозяйственной продукции к местам постоянного либо временного хранения; давление, испытываемое нижними слоями груза от верхних и пр. Эти воздействия влияют не только на внешнюю целостность оболочки, вызывая трещины, нажимы и проколы, но и нарушают внутреннюю целостность плодов,

клубней, проявляющуюся в виде размягчения тканей, раздавливания и т.д. У продукции с механическими повреждениями жизнедеятельные процессы протекают более активно, чем у здоровой. Кроме того, механические повреждения часто служат причиной возникновения вторичных заболеваний во время перевозки и хранения продукции. Следовательно, плоды и овощи, подготовленные к перевозке должны быть без механических повреждений и других дефектов.

Для осуществления организации перевозок автомобильным и ТТ необходимо учитывать следующие особенности плодов и овощей: ярко выраженная сезонность производства и заготовки (порядка 25% овощей реализуется в первом полугодии, другие 75% - во втором); неравномерность созревания и необходимость многократной уборки урожая на одних и тех же полях и плантациях в период плодоношения; необходимость срочного вывоза урожая с полей и плантаций после уборки; применение различных схем доставки в зависимости от назначения продукции [117].

На сохранность продукции влияет также и ее своевременная отгрузка и вывоз с полей. Как правило, природно-климатические условия в период сбора урожая являются неблагоприятными для его хранения и перевозки. Наряду со своевременной отгрузкой особое значение имеет подготовка груза к перевозке и дальнейшему хранению. Так, например, опыт перевозки фруктов и овощей в штате Калифорния (США) показал, что предварительная сортировка фруктов и овощей в полевых условиях с целью устранения гнилых продуктов позволяет существенно повысить качество доставки [228, 330].

Еще одной причиной снижения качества плодов, овощей, картофеля являются их механические повреждения в процессе выполнения погрузочно-разгрузочных работ, которые зависят от многих факторов: физико-механических свойств плодов, способов выполнения погрузочных

работ, типа тары, плотности укладки плодов в таре, количества перевалок плодов (погрузочно-разгрузочных операций) и др.

Потери от повреждений клубней картофеля при погрузочно-разгрузочных работах составляют в среднем более 16%, а потери томатов достигают 20 – 30%. Эти проблемы решаются за счет укрупнения грузовых единиц (пакеты, контейнеры, бестарные перевозки), а также рационального выбора погрузочно-разгрузочных средств [142, 186, 227, 249]. Установлено, что применение механизированной погрузки пакетов, ящиков и контейнеров, заполненных яблоками насыпью, позволяет в среднем в 3-3,5 раза сократить потери их товарных качеств [249, 262].

Многие виды легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции перевозят преимущественно навалом. Однако исследованиями установлено, что при перевозке многих скоропортящихся грузов навалом создается температурное воздействие, которое не способствует длительному хранению грузов [249]. Кроме того, такие грузы, как томаты, косточковые плоды, ягоды, отличаются не высоким сопротивлением механическому воздействию, поэтому одним из путей снижения потерь сельскохозяйственной продукции в процессе ее перевозки является применение специальной тары и упаковки.

Вместе с тем применение различных видов тары и упаковки при перевозках данного вида продукции не гарантирует 100% сохранности грузов, т.к. большое влияние на ее сохранность оказывают способ упаковки и ярус расположения плодов. Результаты опытов [227, 262] показывают, что в контейнерах чаще всего повреждаются плоды, расположенные в нижних и верхних слоях. Аналогичные результаты показывают вибрационные испытания, проводимые с картофелем в кузове АТС [227]. Клубни картофеля в кузове АТС с увеличением расстояния по высоте слоя картофеля испытывают вертикальные ускорения, а следовательно и перемещения, которые сначала несколько уменьшаются в 1,27 – 1,6 раза до середины слоя, а потом увеличиваются в 3 – 3,4 раза

вверху. Вместе с этим с увеличением расстояния от переднего борта кузова (от источника вибрации) уровень ускорений уменьшается до  $0,4 \text{ м/с}^2$  на середине кузова, а затем у заднего борта кузова вновь возрастает до  $0,59 \text{ м/с}^2$  [249].

Все перечисленные выше воздействия на сельскохозяйственную продукцию неблагоприятных факторов могут привести не только к резкой потере качества в момент перевозки, но и к понижению ее стойкости при дальнейшем хранении. Так, потери картофеля при хранении без пороков составляют всего 2 - 3%, а с механическими повреждениями – до 40 %. Данные других источников свидетельствуют о том, что потери плодов, овощей и картофеля при хранении и реализации составляют 25 - 30%. По экспертным оценкам [89] потери картофеля при хранении ежегодно в стране достигают 16 млн. т.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что потери картофеля и яблок при перевозках зависят от целого ряда факторов: начальные условия выращивания и сбора урожая, вида тары и упаковки продукции, способа выполнения погрузочно-разгрузочных работ, вида транспорта и режима движения и т.д. (приложение 3).

Значительный вклад в определение основных физико-механических свойств овощей и фруктов при их перевозке в условиях сельского хозяйства внес В.С. Заводнов [104]. Им было установлено, что при действии вертикальных колебаний на насыпной груз наблюдается передача силового воздействия от слоя к слою. В результате верхние плоды или клубни, не передавая этого воздействия другим, расходуют его полностью на подскок, который заканчивается при последующем падении ударом о нижележащий слой. Таким образом, в неблагоприятных условиях находятся верхний и нижний слой, так как нижний воспринимает полностью силовой импульс и при падении соударяется не с плодами, а с дном кузова, имеющим значительно большую жесткость. Такие неодинаковые условия силовых воздействий и приводят, при перевозках, к

большому повреждению плодов, лежащих на периферии. Лабораторные исследования по повреждаемости различных слоев плодов «Ренета Симеренко» на частотах колебаний 2,5; 6,7; и 10 Гц, амплитудах 3,5 и 44 мм, при высоте загрузки в 300 и 500 мм были проведены В.С. Заводновым. Анализ результатов этих исследований указывает на то, что наименьший уровень повреждений наблюдается у второго снизу слоя, а повреждаемость нижнего слоя, как правило, меньшая, чем верхнего.

Неровности и уклоны поверхности поля, колебания груза в кузове и т.д. постоянно выводят движущееся ТС из состояния устойчивого движения. В результате этого повышается вероятность возникновения резонансных явлений и, как следствие, возрастает уровень повреждений груза.

Как показывают результаты исследований В.С. Заводнова, Х.А. Хачатряна, Г.В. Тарджуманяна [101, 103, 262, 263] наибольшие повреждения плодоовощной продукции связаны с ее вибрацией в кузове автотранспортного средства (АТС). Авторы этих работ определяли вероятность появления опасных для качества продукции ускорений от вертикальных и поперечных колебаний кузова автомобиля и груза, а также их максимальные значения. В работах зарубежных ученых М. O'Brien, R.P. Singh, L.L. Clay-pool [327, 328] высказывается мнение, что повреждение плодов и овощей происходит вследствие возникновения явлений резонанса в результате совпадения частот собственных колебаний плодов и вынужденных колебаний ТС и тары от воздействия неровностей дорожного покрытия. В работах И.Б. Беренштейна [14, 22] установлено, что при движении по садовой профилированной дороге прицеп без рессор проходит зону резонанса при скорости около 13, а с рессорами - при 8 км/ч. При движении по магистральным асфальтированным дорогам хозяйства область резонанса для прицепа без рессор находится при скорости 8 - 10, а с рессорами — около 4 км/ч. В этих работах также

отмечается, что одной из причин порчи продукции при ее доставке является дальность и длительность перевозки.

На повреждения перевозимой продукции влияют в основном две составляющие:

- характеристика груза и ТС (физико-механические свойства перевозимой продукции, способ ее затаривания и упаковки, тип кузова ТС);

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

Повреждения груза при перевозке обусловлены несколькими факторами, главным из которых является ускорение, испытываемое им при движении АТС. Поэтому одним из основных эксплуатационных требований, предъявляемых к современному ТС для обеспечения сохранности перевозимого груза, является максимальное повышение плавности хода.

Грузоподъемность и скорость движения транспортных поездов часто ограничиваются не мощностью двигателя, а, как показали исследования [232], недостаточными тягово-цепными свойствами, низкой плавностью хода и значительными колебаниями прицепа.

Также необходимо отметить то, что распространенные тракторные прицепы обладают большей склонностью к колебаниям по сравнению с тягачами, так как обладают большей массой, более высоким расположением центра масс [106].

Другой особенностью сельскохозяйственных перевозок является недостаточное использование грузоподъемности ТС, в виду низкой объемной массы большинства перевозимой продукции. В результате чего значительно возрастают подбросы навалочного груза от действия больших виброускорений, что так же приводит к увеличению уровня повреждений продукции.

Исследования проведенные в работе [262] показывают, что самым опасным фактором с точки зрения порчи плодов при их перевозке, являются ускорения вертикальных колебаний кузова АТС и перевозимого груза.

Имея дисперсии опасных ускорений можно определить вероятность появления ускорений, превышающих допустимые по техническим условиям значения. Для этого в работе [262] предлагается использовать следующую формулу:

$$\ddot{Z}_a \geq k \sqrt{D_z} = \frac{k^2}{k\sqrt{2\pi}} \quad \text{при } k \gg 1, \quad (1.1)$$

где  $\ddot{Z}_a(\tau)$  - предельно допустимое ускорение по техническим условиям для данных плодов;  $D_z$ - дисперсия ускорений вертикальных колебаний при движении АТС, м<sup>2</sup>/с<sup>4</sup>; k - коэффициент, показывающий соотношение  $\ddot{Z}_a(\tau)$  и  $\sqrt{D_z}$ ;  $\tau$  - время транспортирования.

В работе [263] показано, что для каждого сорта и вида плодов, заранее зная условия перевозки, используя зависимость (1.1) можно определить вероятность повреждения плодов.

Одним из факторов, в значительной мере влияющих на повреждения перевозимой продукции, является плавность хода ТС, определяющаяся, в основном, амплитудой и частотой колебаний. В наиболее распространенном при движении диапазоне частот от 1 до 8 герц для большинства легкоповреждаемых продуктов может быть использована следующая зависимость допустимой амплитуды колебаний ТС от частоты [207]:

$$A_0 = \frac{P + \sqrt{P^2 + 2 \cdot \frac{H^2}{\omega^2}}}{\omega}, \quad (1.2)$$

где  $\omega$  — частота колебаний, Гц; P – эмпирический коэффициент характеристики допустимых значений скорости колебаний, при которых



величина повреждений продукции не превышает значений, установленных агротехническими требованиями,  $m/s$ ;  $H$  — эмпирический коэффициент характеристики допустимых значений ускорения колебаний, при которых величина повреждений продукции не превышает значений, установленных агротехническими требованиями (см. табл. 1.13),  $m/s^2$ .

Таблица 1.13 – Коэффициенты, определяющие допустимую амплитуду колебаний ТС [31, 104]

Культура и состояние ее зрелости	Эмпирические коэффициенты	
	$H, m/s^2$	$P, m/s$
Яблоки	0,3...1,42	5,03...5,22
Помидоры красные	2,83...4,3	5,46...5,70
Помидоры зеленые	4,24...7,0	5,70...6,16
Картофель свежееубранный	5,62...7,0	5,93...6,16
Дыни и тыквы	5,62...8,38	5,93...6,38
Слива	5,62...11,14	5,93...6,83
Огурцы	8,38...11,14	6,38...6,83

Повреждения плодов при перевозках от воздействия поперечных колебаний кузова можно уменьшить следующими способами:

- увеличением поверхности дна тары, благодаря чему уменьшается доля плодов, соприкасающихся с бортами ТС;
- сглаживанием поверхности бортов, обивкой их мягкими материалами [281];
- подрессориванием в поперечном направлении кузова ТС;
- путем стабилизации положения кузова ТС [180].

Для изменения амплитудно-частотной характеристики колебаний ТС применяются различного типа подвески. Однако данный путь дает небольшое снижение повреждений перевозимой продукции [10].

Наиболее перспективным направлением повышения эксплуатационных показателей ТС является уменьшение влияния прицепа в поперечной плоскости [62]. Решением этой проблемы является применение ТС с системой подрессоривания грузовой платформы [9, 199,

303] и устройств для стабилизации положения ТС [176], что позволяет снизить скорости и ускорения их колебаний, и соответственно перевозимой продукции.

#### *1.5.2 Обзор работ по математическому моделированию движения ТС и ВП сельскохозяйственных грузов*

Моделированием процессов перевозки сельскохозяйственных грузов, занимались многие ученые [14, 21, 22, 90, 103, 107, 108, 142, 150, 155, 190, 202, 225, 226, 227, 238, 239, 263, 267, 277, 313, 322, 324, 330]. Анализ этих работ показал, что предложенные в них модели можно разделить на несколько групп. В частности, одна группа моделей посвящена разработке и совершенствованию экономико-математических методов (как в однокритериальной, так и многокритериальной постановке), направленных на оптимальное использование ТС и улучшение схем доставки сельскохозяйственной продукции [155, 202]. К сожалению, данные модели оценивали эффективность использования ТС без учета качества выполнения перевозок, что не позволяет говорить о сохранности грузов.

Вторая группа моделей была направлена на разработку и создание автомобилей с эксплуатационными качествами, приемлемыми для сохранной перевозки конкретных грузов в определенных регионах страны по дорогам с тем или иным микропрофилем и приспособленности использования подвижного состава к конкретным видам продукции и способам ее перевозки [273]. В работе [86] отмечается, что развитие конструкции автомобиля должно быть направлено на повышение его производительности, уровень которой в значительной мере определяется соответствием скорости перевозки и сохранности грузов. Однако, эти разработки достаточно дороги и трудоемки для реализации.

Моделированию движения ТС по реальным дорогам посвящены работы [57, 59, 66, 67, 85, 95, 96, 135, 137, 138, 217, 260, 303], описывающие третью группу моделей. Их можно разделить на три подгруппы: модели конструкций автомобилей; модели системы «тара -

упаковка - груз»; модели, имитирующие общую систему «дорога – ТС - груз». Недостатком всех моделей является ограниченное применение их к различным конструкциям ТС и всевозможным грузам, способам размещения и закрепления их в кузове и т.п., а также большое разнообразие применяемой аппаратуры, которая очень часто весьма слабо приспособлена для исследования ТС, имеет высокую стоимость, большие габаритные размеры и не всегда приспособлена для питания от бортовой сети автомобиля.

Более совершенные модели, описывающие колебания ТС и повреждения сельскохозяйственной продукции, представлены в работах [143, 225, 226, 227, 262]. Так, например, в работе Лялина А. В. [143] построена классификация воздействий на сельскохозяйственную продукцию, снижающих ее качество, на основании которой разработаны динамическая модель изменения состояния сельхозпродукции и критерии, позволяющие сформулировать требования к управлению качеством перевозки грузов и согласно этим критериям определить рациональные скорости движения автомобилей по установленным маршрутам с учетом механических воздействий в системе «дорога - автомобиль - груз».

Динамику изменения качества продукта во времени с достаточной степенью точности в работе [143] предлагается описать уравнением:

$$\frac{d\gamma_i}{dt} = (1 - \gamma_i) \cdot \Phi_i \quad (1.3)$$

где  $(1 - \gamma_i)$  — доля продукта, удовлетворяющего  $i$ -му стандарту;  $\Phi_i$  — функционал характеристик внешних воздействий  $R_i(t)$  и распределения параметров состояния  $\gamma_i$ :

$$\Phi_i = \varphi_i[\gamma_0; R_i(t); i = 1, n], \quad (1.4)$$

где  $\gamma_0$  — доля продукта, не удовлетворяющая  $i$ -му стандарту в данный (начальный) момент времени.

Этот функционал определяет скорость порчи продукта по  $i$ -му стандарту.

В реальных условиях перевозки зависимость, определяющая суммарные потери будет иметь вид:

$$\gamma_i = l - \exp[\Phi_i(t - t_0)] \quad (1.5)$$

где  $t_0$  — постоянная интегрирования.

Для такой операции процесса доставки сельхозпродукции, как перевозка, где суммарные потери овощей или фруктов на практике редко превышают 20-30%, естественно сделать допущение, что время (продолжительность) воздействий входит в основное уравнение порчи груза линейно, т.е. через множитель  $(t - t_0)$ :

$$\gamma \approx (t - t_0) \cdot \sum_{i=1}^n \Phi_i \quad (1.6)$$

Предлагаемый в работе критерий качества перевозки вычисляется по формуле:

$$K_T = \prod_{i=1}^n K_i \quad (1.7)$$

где  $n$  — общее количество рассматриваемых операций (число воздействий, которыми можно управлять в процессе перевозки);  $K_i$  — критерий эффективности частной операции (показатель, характеризующий степень воздействия на груз по  $i$ -ому параметру).

Данная модель основывается преимущественно на выборе рациональных скоростей движения ТС. К сожалению, она не достаточно учитывает другие их конструктивные параметры, а также тип используемой для перевозки тары и упаковки.

В работах Темирханова Б. Э. [225, 226, 227] моделируются ВП сельскохозяйственных грузов с нежной кожицей (яблоки, томаты, персики, виноград и т. п.) в насыпном виде, при воздействии на них восходящего воздушного потока и без такого воздействия. В работе рассматривается

подрессоренный кузов, в котором на жестких пружинах установлена тара с отверстиями на дне для поддува воздуха вентилятором, закрепленным на шасси прицепа. При этом динамические нагрузки уменьшаются за счет действия пружин тары и потока поддуваемого воздуха. Такая конструкция улучшает сохранность плодов при погрузке, перевозке и разгрузке и позволяет в ходе перевозки подсушивать продукцию, что немаловажно при ее хранении. Описана конструкция предлагаемого прицепа с тарой. В Дагестанском СХИ разработана математическая модель предлагаемого ТС и подобраны оптимальные режимы его работы. Данная модель позволяет представить достаточно полную картину нагрузок, которым подвергается перевозимая продукция. Транспортная система представлена как диссипативная механическая система, для которой справедливы уравнения Лагранжа 2-го рода:

$$Q_{qi} = \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \left( \frac{\partial T}{\partial q_i} \right) + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \left( \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} \right), \quad (1.8)$$

где  $T$  — кинетическая энергия, Дж;  $\Pi$  — потенциальная энергия, Дж;

$\Phi$  — диссипативная функция,  $\frac{H \cdot m}{c}$ ;  $q_i$  — обобщенная координата, м или градусах;  $Q_{qi}$  — обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате, Н.

За обобщенные координаты для рассматриваемой модели приняты:

$q_1=Z_T$  и  $q_3=Z_K$  — вертикальное перемещение центра масс соответственно тары и кузова от положений статического равновесия, м;

$q_2=\theta_T$  и  $q_4=\theta_K$  — повороты соответственно тары и кузова вокруг поперечной оси, проходящей через ее центры масс, градусы;

$q_5=Z_1$  и  $q_6=Z_2$  — вертикальное перемещение соответственно передней и задней оси колес от положения статического равновесия, м.

Кинетическая энергия системы для малых колебаний подпрыгивания и продольной качки прицепа с тарой, когда профиль дороги под правыми и

левыми колесами считается одинаковым, а подвеска прицепа симметричной, определялась выражением:

$$T = 0,5 \cdot [M_K \cdot \dot{Z}_K^2 + I_K \cdot \dot{\theta}_K^2 + M_T \cdot \dot{Z}_T^2 + I_T \cdot \dot{\theta}_T^2 + 2 \cdot M_K \cdot (\dot{Z}_1^2 + \dot{Z}_2^2)] + \rho \cdot v_B^2 \cdot S_T \cdot (1 - \alpha) \cdot N_C \cdot Z_T \quad (1.9)$$

где  $m$  — масса одного колеса прицепа, кг;  $M_K$  и  $M_T$  — массы кузова и нагруженной тары, кг;  $I_K$  и  $I_T$  — моменты инерции соответственно кузова и нагруженной тары относительно поперечной оси, проходящей через ее центр масс,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $\rho$  и  $v_B$  — плотность и скорость поддуваемого воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$  и  $\text{м}/\text{с}$  соответственно;  $N_C$  и  $\alpha$  — число слоев и коэффициент пористости плодov, соответственно;  $S_T$  — площадь основания тары,  $\text{м}^2$ .

Потенциальная энергия системы (если в положении устойчивого равновесия она равна нулю) через деформации выражалась так:

$$\Pi = c_{ш} \cdot (E_1^2 + E_4^2) + c_P \cdot (E_2^2 + E_5^2) + c_T \cdot (E_3^2 + E_6^2) \quad (1.10)$$

где  $c_{ш}$  и  $c_P$  — коэффициенты жесткости шин и рессор,  $\text{Н}/\text{м}$ ;  $c_T$  — эквивалентная жесткость пружин, на которых установлена тара,  $\text{Н}/\text{м}$ .

Функция рассеивания для системы определяется суммой:

$$\Phi = \mu \cdot \left[ (\dot{Z}_K + L \cdot \dot{\theta}_K - \dot{Z}_1)^2 + (\dot{Z}_K - L \cdot \dot{\theta}_K - \dot{Z}_2)^2 \right] \quad (1.11)$$

где  $\mu$  — коэффициент сопротивления сухого трения подвески,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ .

Согласно исследованиям [202] выражение для определения  $\mu$  имеет следующий вид:

$$\mu = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot \Omega \cdot X_0} \quad (1.12)$$

где  $F$  — сила сухого трения, которая зависит от статической нагрузки, конструкции листовой рессоры и пробега ТС,  $\text{Н}$ ;  $X_0$  — амплитуда колебаний центра тяжести колеса,  $\text{м}$ ;  $\Omega$  — частота колебаний колеса при движении,  $\text{с}^{-1}$ .

После подстановок автором было получено шесть дифференциальных уравнений второго порядка для определения шести обобщенных координат в зависимости от времени.

Для решения полученной системы дифференциальных уравнений с начальными условиями установлена связь между неровностями дороги  $h_1(t)$  и  $h_2(t)$  в зависимости от скорости движения ТС. Если известна функция  $h_1(t)$ , то эта связь выглядит следующим образом:

$$N_c = \begin{cases} 0, & \text{если } t < \frac{2 \cdot L}{v_1} \\ h_1 \cdot \left[ t - \frac{2 \cdot L}{v_1} \right], & \text{если } t \geq \frac{2 \cdot L}{v_1} \end{cases} \quad (1.13)$$

где  $L$  — половина длины тары, м;  $v_1$  — скорость центра масс колеса до удара, м/с.

Оптимальным будет считаться тот режим, при котором перевозимые плоды испытывают динамические нагрузки, не превосходящие предела их прочности при возможно минимальной мощности вентилятора для поддува [227].

Проведенные исследования существенно расширили знания, дали дополнительный материал и ответ на вопрос о больших потерях продукции из-за механических повреждений, получаемых плодами при их перевозке в насыпном виде в ящиках, контейнерах и т.п. Автором также предлагается перевозка сельскохозяйственной продукции в специализированном ТС для бестарной перевозки плодоовощной продукции. Однако данные предложения требуют дополнительных единовременных вложений для переоборудования парка подвижного состава, для снабжения их вентиляторными установками и т.д., что в определенной мере снижает эффективность от применения этого предложения.

### *1.5.3 Факторы, определяющие поперечно-горизонтальную устойчивость движения ТС в сельском хозяйстве*

Увеличивающийся объем перевозок в сельском хозяйстве, разнообразие дорожных условий и специфика транспортных перевозок приводит к необходимости использования, наряду с автомобильными перевозками, тракторные, выполняемые колесными машинами, так как они являются универсальными и имеют более высокие скорости перемещения, а также меньшую стоимость и эксплуатационные расходы, чем гусеничные.

Устойчивость автомобиля и безопасность его движения зависят от интенсивности колебаний колес. Движение автомобиля с большой скоростью по разбитой дороге сопровождается увеличением в 3-4 раза вертикальных нагрузок на колеса [287]. В этом случае достаточно незначительного поворота рулевого колеса для возникновения боковых сил, которые могут вызвать аварию автомобиля. В определенных условиях движения автомобиля возникает резонанс как высокочастотных, так и низкочастотных колебаний. Эти колебания являются одной из важных причин повышенного износа шин. Резонансные колебания вызывают частые отрывы колес от поверхности дороги, изменяют вертикальные реакции от дороги и увеличивают деформацию шин.

Неровности и уклоны поверхности поля, колебания груза в кузове и т.д. постоянно выводят движущееся ТС из состояния устойчивого движения. В результате этого, повышается вероятность возникновения резонансных явлений и, как следствие, возрастает уровень повреждений груза. На наш взгляд, наиболее целесообразно рассматривать движение ТС с позиции теории устойчивости, физический смысл которой заключается в следующем: если после получения начальных возмущений движение системы сохраняется близким к основному или стремится к нему, то такое движение называется устойчивым. Движение неустойчивое, если даже весьма малое начальное возмущение, уводит систему от основного



движения. Движение называется асимптотически устойчивым, если начальное возмущение с течением времени стремится к нулю и исчезает. Не асимптотически устойчивым называется такое движение, при котором возмущения, оставаясь малыми, не исчезают, но и не уведут систему от основного движения [78, 286].

Начало исследований устойчивости автомобиля и причин возникновения поперечных колебаний было положено в 20 – 30-х годах прошлого века в связи с усложнением конструкции автомобилей и появлением проблемы бокового увода шин низкого давления при возросших скоростях движения.

В нашей стране наиболее ранние исследования в этом направлении проводились Горячкиным В.П. [73] и Жуковским Н.Е. [99]. Они использовали деформационные теории, которые устанавливают зависимость боковой силы, вызывающей поперечные колебания не с угловым отклонением вектора скорости движения, а с боковыми деформациями колеса, и поэтому позволяли решать задачи колебаний в боковом направлении.

Основным недостатком данной теории является то, что она основана на предположении отсутствия элементарного (частичного) проскальзывания в контакте колеса с опорной поверхностью при малых боковых силах. Предположение отсутствия элементарного проскальзывания приводит к ошибочному заключению о совпадении кривизны средней линии шины в зоне контакта и кривизны траектории движения колеса.

С целью устранения данного недостатка в работе Певзнера Я.М. [185] приведена формула для определения угла увода  $\delta_b$  задних колес:

$$\delta_b = \frac{(V_z + b \cdot \omega)}{V_a}, \quad (1.14)$$

где  $V_z$  и  $V_a$  — проекции скорости центра масс на два взаимно перпендикулярных направления в горизонтальной плоскости, м/с;  $b$  —

расстояние от центра масс до оси задних колес, м;  $\omega$  — угловая скорость автомобиля в горизонтальной плоскости,  $c^{-1}$ .

Из выражения (1.14) видно, что угол увода является функцией обобщенных скоростей  $V_Z$ ,  $V_a$  и  $\omega$ ; деформации шин в эту формулу не входят. Следовательно, поперечные силы, при зависимости их от углов увода [215], также становятся функциями обобщенных скоростей  $V_Z$ ,  $V_a$  и  $\omega$ .

Впервые условие устойчивого движения автомобиля сформулировал Певзнер Я.М. [185]:

$$m_{a2}k_{y2} > m_{a1}k_{y1}, \quad (1.15)$$

где  $m_{a1}$ ,  $m_{a2}$  — масса, приходящаяся на переднюю и заднюю оси соответственно, кг;  $k_{y1}$ ,  $k_{y2}$  — коэффициент сопротивления уводу передней и задней осей соответственно.

Так же ряд авторов [77, 287] пришел к выводу, что эластичные управляемые колеса сами по себе обладают способностью сопротивляться уводу. Позже это явление будет названо стабилизацией управляемых колес.

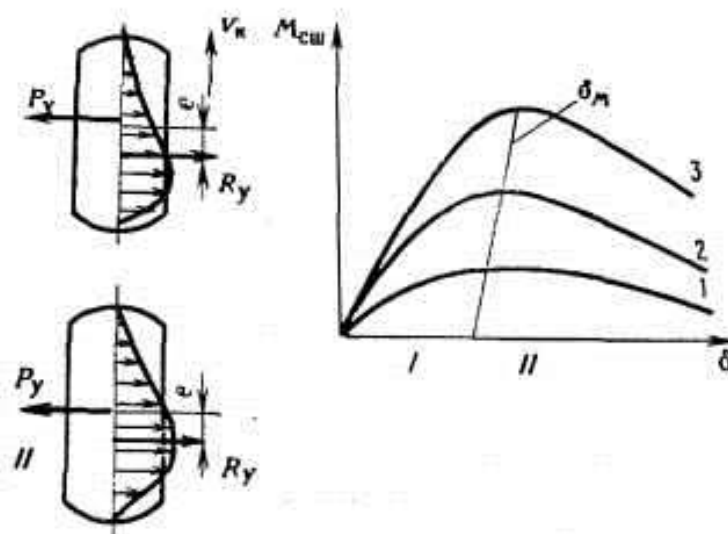
Стабилизация управляемых колес — это их свойство сопротивляться отклонению под действием внешних сил от положения соответствующего прямолинейному движению (нейтрального положения), автоматически возвращаться к этому положению после прекращения действия внешних сил.

Стабилизирующий момент шины создается боковой реакцией  $R_y$ , являющейся равнодействующей элементарных боковых реакций, отложенной на расстоянии «е» от центра контактной площадки (рис. 1.31).

Приближенно зависимость стабилизирующего момента шины от угла увода  $M_{сш}=f(\delta)$  может быть описана эмпирической формулой:

$$M_{сш}=M_{сш\max}(2-\delta/\delta_m) \delta/\delta_m, \quad [139] \quad (1.16)$$

где  $M_{сш\max}$  — максимальное значение стабилизирующего момента соответствующее углу увода  $\delta_m$ .



1-3 – при  $Gk_1 < Gk_2 < Gk_3$  [139]

I – II - эпюры боковых реакций при уводе соответственно без скольжения и с частичным скольжением

Рисунок 1.31 - Упругий стабилизирующий момент шины

Следует отметить, что все без исключения авторы сходятся в одном: на устойчивость движения влияют практически все геометрические параметры ТС, конструктивные особенности подвески, некоторые элементы трансмиссии.

Все многообразие факторов, влияющих на амплитуду колебаний прицепа, заставило авторов искать способы простого их учета при математическом моделировании процесса движения. Наиболее распространенным методом стало использование коэффициентов коррекции увода [123, 287]:

$$K_{ув} = q_1 q_2 \dots q_i K_y, \quad (1.17)$$

где  $K_y$  – коэффициент сопротивления уводу, Н/рад;

$q_1, q_2 \dots q_i$  – частные коэффициенты коррекции увода, характеризующие различные параметры подвески, дорожного фона и т.п.

В последнее время данный подход получил большое распространение в силу своей простоты в использовании и возможности учесть влияние практически любых факторов.

В связи с изложенным особое внимание при учете факторов, влияющих на устойчивость движения ТС в сельском хозяйстве, следует уделять контролю технического состояния подвески, некоторых элементов трансмиссии.

## **1.6 Устройства стабилизации ТС при движении и разгрузке**

### *1.6.1 Устройства, способствующие СПК ТС при движении по дорогам, имеющим уклон в поперечном направлении*

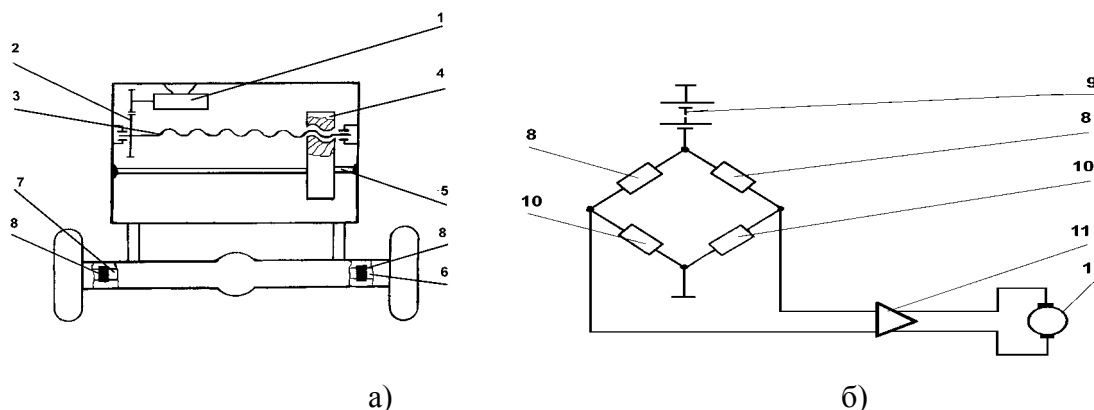
В ТС, работающих на дорогах, имеющих поперечные уклоны, наибольшее распространение получили устройства, способствующие сохранению горизонтального положения кузова. К числу подобных конструкций относится устройство для горизонтальной стабилизации ТС [1].

Устройство для стабилизации движения ТС [218] включает (рис. 1.32) электродвигатель 1, зубчатую передачу 2, винтовой привод 3, балластный груз 4, установленный с возможностью перемещения по поперечной направляющей 5. На правую 6 и левую полуоси 7 ведущего моста ТС установлены тензодатчики 8. Электрическая схема устройства для стабилизации движения ТС включает: источник питания 9; мост Уитстона, содержащий два тензодатчика 8 с одинаковой характеристикой и два балластных резистора 10; усилитель сигнала 11 и электродвигатель 1.

Основным недостатком данной конструкции является наличие балластного груза, что приводит к снижению грузоподъемности ТС.

Применение автомобилей с устройствами для стабилизации движения [247] позволяет увеличить объем перевозки картофеля на 25% и

снизить уровень повреждений клубней до 24% по сравнению с серийными машинами.



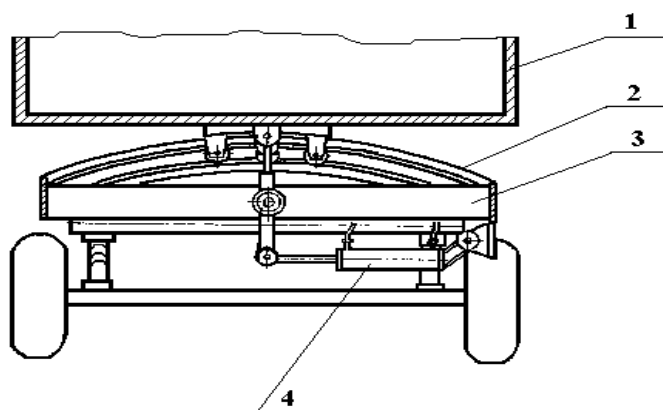
а) схема ТС с устройством для стабилизации движения; б) электрическая часть устройства.

1 – электродвигатель; 2 – зубчатая передача; 3 – винтовой привод; 4 – балластный груз; 5 – поперечная направляющая; 6 – правая полуось ведущего моста; 7 – левая полуось ведущего моста; 8 – тензодатчики; 9 – источник питания; 10 – балластные резисторы; 11 – усилитель сигнала.

Рисунок 1.32 - Устройство для стабилизации движения ТС [218, 285]

Аналогичным, по сути, является устройство для стабилизации положения кузова ТС [5]. Кузов транспортного средства 1 (рис. 1.33) выполнен с возможностью перемещения по дуговым направляющим 2 относительно рамы 3 под действием гидравлической системы. На кузове укреплен датчик положения, отслеживающей величину боковой силы. Боковая сила регистрируется датчиком, возникает сигнал, который передается на электромагнитный клапан гидравлической системы, связанный с гидрораспределителем. В результате шток гидроцилиндра 4 перемещается, что приводит к перемещению кузова 1 по дуговым поперечным направляющим 2 (а соответственно — к выравниванию).

Основным недостатком устройства является неспособность амортизировать боковые перемещения грузовой платформы на неровностях дороги, что приводит к повреждению груза о борта платформы при наезде колес на неровности дороги.



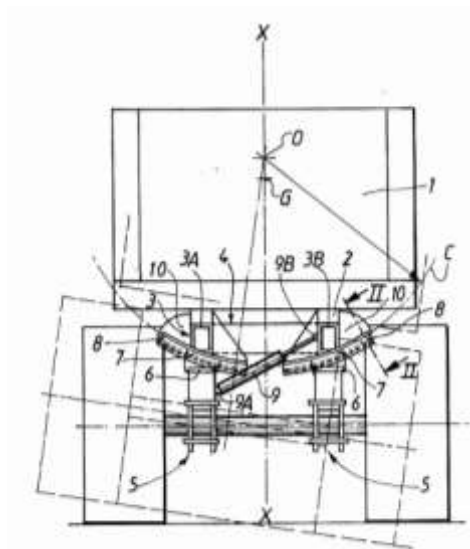
1 – кузов; 2 – дугообразные направляющие; 3 – рама; 4 – гидроцилиндр.

Рисунок 1.33 - Устройство для стабилизации положения кузова ТС

На наш взгляд, применение конструкций, описанных выше, способно снизить только низкочастотные вибрации. Из-за инерционности гидравлического привода такие конструкции не способны работать при локальных неровностях дороги, например на ямах и ухабах. Также жесткий элемент перемещения кузова (гидроцилиндр или винтовая пара) не способен поглотить высокую амплитуду бокового перемещения грузовой платформы [285].

К числу подобных устройств относится самовыравнивающаяся платформа [332]. Колесная платформа имеет раму, установленную на рычажно-гидравлических опорах, и содержит систему клапанов, сопряженных с маятниковыми элементами. При переносе платформы маятники начинают двигаться, чтобы занять вертикальное положение, при этом соответствующие клапана открываются и гидравлическая жидкость под действием веса платформы перераспределяется в опорах. В результате один край платформы опускается, и она автоматически выравнивается.

Устройство для стабилизации горизонтальности кузова прицепа (рис. 1.34) [326] устанавливается между нижней опорной рамой кузова и верхними опорами подвески двух колесных пар на резиновом ходу.



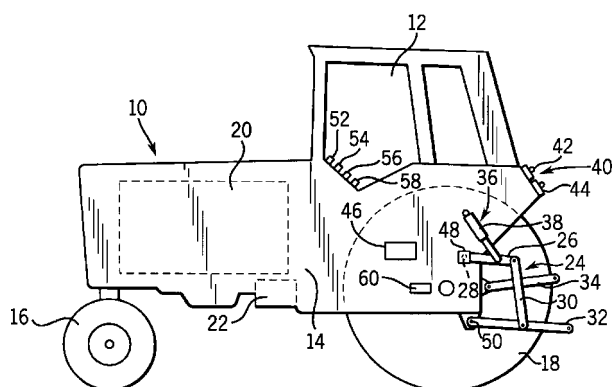
1 – кузов; 2 – шасси; 3 – несущая рама; 3А – 3В – лонжероны; 4 – распорные втулки; 5 – ходовая часть; 6, 7 – стальные пластины; 8 – контактирующие изогнутые сегменты (кофра); 9 – пневмоцилиндр двойного действия; 9А – 9В – места крепления пневмоцилиндра к ходовой части 5 и несущей раме 3 соответственно; 10 – прокладки.

Рисунок 1.34 - Вид поперечного сечения самосвала на ровной поверхности, содержащего стабилизирующее устройство

Устройство имеет с каждой стороны кузова прицепа по паре контактирующих изогнутых сегментов одинаковой кривизны, покрытых слоем синтетического материала для уменьшения коэффициента трения. Верхний сегмент имеет боковые загибы для вхождения в них менее длинного нижнего сегмента. Верхний сегмент закреплен на нижней опорной раме кузова, а нижний сегмент укреплен на верхней опоре подвески колес. Между двумя боковыми парами изогнутых сегментов установлен наклонно пневмоцилиндр двойного действия для амортизации при резких перепадах кривизны пересеченной местности, по которой движется прицеп.

Система электронного контроля работы тракторного прицепа (рис. 1.35) [331] построена на основе логических функций, схем обратной связи и использует набор датчиков (датчики положения прицепа трактора относительно поверхности почвы, датчики тягового усилия и т.д.). Система обеспечивает возможность регулирования тяги, приложенной к

прицепу, и положения прицепа, отдавая приоритет тому или другому параметру в зависимости от составленной программы (приложение И).



10 – трактор; 12 – кабина; 14 – рама; 16 – передние управляемые колеса; 18 – задние колеса; 20 – двигатель; 22 – аккумулятор; 24 – сцепное устройство; 26 – подъемные рычаги; 28 – вал отбора мощности; 30 – боковые звенья; 32 – нижнее звено; 34 – верхнее звено; 36 – привод; 38 – гидроцилиндр; 40 – пульт дистанционного переключения в сборе; 42, 44 – переключатели; 46 – бортовой электронный блок управления; 48 – датчик положения прицепа трактора относительно поверхности почвы; 50 – датчик тягового усилия; 52, 54 – рычаги; 56 – трехпозиционный клавишный переключатель; 58 – рычаг управления сцепкой на склоне; 60 – датчик скорости.

Рисунок 1.35 - Упрощенная схематическая иллюстрация работы трактора, оснащенного сцепным устройством

Основным недостатком данного устройства является отсутствие отслеживания разности нагрузок на правом и левом бортах при перераспределении веса ТС, что приводит к колебаниям в горизонтальной плоскости, а соответственно повреждению груза в кузове.

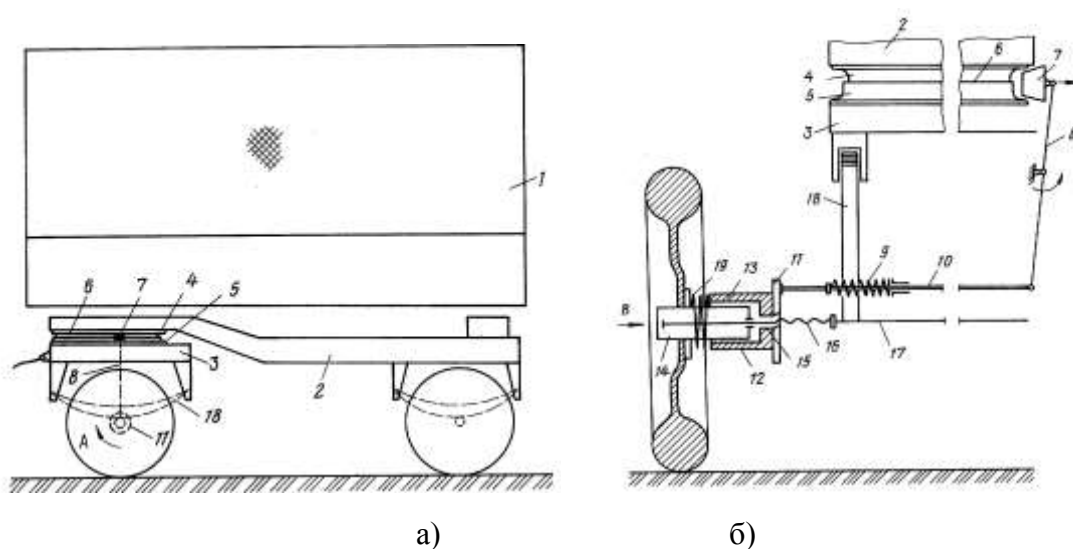
#### 1.6.2 Устройства для стабилизации прямолинейности движения ТС

В конструкциях ТС сельскохозяйственного назначения и автотракторных прицепов для фиксации подкатных тележек относительно рамы используются различные механизмы. Н.Р. Рашидовым предложено прицепное ТС 2 ПТС-4, на котором установлен механический узел фиксации подкатной тележки относительно рамы.



Недостатком данного узла являются большие потери технологического времени, связанные с ручным включением устройства, что значительно снижает производительность прицепного ТС.

К подобным конструкциям относится прицепное ТС (рис. 1.36), на котором с целью повышения удобства эксплуатации ось рулевых колес снабжена резьбой и гайкой, выполненной в форме стакана подвижного посредством шлицевого соединения, установленного на ступице для взаимодействия с подпружиненной тягой, которая шарнирно связана с двуплечим рычагом, несущим фиксатор полуколец поворотного круга [2].

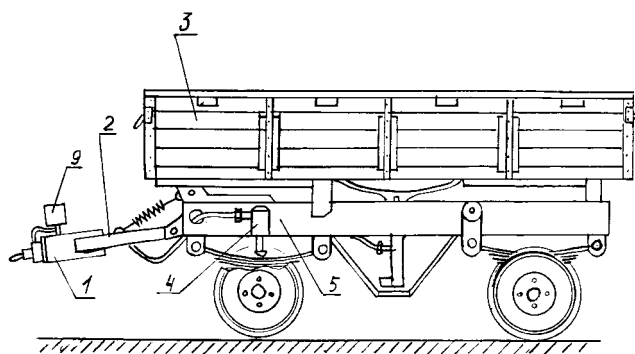


а) вид сбоку; б) узел фиксации подкатной тележки.

1 – кузов; 2 – рама; 3 – подкатная тележка; 4 – верхнее полукольцо; 5 – нижнее полукольцо; 6 – поворотный круг; 7 – фиксатор; 8 – рычаг; 9 – пружина; 10 – тяга; 11 – диск; 12 – втулка; 13 – шпонка; 14 – ступица колеса; 15 – гайка (стакан); 16 – резьба; 17 – ось колеса; 18 – рессоры; 19 – пружина.

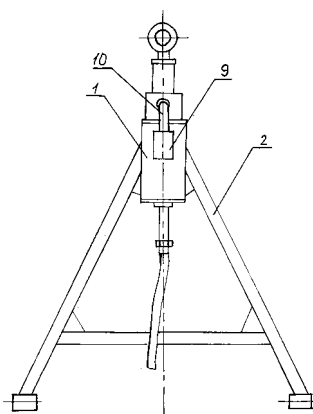
Рисунок 1.36 - Прицепное ТС, вид сбоку

Известно тягово-цепное устройство для соединения тягача с колесным прицепом, обеспечивающее сглаживание динамических нагрузок при любых их величинах с различной загрузкой прицепа. Устройство состоит из тягового гидроцилиндра, жестко соединенного с дышлом прицепа, плунжера с дросселирующими отверстиями и штока тягового гидроцилиндра и пружины (рис. 1.37, 1.38) [173].



1 - тяговый гидроцилиндр; 2 - дышло прицепа; 3 – прицеп; 4 - гидравлический датчик регулятора давления; 5 – продольный брус; 9 – бачок.

Рисунок 1.37 - Общий вид прицепа с расположением тягово-сцепного устройства и гидравлического датчика регулятора давления



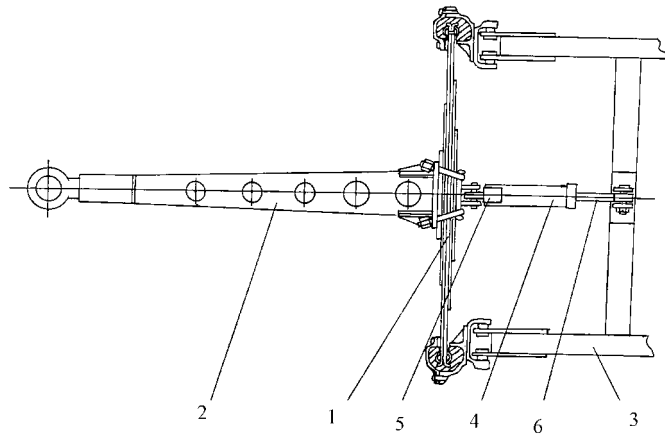
10 - масляный трубопровод

Рисунок 1.38 - Общий вид тягово-сцепного устройства

К недостаткам устройства следует отнести сложность конструкции, которая обеспечивает возможность регулирования сопротивления перетекания масла из одной полости тягового гидроцилиндра в другую, а также недостаточную компенсацию ударных нагрузок.

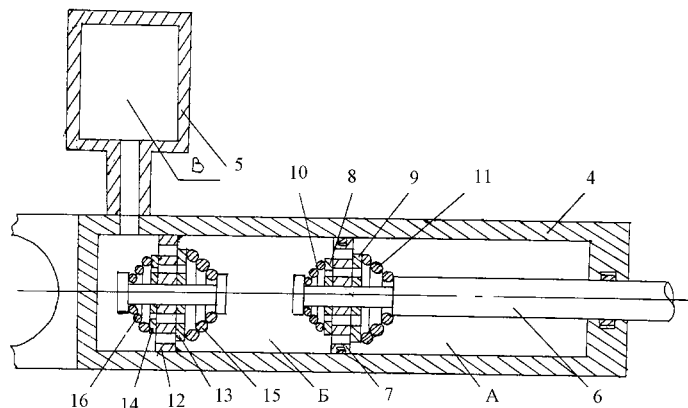
Известно тягово-сцепное устройство, в котором содержится демпфирующий элемент, выполненный в виде листовой рессоры, гидроамортизатор, образованный тяговым звеном, являющимся корпусом гидроамортизатора, резервуар для рабочей жидкости и шток. На одном конце штока расположен поршень, при этом полость резервуара сообщена с полостью корпуса гидроамортизатора посредством дросселирующих

отверстий, выполненных в перегородке, запрессованной внутри корпуса гидроамортизатора, при этом перегородка и поршень снабжены системой клапанов (рис. 1.39, 1.40) [174].



1- листовая рессора; 2 – дышло; 3 – прицеп; 4 - гидроамортизатор; 5 – резервуар; 6 – шток.

Рисунок 1.39 - Общий вид тягово-цепного устройства



4 - корпус гидроамортизатора; 5 – резервуар; 6 – шток; 7 – поршень; 8 и 9, 13 и 14 – клапана; 10 и 11, 15 и 16 – пружины;

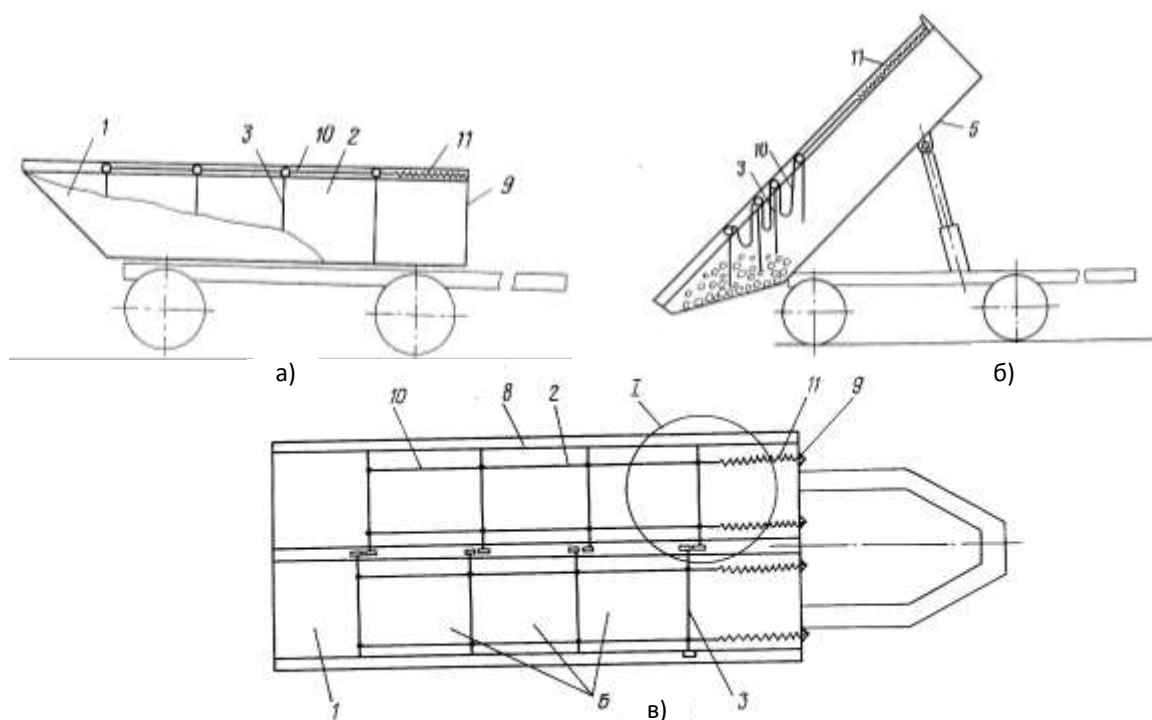
А - штоковая полость; Б - бесштоковая полость; В - полость резервуара.

Рисунок 1.40 - Общий вид гидроамортизатора

К недостаткам устройства следует отнести недостаточную компенсацию ударных нагрузок при резком изменении ускорения тягача вследствие высокой «инертности» жидкости, перетекающей из полости резервуара в полость корпуса гидроамортизатора и, наоборот.

### 1.6.3 Самосвальный кузов ТС со стабилизацией процесса разгрузки

В конструкциях ТС используются различные варианты самосвальных кузовов. К данным конструкциям относится кузов ТС для перевозки легкоповреждаемых сельскохозяйственных продуктов (рис. 1.41 а) [3], содержащий шарнирно соединенные с верхними частями боковых бортов поперечные перегородки. В верхних частях боковых бортов закреплены продольные направляющие, в которых установлены с возможностью перемещения шарниры крепления поперечных перегородок, при этом последние последовательно соединены между собой и с передним бортом кузова гибкими связями, причем связь ближайшей к переднему борту поперечной перегородки с передним бортом выполнена упругой (см. рис. 1.41 б и в).

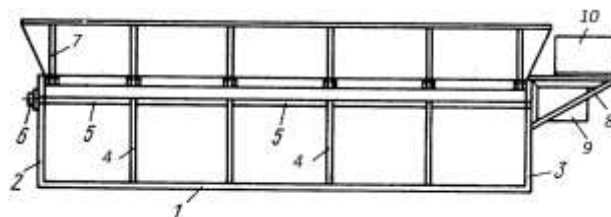


а) вид сбоку; б) при выгрузке плодов; в) при в в) е плодов, вид сверху  
1 – емкость; 2 – продольная перегородка; 3 – поперечные перегородки; 8 – продольные направляющие; 9 – передний борт; 10 – трос; 11 – пружина; Б - отсеки.

Рисунок 1.41 – Кузов ТС

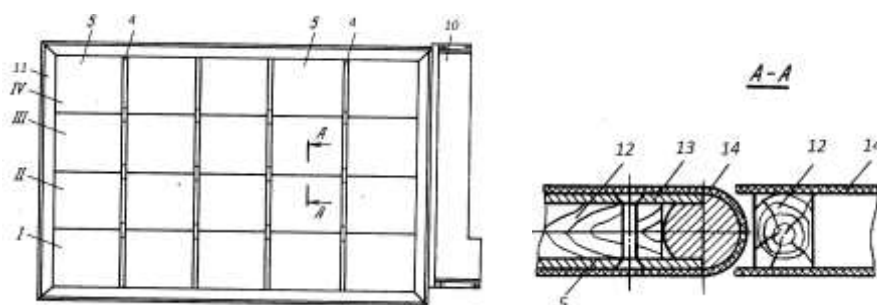
Данное ТС при выгрузке не обеспечивает равномерной подачи перевозимой продукции.

Аналогичным, по сути, является самосвальный кузов ТС (рис. 1.42, 1.43) [4], содержащий жестко закрепленные на днище 1 передний 2 и задний 3 борта, накопитель продукции 7, смонтированный в верхней части кузова, откидные боковые борта, поперечные перегородки 5, жестко смонтированные в кузове, и продольные перегородки 6, установленные на валы, покрытые амортизирующим материалом, с индивидуальным приводом, смонтированным в одной горизонтальной плоскости в опорах, закрепленных на переднем и заднем бортах на уровне верхних кромок поперечных перегородок, при этом каждая продольная перегородка выполнена из размещенных между поперечными перегородками секций, которые жестко закреплены на валу с возможностью поворота из горизонтального положения вниз в вертикальное положение и фиксации в указанных положениях, а каждая секция образована рамкой, обтянутой амортизирующим материалом.



1 – днище; 2 – передний борт; 3 – задний борт; 4 – поперечные перегородки; 5 – продольные перегородки; 6 – опоры; 7 – накопитель; 8 – кронштейн; 9, 10 – кожухи.

Рисунок 1.42 – Кузов ТС для перевозки сельскохозяйственных грузов, вид сбоку



4 – поперечные перегородки; 5 – продольные перегородки; 10 – кожух; 11 – емкость; 12 – рама; 13 – пластинчатые штыри; 14 – амортизатор; I, II, III и IV – ряды платформ.

Рисунок 1.43 – Кузов ТС для перевозки сельскохозяйственных грузов, вид сверху и разрез А-А

Однако сложность и энергоемкость конструкции привода продольных перегородок в значительной степени снижают эксплуатационно-технологические характеристики самосвального кузова ТС.

### **1.7 Постановка научной проблемы и гипотезы**

Анализ работ по исследованию ВП картофеля и яблок в кузове ТС показал, что одним из факторов, в значительной мере влияющих на уровень повреждений перевозимой продукции, является плавность хода ТС, определяемая, в основном, амплитудой и частотой его колебаний.

Проведенный анализ позволил сделать вывод, что наиболее перспективным направлением повышения эксплуатационных показателей ТС является уменьшение влияния прицепа в поперечной плоскости. Решением этой проблемы является применение ТС с системой поддрессоривания грузовой платформы [9, 216, 303] и устройств для стабилизации положения ТС [176], что позволяет снизить скорости и ускорения его колебаний и соответственно величину повреждений перевозимой продукции.

В результате анализа научно-производственного опыта ВП картофеля и яблок установлена проблема недостаточной эффективности выполнения уборочно-транспортных и погрузочно-разгрузочных операций на ВП. На основе анализа существующих исследований перевозки картофеля и яблок установлено, что недостаточно изученными остаются вопросы, связанные с исследованием и разработкой конструкций ТГА с устройствами СПК и равномерной разгрузкой перевозимой продукции из их кузова для ВП.

Научная проблема – повышение производительности уборочно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ с обеспечением необходимых показателей повреждений картофеля и яблок на ВП.

В современных условиях эффективность производственных процессов определяется качеством конечного продукта, его стоимостью, что в итоге должно удовлетворять требованиям потребителя. На рисунке 1.44 показана методология совершенствования уборочно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ при ВП картофеля и яблок [195].



Рисунок 1.44 – Методология совершенствования уборочно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ при ВП картофеля и яблок [195]

Проблема состоит в том, что с одной стороны, потери картофеля и яблок при перевозках зависят от целого ряда факторов: начальных условий выращивания и сбора урожая, вида тары и упаковки продукции, способа выполнения погрузочно-разгрузочных работ, вида транспорта и режима движения и т.д. С другой стороны на качество любой сельскохозяйственной продукции оказывают существенное влияние

научно-технический уровень (технологий, машин, применяемого оборудования) и плавность хода ТС. Всесторонний анализ факторов, влияющих на повреждения картофеля и яблок, позволил сформулировать научную гипотезу.

Научная гипотеза – применение в конструкции ТТА научно-обоснованных устройств СПК обеспечивает снижение повреждений картофеля и яблок при выполнении ВП в соответствии с агротехническими требованиями и увеличении их производительности.

### **1.8 Выводы по первой главе**

Результаты анализа рассмотренных в разделе научно-исследовательских работ позволяют констатировать:

1. В результате анализа научно-производственного опыта ВП картофеля и яблок выявлена проблема недостаточной производительности выполнения уборочно-транспортных и погрузочно-разгрузочных операций при ВП. Это обусловлено особенностью сельскохозяйственных перевозок, в частности, недостаточное использование грузоподъемности ТС из-за низкой объемной массы большинства классов перевозимой продукции. В результате чего значительно возрастают подбросы навалочного груза под действием вертикальных виброускорений, что приводит к увеличению повреждений продукции.

2. Одним из основных эксплуатационных требований, предъявляемых к современному ТС для обеспечения сохранности перевозимого груза является максимальное повышение плавности хода, определяющееся, в основном, амплитудой и частотой колебаний. Для изменения амплитудно-частотной характеристики колебаний ТС применяются различного типа подвески. Однако данный путь не дает значительного снижения повреждений перевозимой продукции и не позволяет добиться экономически целесообразной производительности перевозок.



3. В результате анализа работ по исследованию стабилизации ТС при движении установлено, что движение по полям, имеющим уклон в поперечном направлении, сопровождается потерей устойчивости в горизонтальной плоскости за счет появления боковой составляющей силы тяжести и перераспределения веса по бортам ТС. В результате этого величина горизонтальной составляющей амплитуды скорости колебания кузова достигает 70...80% от уровня вертикальной, что приводит к увеличению повреждений груза, в частности картофеля и яблок. В ТС, работающих на дорогах, имеющих поперечные уклоны, наибольшее распространение получили устройства, способствующие сохранению горизонтального положения кузова. Из анализа стабилизации разгрузки установлено, что для этого часто в конструкциях ТС используются различные варианты самосвальных кузовов.

4. С целью уменьшения повреждений перевозимой продукции, путем снижения уровня поперечных и вертикальных колебаний грузовой платформы ТГА, необходимо создание и исследование устройств, способствующих сохранению прямолинейности движения по дорогам, имеющим уклон в поперечном направлении.

5. С целью обеспечения равномерной разгрузки перевозимой продукции необходимо усовершенствовать существующие самосвальные кузова для исключения явления сводообразования и получения продукции на выходе с меньшими повреждениями.

### **1.9 Задачи исследований**

На основании проведенного анализа состояния проблемы сформулированы задачи исследований.

#### **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 ТГА 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 ТГА с устройствами СПК на ВП и разгрузке продукции с учетом величин повреждений картофеля и яблок;

5) провести хозяйственные испытания ТГА 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.

## **Глава 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА С УСТРОЙСТВАМИ СПК НА ВП**

### **2.1 Особенности теоретического исследования ТТА**

Тракторно-транспортный агрегат (ТТА) представляет собой механическую систему, состоящую из большого числа элементов, соединенных различного рода связями. В процессе движения происходят перемещения его отдельных элементов друг относительно друга, влияющие в той или иной мере на общие параметры движения, а следовательно и на управляемость и устойчивость ТТА. Исследование параметров движения ТТА с учетом всех связей между его отдельными элементами представляет собой задачу значительной сложности. Поэтому при исследовании любых эксплуатационных свойств ТТА, в том числе его управляемости и устойчивости, последний заменяется расчетной моделью, в большей или меньшей степени отражающей реальный объект. Сложность расчетной модели и степень ее приближения к реальному транспортному средству диктуется рядом соображений [246].

При выборе расчетной модели, прежде всего, следует учитывать задачи исследования. Например, в тех случаях, когда нужно установить в основном качественные характеристики в целом, расчетная модель может быть весьма простой, и в ней не принимаются во внимание характеристики связей отдельных элементов с кузовом или рамой (например, характеристики подвески передних и задних колес, характеристики рулевого механизма, механизмов, распределяющих крутящий момент между колесами, и др.). При этом если требуется получить более или менее точные количественные характеристики, то часть этих характеристик, существенно влияющих на параметры движения, необходимо учитывать [246]. При чем для разных условий движения и ТС,

выполненных по различным схемам, следует учитывать многообразные связи и с неодинаковой степенью упрощения их характеристик.

Рассмотрим основные расчетные модели, применявшиеся различными авторами для исследования устойчивости и управляемости исследуемого объекта, как чисто механической системы [141].

Наиболее распространенной является расчетная модель, которую можно назвать плоской одномассовой. В этом случае объект представляется в виде двухколесной тележки. Колеса шарнирно связаны с корпусом тележки, причем одно из них (чаще всего заднее) имеет относительно корпуса только одну степень свободы - вращение относительно своей оси вращения, а другое - две степени свободы - вращение относительно той же оси и поворот относительно вертикальной оси расположенной в продольной плоскости (управляемое колесо). Ведущим является неуправляемое колесо. Обычно такая модель изображается четырехколесной. Однако каждое из двух колес оси считается нагруженным одинаковыми силами (нормальными, касательными и боковыми). Кроме того, принимают, что оба колеса каждой из осей имеют одинаковые углы увода, а оба управляемых колеса повернуты на один и тот же угол [246].

При составлении уравнений движения рассматриваются не силы, действующие на каждое из колес, а суммарные силы, действующие на оба колеса передней или задней оси. Таким образом, два колеса каждой оси сливаются как бы в одно. Подобная расчетная схема используется в качестве основной в работах Я.М.Певзнера, Е.А.Чудакова, Clyde A.W. и др.[119, 185, 233, 274, 307].

Следующий вид, принятый к рассмотрению математической модели - одномассовая плоская модель с добавлением более детального распределения всех сил действующих в плоскости на каждое отдельное колесо. При этом принимаются во внимание наклон управляемых колес в вертикальной плоскости, распределение крутящих моментов по ведущим

колесам трактора. Принципиально данная схема мало чем отличается от вышеописанной, но позволяет более детально приложить на колеса, а значит и к прицепу силы, действующие от элементов подвески звеньев, воздействия сил инерции. Наиболее подробной при рассмотрении движения системы механических тел является пространственная схема. Иногда в качестве упрощения при расчетах принимают пространственную схему для исследуемого звена, а плоские схемы для движения других звеньев. При этом, конечно же, принимается в расчет и допустимая точность решения (Разоренов Н.А. [211], Литвинов А.С. [141] и др. [196]).

Многомассовая плоская модель помогает решить уже гораздо больше задач, но все же не позволяет объективно определять такие качественные параметры, как плавность хода, спектр ускорений всех материальных точек механической системы и т.д. [246].

Многомассовая пространственная механическая система позволяет качественно по-другому решать многие задачи для определения свойств элементов подвески, прочностных расчетов рам и других элементов, определять влияние параметров подвески упругой системы «дорога-колесо-подрессоренная часть» на плавность, равномерность движения, эксплуатационные качества. При этом возникают трудности при моделировании поверхности, по которой происходит движение всех элементов механической системы. Часто поверхность моделируется для узкого круга задач в виде закона изменения координат относительно главной координатной системы. Так во время движения всей механической системы с последовательным прохождением всеми ее звеньями неровности берется воздействие от одной отдельно взятой неровности (обычно параметры неровностей при моделировании экспериментов меняют по значению) [246].

Однако уже А.А. Хачатуровым [264] и некоторыми другими исследователями [282] применяется вероятностная модель поверхности и всех неровностей на ней. Поверхность задается координатами с

использованием вероятностного закона распределения высот, ширины неровностей случайным образом и описывается несколькими параметрами (спектральные плотности высоты неровностей и их радиусов).

## 2.2 Определение допустимой скорости колебаний кузова

Для того чтобы при ВП картофеля и яблок в кузове не происходило их повреждений выше требуемого по агротехническим требованиям уровня необходимо выполнение условия [39]:

$$V_{\text{доп}} \geq V_{\text{ГП}}, \quad (2.1)$$

где  $V_{\text{доп}}$  — допустимая скорость при ударе картофеля и яблок о материал пола кузова, м/с;  $V_{\text{ГП}}$  — скорость колебаний грузовой платформы ТТА при ВП картофеля и яблок, м/с.

Для определения  $V_{\text{доп}}$  воспользуемся следующим выражением:

$$E_{\text{кин}} = \frac{m_{\text{к}} \cdot V_{\text{доп}}^2}{2}, \quad (2.2)$$

где  $m_{\text{к}}$  — средняя масса перевозимой продукции, кг;  $E_{\text{кин}}$  — максимальная кинетическая энергия, при которой повреждения не превышают агротехнических требований, Дж.

Так, например, согласно [270] кинетическая энергия соударения яблок друг с другом для сорта Антоновка обыкновенная  $E_{\text{кин.ябл.}}=0,092$  Дж, для сорта Пепин шафранный  $E_{\text{кин.ябл.}}=0,102$  Дж, а при соударении их со стальной пластиной соответственно  $E_{\text{кин.ябл.}}=0,076$  Дж и  $E_{\text{кин.ябл.}}=0,086$  Дж. Согласно [100, 150, 268], принимаем работу деформации клубня картофеля, при которой уровень повреждений в ворохе не превышает 4%, равной  $W_{\text{г.кл.}} = 0,17$  Дж — при падении на деревянную поверхность и  $W_{\text{г.кл.}} = 0,095$  Дж — на металлическую поверхность.

Тогда согласно закону сохранения энергии запишем [39]:

$$W_{\text{г.кл.}} = E_{\text{кин.кл.}} \text{ и } W_{\text{г.ябл.}} = E_{\text{кин.ябл.}}, \quad (2.3)$$

где  $E_{\text{кин.ябл.}}$  и  $E_{\text{кин.кл.}}$  — максимальная кинетическая энергия соударения яблок и картофеля друг с другом, при которой повреждения

яблоку и клубней картофеля не превышают агротехнических требований, Дж;  $W_{г.кл.}$  и  $W_{г.ябл.}$  допустимая работа деформации клубня картофеля и яблока при падении на поверхность, при которой уровень повреждений в ворохе не превышает 4% и 5% соответственно, Дж.

Выразив  $V_{доп}$  из выражения (2.2), с учетом (2.3), получим следующее выражение для определения допустимой скорости:

$$V_{доп} = \sqrt{\frac{E_{кин} \cdot 2}{m_k}} = \sqrt{\frac{W_g \cdot 2}{m_k}} \quad (2.4)$$

Например, для плодов сорта Антоновка обыкновенная массой  $m_k=0,108$  кг и сорта Пепин шафранный массой  $m_k=0,064$  кг, получим  $V_{доп}=1,305$  м/с и  $1,79$  м/с соответственно при падении на деревянную поверхность,  $V_{доп}=1,19$  м/с и  $1,64$  м/с при падении на металлическую поверхность; для клубней картофеля массой  $m_k = 0,06$  кг, получим  $V_{доп}=2,38$  м/с при падении на деревянную поверхность,  $V_{доп}=1,78$  м/с при падении на металлическую поверхность. Таким образом, с учетом (2.1) условием не повреждения перевозимой продукции является условие: для сорта Антоновка обыкновенная  $V_{гп} \leq 1,305$  м/с (для деревянных кузовов) и  $V_{гп} \leq 1,19$  м/с (для металлических кузовов); для сорта Пепин шафранный  $V_{гп} \leq 1,79$  м/с (для деревянных кузовов) и  $V_{гп} \leq 1,64$  м/с (для металлических кузовов); для картофеля  $V_{гп} \leq 2,38$  м/с (для деревянных кузовов) или  $V_{гп} \leq 1,78$  м/с (для металлических кузовов) [39].

При движении вдоль уклона ТС уводит вниз по склону. Водитель начинает подруливать. В результате поворота водителем рулевого колеса с целью изменения направления движения, груз начинает «встряхиваться», т.е. появляются боковые скорости и ускорения, которые являются частью общей скорости колебаний грузовой платформы транспортного агрегата  $V_{гп}$ , что оказывает влияние на повреждение груза. При движении транспортного агрегата по полю неровности заставляют его колебаться, тем самым также возникают предпосылки к повреждениям груза. Помимо этого на повреждения перевозимой продукции влияет режим движения ТС:

резкое трогание или торможение также будут способствовать дополнительным повреждениям продукции.

С учетом вышеуказанного, общая скорость колебаний грузовой платформы ТГА  $V_{ГП}$ , при которых появляются повреждения перевозимой продукции, в частности картофеля и яблок, определяется из выражения:

$$V_{ГП} = \sqrt{\dot{X}^2 + \dot{Y}^2 + \dot{Z}^2}, \quad (2.5)$$

где  $\dot{X}$  - продольная составляющая общей скорости колебаний кузова в наиболее удаленных от центра масс точках грузовой платформы, м/с;  $\dot{Y}$  — горизонтальная составляющая общей скорости колебаний кузова в наиболее удаленных от центра масс точках грузовой платформы, м/с;  $\dot{Z}$  — вертикальная составляющая общей скорости колебаний кузова в наиболее удаленных от центра масс точках грузовой платформы, м/с.

Из выражения (2.5) видно, что скорость колебаний грузовой платформы, вызывающая повреждение перевозимого груза, имеет три составляющие: вертикальную, горизонтальную (направленную поперёк движения транспортного агрегата) и продольную. Если при определении скорости колебаний грузовой платформы не учитывать горизонтальную составляющую, как указывалось ранее, а она может составлять 70...80% от уровня вертикальной [216, 294], то полученная из выражения (2.5) скорость колебаний будет в 1,22...1,28 раз меньше фактической. Следовательно, при текущей скорости движения ТГА повреждений перевозимой продукции будет больше, чем ожидается в результате расчета. Поэтому при определении скорости колебаний грузовой платформы, при которой повреждения картофеля и яблок в кузове не превысят допустимого, нельзя не учитывать колебания ТГА в горизонтальной плоскости (приложение К). Продольная составляющая должна учитываться только при следующих условиях движения ТС: резком трогании или торможении [294].



## **2.3 Теоретические исследования влияния микропрофиля дороги на повреждения картофеля и яблок в кузове ТГА**

Одной из наиболее сложных особенностей перевозок в сельском хозяйстве являются сложные дорожные условия. Кузов ТС под воздействием неровностей междурядий (и прочих дорожных покрытий) совершает сложное колебательное движение, величина ускорения которых достигает  $3,5g$  ( $g$  – ускорение свободного падения), что приводит к повреждениям груза, снижению долговечности транспортного агрегата и повышенной утомляемости водителя [10].

Основной причиной, вызывающей колебания рабочих органов машин для работы с плодовыми насаждениями и на картофельных плантациях, являются неровности междурядий. Для качественной и количественной оценки колебательных процессов машин необходимо знать не только данные ее характеристики, но и показатели источника возмущений [23].

При заданной скорости движения основные и достаточно полные данные для построения спектра воздействия на ТГА дает замер микропрофиля междурядий. На качество технологического функционирования и надежность машин при уборке яблок основное влияние оказывает поперечный микропрофиль междурядий сада.

Прочность, износостойкость и долговечность некоторых агрегатов ТС (подвески, рулевого управления, балок мостов, рамы и кузова) в основном зависят от характера покрытия дороги, на которой оно эксплуатируется [70]. Для оценки воздействия внешней нагрузки на ТС необходимо иметь представление о микропрофиле дороги. Кроме того, надо установить минимальную протяженность испытательного пробега, чтобы получить достоверные результаты.

Под микропрофилем дороги понимаются такие неровности, которые вызывают колебания машины (без учета неподрессоренных масс) на

элементах подвески. Неровности дороги, не вызывающие колебаний подвески и гасящиеся в шине, при оценке микропрофиля дороги не принимаются во внимание. Практически колебания подвески вызываются дорожными неровностями, длина которых находится в пределах 0,2-0,5 м [171].

Многочисленные исследования микропрофилей дорог показали, что неровности можно рассматривать, как случайный стационарный процесс, обладающий эргодичностью, а эмпирическое распределение ординат и экстремумов высот неровностей показывает, что закономерности их изменения близки к нормальным [171].

В табл. 2.1 на основании измерений неровностей различных дорог приведены данные НАМИ по пределам изменения дисперсии  $S_x^2$  и среднего квадратического отклонения микропрофиля  $S_x$  дорог основных типов.

Характеристики автомобильных дорог можно определять прямым и косвенным способами.

Таблица 2.1 – Характеристика микропрофиля дорог с различным покрытием [70]

Дорожные покрытия	Дисперсия $S_x^2$ в $см^2$	Среднее квадратическое отклонение $S_x$ в см
Булыжное в плохом состоянии	6,25-10,76	2,50-3,28
Грунтовое*	4,75	2,18
Булыжное в удовлетворительном состоянии	1,82-5,24	1,35-2,29
Асфальтовое	0,64-1,59	0,8-1,26
Цементобетонное	0,25-1,54	0,50-1,24

\*получены экспериментальными данными при использовании прямого метода (по данным НАМИ).

Косвенным способом определяют статистические характеристики дорог по результатам их воздействия на автомобиль как динамическую систему с заданными параметрами.

В НАМИ был исследован процесс относительных вертикальных колебаний кузова и колес задней зависимой подвески легкового автомобиля при его движении с заданными постоянными скоростями по дорогам разных категорий [70]. На основании анализа процессов колебаний определен характер микропрофиля дорог и установлена соответствующая корреляционная функция. Поскольку корреляционная функция и спектральная плотность связаны между собой преобразованием Фурье, то по виду корреляционной функции микропрофиля дороги можно определить ее спектральную плотность. Обычно принимают, что корреляционная функция микропрофиля дороги с учетом движения автомобиля имеет вид [70]

$$K_q(\tau_k) = K_q(0) \cdot e^{-\alpha_2 v_a |\tau_k|} \cdot \cos \beta_2 v_a \tau_k, \quad (2.6)$$

где  $K_q(0) = S_x^2$  – дисперсия микропрофиля дороги;  $\alpha_2$  и  $\beta_2$  – коэффициенты, характеризующие соответственно степень нерегулярности и скрытую периодичность, имеющиеся в микропрофиле дороги при скорости автомобиля  $v_a = 1$  м/с;  $\tau_k$  – время.

Параметры корреляционной функции микропрофиля булыжной дороги среднего качества имеют следующие значения:

$$K_q(0) = 2,89 \text{ см}^2; \alpha_2 = 0,32 \text{ м}^{-1} \text{ и } \beta_2 = 0,64 \text{ м}^{-1} [70].$$

Зная свойства подвески ТС, как передаточной динамической системы, через квадрат модуля передаточной функции относительно вертикальных перемещений кузова и колес задней подвески конкретной модели можно определить спектральную плотность процесса их относительных вертикальных перемещений при движении с различными постоянными скоростями по дороге выбранного вида и качества. Определенные таким способом статистические характеристики микропрофиля дорог в какой-то степени отличаются от их истинных статистических характеристик, поскольку часть неровностей дорог сглаживается из-за конечного радиуса колеса автомобиля и вследствие

отрыва его от поверхности микропрофиля при движении с большой скоростью. Однако это не существенно, так как в данном случае представляет интерес не полная статистическая характеристика всего микропрофиля дороги, а только та его часть, которая непосредственно воздействует на подвеску.

Нами для получения характеристик микропрофиля междурядья яблоневого сада был использован прямой метод, основанный на применении измерительных средств, в данном случае нивелира. В производственных условиях были замерены отклонения неровностей десяти междурядий по высоте от условной горизонтальной плоскости с фиксированием этих отклонений через 0,1-0,3 м. На рис. 2.1 представлен пример поперечного микропрофиля одного из междурядий яблоневого сада [171].



Рисунок 2.1 - Микропрофиль междурядья яблоневого сада

При математическом моделировании неровностей междурядий получаем реализацию случайной функции  $H(S)$  от пути  $S$ . Чтобы перейти от случайной функции  $H(S)$ , описывающей микропрофиль междурядья, к случайной функции воздействия этого микропрофиля на сельскохозяйственный агрегат, необходимо разделить горизонтальную координату  $S$  на скорость движения  $v$ . В этом случае ось абсцисс будет осью времени  $t$ , а случайная функция воздействия  $H(t)$  — функцией времени [172]. При скорости  $v = 1$  м/с значения функции микропрофиля междурядья совпадают со значениями функции воздействия.

При обработке микропрофилей междурядий были получены дискретные случайные величины по распределению высоты неровностей. Средствами табличного процессора Microsoft Excel были определены числовые характеристики найденных случайных величин: математическое ожидание  $M(H)$ , дисперсия  $D(H)$  и среднее квадратическое отклонение  $\sigma(H)$ . Обобщенная высота (в данном случае представляет собой условно принятую величину, равную величине отклонения микропрофиля междурядья по высоте от условной горизонтальной плоскости (плоскость проводим так, чтобы не было отрицательных высот неровностей, т.е. через дно самой глубокой впадины)) неровностей междурядий имеет следующие числовые характеристики:

$$M(H)=7,01 \text{ см}; D(H)=5,23 \text{ см}^2; \sigma=2,29 \text{ см}.$$

В значительной степени поведение случайного процесса во времени характеризуется его корреляционной функцией, которая представляет собой смешанный момент второго порядка двумерного распределения [46], т.е.

$$R(\tau)=M[H(t)H(t+\tau)] \quad (2.7)$$

Уравнение (2.7) справедливо для центрированной случайной функции  $\overset{\circ}{H}(t)$ , у которой математическое ожидание равно нулю:  $M[H(t)]=0$ . Иначе говоря, выражение (2.7) определяет корреляционную функцию флюктуации микропрофиля междурядья. Для стационарного случайного процесса она зависит только от разности значений времени  $\tau = t_i - t_1$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ).

Для сравнительного анализа удобнее использовать безразмерные величины. В теории корреляции в качестве такой безразмерной величины пользуются нормированной корреляционной функцией  $\rho(\tau)$ , которую называют еще коэффициентом корреляции (рис. 2.2):

$$\rho(\tau)=\frac{R(\tau)}{R(0)}=\frac{M[H(t)H(t+\tau)]}{M[H^2(t)]} \quad (2.8)$$

Поскольку корреляционная функция случайного процесса является функцией не случайной, то она с большой степенью точности может быть аппроксимирована некоторой функциональной зависимостью [46]. В частности, корреляционную функцию воздействия микропрофиля на сельскохозяйственный агрегат можно аппроксимировать функцией вида

$$\rho(\tau) = e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta\tau, \quad (2.9)$$

где  $\alpha, \beta$  – параметры корреляционной функции, имеющие различные значения при каждой реализации случайного процесса,  $c^{-1}$ .

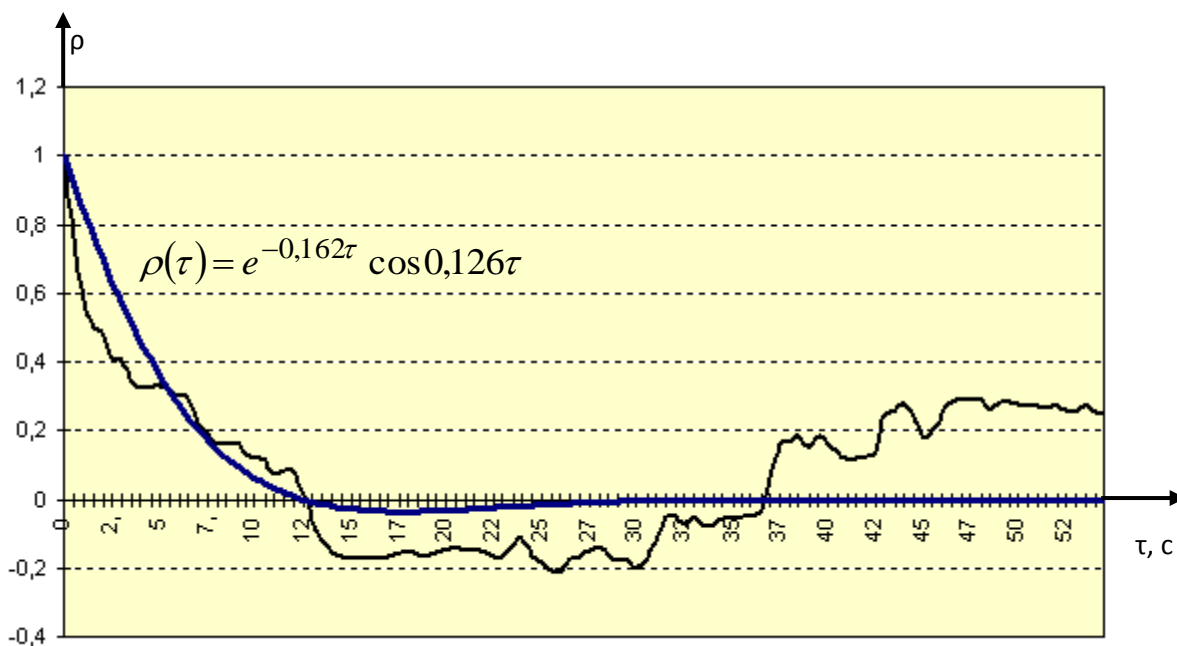


Рисунок 2.2 - Нормированная корреляционная функция микропрофиля междуружья и аппроксимирующая ее кривая

Коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  функции, аппроксимирующей нормированную корреляционную функцию, представленную на рис. 2.2, выбирались методом наименьших квадратов с учетом условия минимума остаточной дисперсии.

Для учета скорости движения коэффициенты  $\alpha, \beta$  при единичной скорости ( $v=1$  м/с) умножают на заданную скорость  $v$ , т.е.

$$\alpha_v = \alpha \cdot v, \quad \beta_v = \beta \cdot v.$$

Отрезок на оси абсцисс от начала координат до точки пересечения с кривой нормированной корреляционной функции представляет собой время корреляционной связи значений случайной функции. Как видно из рисунка 2.2, при единичной скорости движения время корреляционной связи составляет  $\tau_{01} = 12,5$  с.

Время корреляционной связи  $\tau_0$  для любой скорости движения можно определить по формуле

$$\tau_0 = \frac{\tau_{01}}{v}, \quad (2.10)$$

где  $\tau_{01}$  - время корреляционной связи при скорости движения  $v = 1$  м/с;  $v$  - любая другая скорость движения, м/с.

Из полученных данных [172] следует, что поперечный микропрофиль обладает малыми дисперсией  $R(0) = 5,51$  см<sup>2</sup> и временем корреляционной связи. Поэтому коэффициенты корреляционной связи имеют сравнительно большие значения ( $\alpha = 0,162$  с<sup>-1</sup>;  $\beta = 0,126$  с<sup>-1</sup>).

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что микропрофиль дороги оказывает непосредственное влияние на колебания кузова ТГА и соответственно на перевозимую продукцию, в частности картофель и яблоки, что приводит к дополнительным её повреждениям при движении ТГА по междурядьям.

#### **2.4 Разработка математической модели движения ТГА с устройством СПК**

Известно [106], что скорость движения транспортных поездов зачастую ограничивается недостаточной поперечной устойчивостью. В большинстве случаев пониженный запас поперечной устойчивости против бокового опрокидывания по сравнению с тягачами имеют ТГА, так как конструкция их подвески допускает значительный крен грузовой платформы в направлении действия боковых сил при движении на

повороте и поперек склона. Необходимо принять во внимание и тот факт, что полностью груженный ТГА имеет большую массу по сравнению с тягачом, при этом центр масс ТГА расположен выше центра масс тягача [106].

ТГА можно рассматривать как движущуюся механическую систему твердых тел, имеющих между своими звеньями определенные связи: динамические, кинематические, сигналы управления [215, 304].

На движущийся ТГА, как сложную механическую систему, непрерывно воздействует целый ряд факторов (входных воздействий): природные условия, обусловленные уклоном участка дороги, микрорельефом поверхности поля (этот фактор носит в основном случайный характер) и др.; техническое состояние ТС; поведение водителя, его психоэмоциональное состояние, квалификация и т.д.; возмущающих основное движение воздействий, на которые система отвечает определённой «реакцией». Причём, «реакция» системы происходит в результате преобразования входных воздействий, что и характеризует динамические свойства агрегата [266].

Действие возмущающих факторов может повлечь значительное увеличение количества повреждений перевозимой продукции в результате возникновения резонансных явлений при движении ТГА. На наш взгляд, при установлении возможности наступления резонанса наиболее целесообразно применение теории устойчивости движения [246].

В теории устойчивости известны различные подходы и различные критерии, позволяющие судить об устойчивости или неустойчивости движения.

Э. Раут, как и Н.Е. Жуковский [99], пользуется понятиями основного и возмущенного движения, т.е. движения, обусловленного изменением начальных условий, либо возмущениями, вызываемыми совместным влиянием начальных возмущений и непрерывно действующих возмущающих сил. Но по Рауту независимой переменной является время  $t$ .



При этом он принимает, что если возмущения, бывшие малыми в начальный момент времени, остаются малыми и при дальнейшем движении, то такое движение является устойчивым.

По А.М. Ляпунову [144] возникновение возмущенного движения объясняется лишь изменением координат и скоростей точек в начальный момент времени, а не действием возмущающих сил. Этим отличается понятие о возмущенном движении в теории Ляпунова от более распространенного понятия возмущенного движения, обусловленного действием возмущающих сил.

На наш взгляд, для оценки устойчивости движения ТГА необходимо, в первую очередь, изучить его движение (невозмущенное) под действием приложенных сил. Неудобство данного метода заключается в том, что уравнения движения ТГА получаются очень сложными по структуре как в не линейной, так и в линейной форме. Большое значение для упрощения уравнений имеет выбор математического метода описания движения [267]. Для практического использования при описании сложных систем с несколькими степенями свободы наиболее удобным является метод с использованием уравнения Лагранжа второго рода. Удобство этого метода заключается, прежде всего в том, что уравнения Лагранжа второго рода не содержат реакций идеальных связей, вариации обобщенных координат не зависят друг от друга и, кроме того, для расчета не требуется определять ускорения компонентов системы, что часто очень затруднительно [268].

Для получения математической модели принимаем следующие допущения:

- остов, рама, подвеска и оси колес ТГА считаются абсолютно жесткими;
- ТГА движется при ВП с постоянной скоростью;
- жесткости шин правой и левой сторон на каждой из осей ТГА 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 поддресоренными.

Кроме того, при исследовании некоторых параметров могут оговариваться дополнительные допущения и исключаться указанные выше.

В соответствии с принятыми допущениями ТТА, перемещающийся при ВП, совершает следующие виды движения (рисунок 2.3), влияющие на повреждения перевозимой продукции:

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 (виляние) –  $\varphi$ ;

поворот ТТА вокруг поперечной оси (галомирование) –  $\psi$ ;

поворот ТТА вокруг продольной оси (покачивание) –  $\theta$ ;

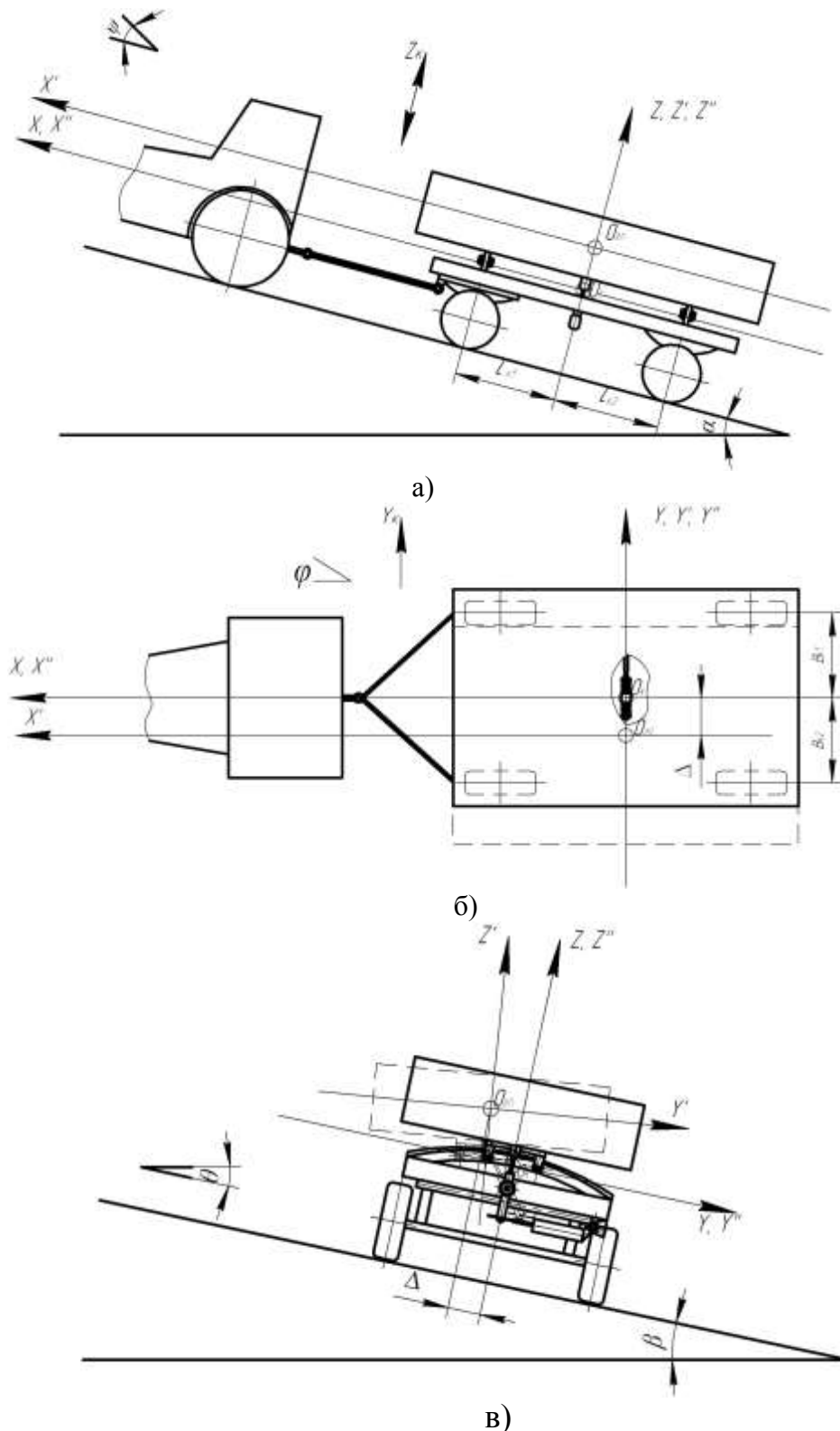
Следует отметить, что выбор обобщённых координат произволен.

#### *2.4.1 Выбор системы отсчета и обобщенных координат*

Из механики известно, что движение свободного твёрдого тела может быть описано с помощью шести обобщённых координат, например, трёх линейных координат одной из точек тела (удобнее всего брать координаты центра масс) и трёх угловых координат (углов Эйлера), определяющих положение твёрдого тела в системе координат, связанной с одной из точек тела.

Применительно к ТТА с устройством СПК, движущемуся по полевым грунтовыми дорогам, возьмём две системы координат. Одна

система координат  $X' Y' Z'$  – подвижная с началом в центре масс грузовой платформы (рисунок 2.3).



а) в продольно-вертикальной плоскости; б) в горизонтальной плоскости; в) в поперечно-вертикальной плоскости.

Рисунок 2.3 - Система отсчета и основные геометрические параметры ТТА с устройством СПК

Эту систему координат тесно 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  $O_k$ , движется вместе со своей рамой поступательно вдоль оси OX. Будем считать, что система координат XYZ движется вместе с ТС равномерно со скоростью  $V_k$ . 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 ТТА подвижная система координат  $X'Y'Z'$  отклонится. Как известно, положение осей  $X'Y'Z'$ , соответствующее конечному положению по отношению к первоначальному, может быть определено тремя независимыми параметрами, называемыми Эйлеравыми углами. Указанные углы независимы в том смысле, что каждый из них может быть изменён без изменения остальных углов. Так как эти углы в каждый данный момент времени могут характеризовать положение кузова ТТА, то они могут быть его обобщёнными координатами. Согласно принятым видам движения ТТА с устройством СПК в выбранных системах отсчёта, положение подвижной системы координат относительно системы координат неизменного направления XYZ будет определяться линейными координатами  $X_k, Z_k$  и  $Y_k$  полюса  $O_k$  и значениями косинусов углов  $\alpha_{ij}$  ( $ij=1, 2, 3$ ) между осями.

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.

В качестве обобщённых координат помимо  $X_k, Z_k$  и  $Y_k$ , приняты углы поворота  $\varphi, \psi$  и  $\theta$ , которые отсчитываются от соответствующих осей. Выразим координаты  $X', Y', Z'$ , через  $X, Y$  и  $Z$

$$\begin{cases} X' = X'' - \Delta \cdot \cos \psi \cdot \cos \varphi; \\ Y' = Y'' \cdot \cos \beta + \Delta \cdot \cos \beta; \\ Z' = Z'' \cdot \cos \beta - \Delta \cdot \cos \beta \end{cases} \quad (2.11)$$

В свою очередь

$$\begin{cases} X'' = X \cdot \cos \psi \cdot \cos \varphi + Y \cdot \sin \varphi \cdot \cos \psi - Z \cdot \sin \psi \cdot \cos \varphi; \\ Y'' = -X \cdot \sin \varphi \cdot \cos \psi + Y \cdot \cos \varphi \cdot \cos \theta + Z \cdot \sin \theta \cdot \cos \psi; \\ Z'' = X \cdot \sin \psi \cdot \cos \theta - Y \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi + Z \cdot \cos \theta \cdot \cos \psi \end{cases} \quad (2.12)$$

Подставив координаты  $X'', Y'', Z''$  в выражение (2.11) получим:

$$\begin{cases} X' = X \cdot \cos \psi \cdot \cos \varphi + Y \cdot \sin \varphi \cdot \cos \psi - Z \cdot \sin \psi \cdot \cos \varphi - \Delta \cdot \cos \psi \cdot \cos \varphi; \\ Y' = -X \cdot \sin \varphi \cdot \cos \psi \cdot \cos \beta + Y \cdot \cos \varphi \cdot \cos \theta \cdot \cos \beta + \\ + Z \cdot \sin \theta \cdot \cos \psi \cdot \cos \beta + \Delta \cdot \cos \beta; \\ Z' = X \cdot \sin \psi \cdot \cos \theta \cdot \cos \beta - Y \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta + \\ + Z \cdot \cos \theta \cdot \cos \psi \cdot \cos \beta - \Delta \cdot \cos \beta \end{cases} \quad (2.13)$$

Приняв во внимание малость изменения углов  $\theta, \psi$  и  $\varphi$ , можно написать:

$$\cos \theta = 1; \quad \cos \psi = 1; \quad \cos \varphi = 1$$

$$\sin \theta = \theta; \quad \sin \psi = \psi; \quad \sin \varphi = \varphi$$

Тогда система (2.13) имеет вид:

$$\begin{cases} X' = X + Y \cdot \varphi - Z \cdot \psi - \Delta; \\ Y' = -X \cdot \varphi \cdot \cos \beta + Y \cdot \cos \beta + Z \cdot \theta \cdot \cos \beta + \Delta \cdot \cos \beta; \\ Z' = X \cdot \psi \cdot \cos \beta - Y \cdot \theta \cdot \cos \beta + Z \cdot \cos \beta - \Delta \cdot \cos \beta \end{cases} \quad (2.14)$$

Радиус-вектор любой точки  $M$  в системе  $(OX'Y'Z')$ , связан с системой  $(OXYZ)$  по формуле:

$$\vec{\rho}_m = \vec{\rho}_o + O\vec{M}, \quad (2.15)$$

где  $\vec{\rho}_m$  - радиус-вектор точки  $M$  относительно системы  $(OXYZ)$ ;  $\vec{\rho}_o$  - радиус-вектор точки  $O$  центра масс ТГА относительно системы  $(OXYZ)$ ;  $O\vec{M}$  - радиус-вектор точки  $M$  в системе  $(OX'Y'Z')$ .

В проекциях на оси  $OX, OY, OZ$  получим:

$$\begin{cases} X = X_k + \alpha_{11} \cdot X' + \alpha_{12} \cdot Y' + \alpha_{13} \cdot Z'; \\ Y = Y_k + \alpha_{21} \cdot X' + \alpha_{22} \cdot Y' + \alpha_{23} \cdot Z'; \\ Z = Z_k + \alpha_{31} \cdot X' + \alpha_{32} \cdot Y' + \alpha_{33} \cdot Z' \end{cases} \quad (2.16)$$

Система координат выбрана так, что  $X=0$ . С учетом косинусов углов между осями выражение (2.16) запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} X = X_k + X' - \varphi \cdot Y' + \psi \cdot Z' + \Delta; \\ Y = Y_k + \varphi \cdot X' + Y' / \cos \beta - \theta \cdot Z' - \Delta; \\ Z = Z_k - \psi \cdot X' + \theta \cdot Y' + Z' / \cos \beta + \Delta \end{cases} \quad (2.17)$$

Соотношения (2.17) назовем уравнениями связи координат. Они позволяют перейти с одной системы отсчета в другую. С помощью уравнений связи можно определить координаты  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  в любой точке ТТА с устройством СПК при его колебаниях относительно обобщённых координат  $X_k$ ,  $Z_k$ ,  $Y_k$ ,  $\psi$ ,  $\varphi$  и  $\theta$ .

#### 2.4.2 Математическая модель движущегося по полю ТТА с устройством СПК

Для составления дифференциальных уравнений движения ТТА с устройством СПК воспользуемся уравнением Лагранжа второго рода:

$$Q_{qi} = \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} - \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i}, \quad (2.18)$$

где  $Q_{qi}$  – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате, Н;  $T$  – кинетическая энергия системы, Дж;  $Q_i = \frac{\partial \Pi}{\partial q_i}$  – обобщенная сила, от сил, действующих на систему имеющих потенциал (сила тяжести, сила упругости), Н;  $\Pi$  – потенциальная энергия, Дж;  $\Phi = \frac{1}{2} \beta_r \cdot \dot{q}_i^2$  – диссипативная функция (функция Рэлея),  $\frac{H \cdot m}{c}$ ;  $\beta_r$  – коэффициент сопротивления демпфирования,  $\frac{H}{m}$ ;  $q_i$  – обобщенная координата, м;  $\dot{q}_i$  – обобщенная скорость, м/с.

Как видно из выражения (2.18) для составления уравнений Лагранжа второго рода, необходимо определить потенциальную и кинетическую

энергии ТТА, установить функцию Рэлея и значения обобщённых сил, соответствующих выбранным обобщённым координатам.

Кинетическая энергия одиночного ТТА с устройством СПК складывается из кинетической энергии поступательно движущихся масс и кинетической энергии вращающихся масс, которая, в свою очередь, включает две составляющие: кинетическую энергию поворотов ТТА и кинетическую энергию вращения колес [275], т.е.

$$T_{TC} = \frac{m_{np} \cdot V_k^2}{2} + \frac{I_{kX'} \cdot \dot{\theta}^2}{2} + \frac{I_{kY'} \cdot \dot{\psi}^2 \cdot \cos^2 \beta}{2} + \frac{I_{kZ'} \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot \cos^2 \beta}{2} + \frac{I_{кол} \cdot \omega_{кол}^2}{2}, \quad (2.19)$$

где  $m_{np}$  — полная масса ТТА с грузом, кг;  $V_k$  — скорость поступательного движения ТТА, м/с;  $I_{kX'}$  — момент инерции ТТА относительно оси  $X'$ ,  $кг \cdot м^2$ ;  $I_{kY'}$  — момент инерции ТТА относительно оси  $Y'$ ,  $кг \cdot м^2$ ;  $I_{kZ'}$  — момент инерции ТТА относительно оси  $Z'$ ,  $кг \cdot м^2$ ;  $I_{кол}$  — момент инерции колеса относительно оси вращения,  $кг \cdot м^2$ ;  $\omega_{кол}$  — частота вращения колеса при движении, 1/с;  $\beta$  — угол поперечного уклона поверхности поля, рад.

При малом угле  $\beta$  поперечного уклона поверхности поля  $\cos \beta = 1$ .

Скорость поступательного движения ТТА с устройством СПК можно представить в следующем виде:

$$V_k = \dot{X}_k + \dot{Y}_k + \dot{Z}_k \quad (2.20)$$

Частоту вращения колес определяем из выражения:

$$\omega_{кол} = \frac{V_k}{r_k}, \quad (2.21)$$

где  $V_k$  — скорость прямолинейного движения ТТА с устройством СПК по полю, м/с;  $r_k$  — радиус колеса ТТА, м.

Подставив (2.20) и (2.21) в исходное выражение (2.19), получаем:

$$T_{TC} = \frac{m_{np} \cdot \left( \dot{X}_k^2 + \dot{Y}_k^2 + \dot{Z}_k^2 \right)}{2} + \frac{I_{kX'} \cdot \dot{\theta}^2}{2} + \frac{I_{kY'} \cdot \dot{\psi}^2 \cdot \cos^2 \beta}{2} + \frac{I_{kZ'} \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot \cos^2 \beta}{2} + \frac{I_{кол} \cdot V_{TC}^2}{2 \cdot r_k^2} \quad (2.22)$$

Продифференцируем выражение (2.22) по обобщенным координатам и по времени:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{X}_k} = m_{np} \cdot \dot{X}_k; \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{X}_k} \right) = m_{np} \cdot \ddot{X}_k \quad (2.23)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{Y}_k} = m_{np} \cdot \dot{Y}_k; \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{Y}_k} \right) = m_{np} \cdot \ddot{Y}_k \quad (2.24)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{Z}_k} = m_{np} \cdot \dot{Z}_k; \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{Z}_k} \right) = m_{np} \cdot \ddot{Z}_k \quad (2.25)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}} = I_{\kappa X'} \cdot \dot{\theta}; \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}} \right) = I_{\kappa X'} \cdot \ddot{\theta} \quad (2.26)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} = I_{\kappa Y'} \cdot \dot{\psi} \cdot \cos^2 \beta; \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} \right) = I_{\kappa Y'} \cdot \ddot{\psi} \cdot \cos^2 \beta \quad (2.27)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}} = I_{\kappa Z'} \cdot \dot{\phi} \cdot \cos^2 \beta; \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}} \right) = I_{\kappa Z'} \cdot \ddot{\phi} \cdot \cos^2 \beta \quad (2.28)$$

Потенциальную энергию представим как сумму потенциальных энергий силы тяжести и упругих сил подрессоривания всего прицепа и грузовой платформы (кузова) ТГА с устройством СПК:

$$P = P_1 + P_{np} + P_{\kappa}, \quad (2.29)$$

где  $P_1$  — потенциальная энергия силы тяжести, Дж;  $P_{np}$  — потенциальная энергия упругих сил подрессоривания всего прицепа, Дж;  $P_{\kappa}$  - потенциальная энергия упругих сил подрессоривания кузова ТГА, Дж.

Потенциальная энергия силы тяжести определяется по формуле:

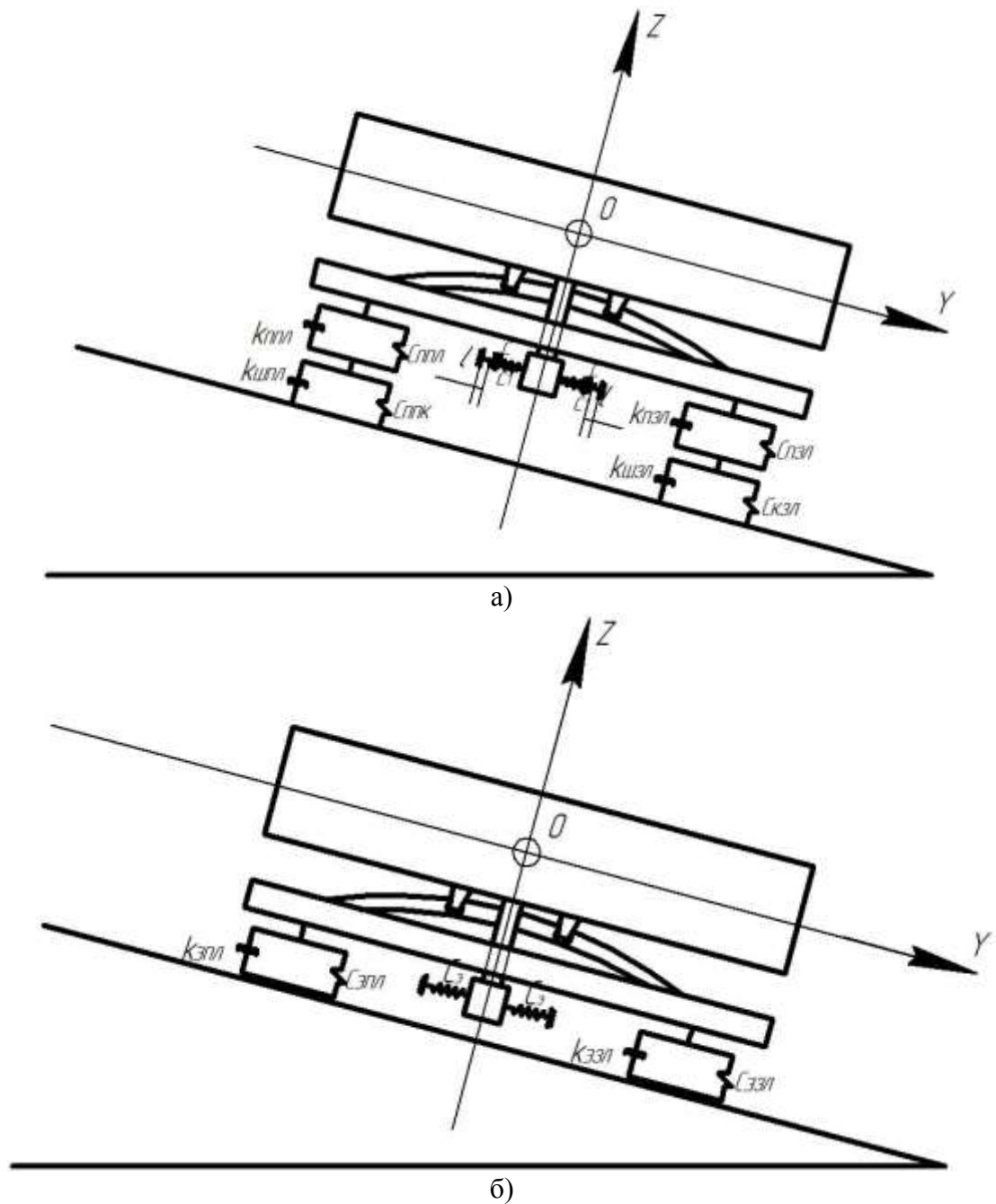
$$P_1 = G_{np} \cdot Z_{\kappa} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta, \quad (2.30)$$

где  $G_{np}$  — сила тяжести ТГА, Н;  $\alpha$  — угол продольного уклона поверхности поля, рад;  $\beta$  — угол поперечного уклона поверхности поля, рад.

Для подсчёта  $P_{np}$  и  $P_{\kappa}$  составим схему системы подрессоривания ТГА (рисунок 2.4, а). При этом схема действительной подвески заменяется эквивалентной (рисунок 2.4, б) так, чтобы деформация рессор была направлена по оси OZ, а деформация группы комбинированных упругих



элементов по оси  $OY$  так, чтобы суммарное действие вертикальных и горизонтальных сил передаваемых на кузов в обеих схемах было одинаковым.



а) действительная схема поддрессоривания; б) эквивалентная схема поддрессоривания.

Рисунок 2.4 - Система поддрессоривания ТТА с устройством СПК

Потенциальная энергия упругих сил поддрессоривания всего прицепа определяется из выражения:

$$P_{np} = \frac{1}{2} \cdot (C_{\text{ЭПЛ}} \cdot \Delta Z_{\kappa 1}^2 + C_{\text{ЭПП}} \cdot \Delta Z_{\kappa 2}^2 + C_{\text{ЭЗЛ}} \cdot \Delta Z_{\kappa 3}^2 + C_{\text{ЭЗП}} \cdot \Delta Z_{\kappa 4}^2), \quad (2.31)$$

где  $C_{\text{ЭПЛ}}$  — эквивалентная жесткость системы подвеска-шина левого переднего колеса, Н/м;  $C_{\text{ЭПП}}$  — эквивалентная жесткость системы подвеска-шина правого переднего колеса, Н/м;  $C_{\text{ЭЗЛ}}$  — эквивалентная жесткость системы подвеска-шина левого заднего колеса, Н/м;  $C_{\text{ЭЗП}}$  — эквивалентная жесткость системы подвеска-шина правого заднего колеса, Н/м;

$\Delta Z_{\kappa 1}$ ;  $\Delta Z_{\kappa 2}$ ;  $\Delta Z_{\kappa 3}$ ;  $\Delta Z_{\kappa 4}$  — полная деформация системы подвеска-шина правого переднего, левого переднего, заднего правого и заднего левого колес ТТА с устройством СПК соответственно, м.

Эквивалентная жесткость системы «подвеска-шина» определяется из следующего соотношения:

$$\frac{G}{C_{\text{Э}}} = \frac{G}{C_{\text{П}}} + \frac{G}{C_{\text{Ш}}}, \quad (2.32)$$

где  $G$  — сила тяжести, приходящаяся на колесо, Н;  $C_{\text{П}}$  — жесткость подвески, Н/м;  $C_{\text{Ш}}$  — жесткость шин, Н/м.

После преобразований получаем:

$$C_{\text{Э}} = \frac{C_{\text{П}} \cdot C_{\text{Ш}}}{C_{\text{П}} + C_{\text{Ш}}} \quad (2.33)$$

Полные деформации системы подвеска-шина запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} \Delta Z_{\kappa 1} = Z_{\kappa 1} - Z_{\kappa 1}^I - S_{\kappa 1} \\ \Delta Z_{\kappa 2} = Z_{\kappa 2} - Z_{\kappa 2}^I - S_{\kappa 2} \\ \Delta Z_{\kappa 3} = Z_{\kappa 3} - Z_{\kappa 3}^I - S_{\kappa 3} \\ \Delta Z_{\kappa 4} = Z_{\kappa 4} - Z_{\kappa 4}^I - S_{\kappa 4} \end{cases} \quad (2.34)$$

где  $Z_{\kappa i}$  — координата точки поверхности поля под  $i$ -ым колесом до наезда колеса на неровность, м;  $Z_{\kappa i}^I$  — изменение координаты центра масс

грузовой платформы при движении по неровности, м;  $S_{ki}$  — деформация системы подвеска-шина от статического нагружения, м.

Координаты точки поверхности поля под  $i$ -ым колесом до наезда колеса на неровность с учетом системы уравнений (2.17) будут определяться следующим образом:

-переднее правое:

$$Z_{\kappa 1} = Z_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \psi - (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \theta; \quad (2.35)$$

-переднее левое:

$$Z_{\kappa 2} = Z_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \psi + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \theta; \quad (2.36)$$

-заднее правое:

$$Z_{\kappa 3} = Z_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \psi - (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \theta; \quad (2.37)$$

-заднее левое:

$$Z_{\kappa 4} = Z_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \psi + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \theta; \quad (2.38)$$

где  $B_{\kappa 1}$  — расстояние от правых колес до оси ОХ, м;  $B_{\kappa 2}$  — расстояние от левых колес до оси ОХ, м;  $L_{\kappa 1}$  — расстояние от центра масс ТТА до передней оси, м;  $L_{\kappa 2}$  — расстояние от центра масс ТТА до задней оси, м.

Подставив (2.35-2.38) в исходные выражения (2.34), получим следующие выражения, определяющие полные деформации системы шина-подвеска для каждого из колес:

$$\begin{cases} \Delta Z_{\kappa 1} = Z_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \psi - (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \theta - Z_{\kappa 1}^I - S_{\kappa 1}; \\ \Delta Z_{\kappa 2} = Z_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \psi + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \theta - Z_{\kappa 2}^I - S_{\kappa 2}; \\ \Delta Z_{\kappa 3} = Z_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \psi - (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \theta - Z_{\kappa 3}^I - S_{\kappa 3}; \\ \Delta Z_{\kappa 4} = Z_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \psi + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \theta - Z_{\kappa 4}^I - S_{\kappa 4} \end{cases} \quad (2.39)$$

С учетом (2.39) выражение (2.31) запишем в следующем виде:

$$\begin{aligned} P_{np} = & 0.5 \cdot C_{\text{ЭПП}} \cdot \left[ \left( Z_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \psi - (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \theta - Z_{\kappa 1}^I - S_{\kappa 1} \right)^2 \right] + 0.5 \cdot C_{\text{ЭПЛ}} \cdot \left[ \left( Z_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \psi + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \theta - Z_{\kappa 2}^I - S_{\kappa 2} \right)^2 \right] + \\ & + 0.5 \cdot C_{\text{ЭЗП}} \cdot \left[ \left( Z_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \psi - (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \theta - Z_{\kappa 3}^I - S_{\kappa 3} \right)^2 \right] + 0.5 \cdot C_{\text{ЭЗЛ}} \cdot \left[ \left( Z_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \psi + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \theta - Z_{\kappa 4}^I - S_{\kappa 4} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (2.40)$$

После соответствующих преобразований, а также с учетом  $C_{\text{ЭППк}} = C_{\text{ЭПЛк}} = C_{\text{ЭПк}}$  и  $C_{\text{ЭЗПК}} = C_{\text{ЭЗЛк}} = C_{\text{ЭЗк}}$ , получим следующее выражение, определяющее потенциальную энергию упругих сил подрессоривания:

$$\begin{aligned}
 P_{np} = & (C_{\text{ЭПк}} + C_{\text{ЭЗк}}) \cdot Z_k^2 + (C_{\text{ЭПк}} \cdot L_{k1}^2 + C_{\text{ЭЗк}} \cdot L_{k2}^2) \cdot \psi^2 + \\
 & + 0,5 \cdot (C_{\text{ЭПк}} + C_{\text{ЭЗк}}) \cdot (B_{k2}^2 - 2\Delta \cdot (B_{k2} + B_{k1}) - B_{k1}^2) \cdot \theta^2 + 2 \cdot (C_{\text{ЭПк}} + C_{\text{ЭЗк}}) \cdot (L_{k2} - L_{k1}) \cdot Z_k \cdot \psi - \\
 & - (C_{\text{ЭПк}} + C_{\text{ЭЗк}}) \cdot (B_{k2} + B_{k1}) \cdot Z_k \cdot \theta + (C_{\text{ЭПк}} + C_{\text{ЭЗк}}) \cdot (B_{k1} - B_{k2} + 2\Delta) \cdot (L_{k1} - L_{k2}) \cdot \psi \cdot \theta - \\
 & - [C_{\text{ЭПк}} \cdot (Z_{k1}' + S_{k1} + Z_{k2}' + S_{k2}) \cdot Z_k + C_{\text{ЭЗк}} \cdot (Z_{k3}' + S_{k3} + Z_{k4}' + S_{k4}) \cdot Z_k] + \\
 & + [C_{\text{ЭПк}} \cdot L_{k1} \cdot (Z_{k1}' + S_{k1} + Z_{k2}' + S_{k2}) \cdot \psi - C_{\text{ЭЗк}} \cdot L_{k2} \cdot (Z_{k3}' + S_{k3} + Z_{k4}' + S_{k4}) \cdot \psi] + \\
 & + [C_{\text{ЭПк}} \cdot \theta \cdot ((Z_{k1}' + S_{k1}) \cdot (B_{k1} + \Delta) - (Z_{k2}' + S_{k2}) \cdot (B_{k2} - \Delta)) + \\
 & + C_{\text{ЭЗк}} \cdot \theta \cdot ((Z_{k3}' + S_{k3}) \cdot (B_{k1} + \Delta) - (Z_{k4}' + S_{k4}) \cdot (B_{k2} - \Delta))] + \\
 & + 0,5 \cdot [C_{\text{ЭПк}} \cdot ((Z_{k1}' + S_{k1})^2 + (Z_{k2}' + S_{k2})^2) + C_{\text{ЭЗк}} \cdot ((Z_{k3}' + S_{k3})^2 - (Z_{k4}' + S_{k4})^2)]
 \end{aligned} \tag{2.41}$$

Потенциальная энергия упругих сил подрессоривания кузова ТТА с устройством СПК  $P_k$  равна:

$$P_k = \frac{1}{2} C_{\text{Э}} \cdot (\Delta Y_{k1}^2 + \Delta Y_{k2}^2), \tag{2.42}$$

где  $C_{\text{Э}}$  - эквивалентная жесткость группы комбинированных упругих элементов, Н/м;  $\Delta Y_{k1}$  и  $\Delta Y_{k2}$  - полная деформация группы комбинированных упругих элементов правой и левой сторон кузова ТТА с устройством СПК соответственно, м.

Эквивалентная жесткость группы комбинированных упругих элементов определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{Э}} = C + C_1, \tag{2.43}$$

где  $C$  - жесткость охватывающей пружины, Н/м;  $C_1$  - жесткость охватываемой пружины, Н/м.

Полные деформации группы комбинированных упругих элементов запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} \Delta Y_{k1} = Y_{k1} - Y_{k1}' \\ \Delta Y_{k2} = Y_{k2} - Y_{k2}' \end{cases}, \tag{2.44}$$

где  $Y_{ki}$  - координаты точки группы комбинированных упругих элементов  $i$ -той стороны кузова до наезда колес ТТА с устройством СПК

на неровность, м;  $Y_{ki}'$  – изменение координаты центра масс при движении по неровностям, м.

Координаты точки группы комбинированных упругих элементов  $i$ -той стороны кузова до наезда колес ТТА с устройством СПК на неровность с учетом системы уравнений (2.12) будут определяться следующим образом:

- правой стороны кузова:

$$Y_{k1} = Y_k + H_2 \cdot \varphi - \theta \cdot \Delta; \quad (2.45)$$

- левой стороны кузова:

$$Y_{k2} = Y_k - H_2 \cdot \varphi - \theta \cdot \Delta \quad (2.46)$$

где  $H_2$  – высота пружины меньшей жесткости, м.

Подставив (2.45, 2.46) в исходные выражения (2.44), получим следующие выражения, определяющие полные деформации группы комбинированных упругих элементов для каждой из сторон кузова:

$$\begin{cases} \Delta Y_{k1} = Y_k + H_2 \cdot \varphi - \theta \cdot \Delta - Y_{k1}' ; \\ \Delta Y_{k2} = Y_k - H_2 \cdot \varphi - \theta \cdot \Delta - Y_{k2}' \end{cases} \quad (2.47)$$

С учетом (2.46) выражение (2.47) запишем в следующем виде:

$$P_k = \frac{1}{2} C_{\text{Э}} \cdot \left( (Y_k + H_2 \cdot \varphi - \theta \cdot \Delta - Y_{k1}')^2 + (Y_k - H_2 \cdot \varphi - \theta \cdot \Delta - Y_{k2}')^2 \right) \quad (2.48)$$

После соответствующих преобразований получим следующее выражение, определяющее потенциальную энергию упругих сил поддрессоривания кузова ТТА с устройством СПК:

$$P_k = C_{\text{Э}} \cdot \left( Y_k^2 - Y_k \cdot (2 \cdot \theta \cdot \Delta + Y_{k1}' + Y_{k2}') + H_2^2 \cdot \varphi^2 - H_2 \cdot \varphi \cdot (Y_{k1}' - Y_{k2}') + \theta^2 \cdot \Delta^2 + \right. \\ \left. + \theta \cdot \Delta \cdot (Y_{k1}' + Y_{k2}') + 0,5 \cdot ((Y_{k1}')^2 + (Y_{k2}')^2) \right) \quad (2.49)$$

Учитывая (2.29), (2.41) и (2.49) запишем выражение (2.29) для определения потенциальной энергии в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Pi = & G_{np} \cdot Z_k \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta + (C_{\text{Э}IIk} + C_{\text{Э}3k}) \cdot Z_k^2 + (C_{\text{Э}IIk} \cdot L_{k1}^2 + C_{\text{Э}3k} \cdot L_{k2}^2) \cdot \psi^2 + \\ & + 0,5 \cdot (C_{\text{Э}IIk} + C_{\text{Э}3k}) \cdot (B_{k2}^2 - 2\Delta \cdot (B_{k2} + B_{k1}) - B_{k1}^2) \cdot \theta^2 + 2 \cdot (C_{\text{Э}IIk} + C_{\text{Э}3k}) \cdot (L_{k2} - L_{k1}) \cdot Z_k \cdot \psi - \\ & - (C_{\text{Э}IIk} + C_{\text{Э}3k}) \cdot (B_{k2} + B_{k1}) \cdot Z_k \cdot \theta + (C_{\text{Э}IIk} + C_{\text{Э}3k}) \cdot (B_{k1} - B_{k2} + 2\Delta) \cdot (L_{k1} - L_{k2}) \cdot \psi \cdot \theta - \\ & - [C_{\text{Э}IIk} \cdot (Z_{k1}' + S_{k1} + Z_{k2}' + S_{k2}) \cdot Z_k + C_{\text{Э}3k} \cdot (Z_{k3}' + S_{k3} + Z_{k4}' + S_{k4}) \cdot Z_k] + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left[ C_{\partial\Pi\kappa} \cdot L_{\kappa 1} \cdot \left( Z_{\kappa 1}' + S_{\kappa 1} + Z_{\kappa 2}' + S_{\kappa 2} \right) \cdot \psi - C_{\partial\Xi\kappa} \cdot L_{\kappa 2} \cdot \left( Z_{\kappa 3}' + S_{\kappa 3} + Z_{\kappa 4}' + S_{\kappa 4} \right) \cdot \psi \right] + \\
& + \left[ C_{\partial\Pi\kappa} \cdot \theta \cdot \left( \left( Z_{\kappa 1}' + S_{\kappa 1} \right) \cdot \left( B_{\kappa 1} + \Delta \right) - \left( Z_{\kappa 2}' + S_{\kappa 2} \right) \cdot \left( B_{\kappa 2} - \Delta \right) \right) + \right. \\
& \left. + C_{\partial\Xi\kappa} \cdot \theta \cdot \left( \left( Z_{\kappa 3}' + S_{\kappa 3} \right) \cdot \left( B_{\kappa 1} + \Delta \right) - \left( Z_{\kappa 4}' + S_{\kappa 4} \right) \cdot \left( B_{\kappa 2} - \Delta \right) \right) \right] + \\
& + 0,5 \cdot \left[ C_{\partial\Pi\kappa} \cdot \left( \left( Z_{\kappa 1}' + S_{\kappa 1} \right)^2 + \left( Z_{\kappa 2}' + S_{\kappa 2} \right)^2 \right) + C_{\partial\Xi\kappa} \cdot \left( \left( Z_{\kappa 3}' + S_{\kappa 3} \right)^2 - \left( Z_{\kappa 4}' + S_{\kappa 4} \right)^2 \right) \right] + \\
& + C_{\partial} \cdot \left( Y_{\kappa}^2 - Y_{\kappa} \cdot \left( 2 \cdot \theta \cdot \Delta + Y_{\kappa 1}' + Y_{\kappa 2}' \right) + H_2^2 \cdot \varphi^2 - H_2 \cdot \varphi \cdot \left( Y_{\kappa 1}' - Y_{\kappa 2}' \right) + \theta^2 \cdot \Delta^2 + \right. \\
& \left. + \theta \cdot \Delta \cdot \left( Y_{\kappa 1}' + Y_{\kappa 2}' \right) + 0,5 \cdot \left( \left( Y_{\kappa 1}' \right)^2 + \left( Y_{\kappa 2}' \right)^2 \right) \right)
\end{aligned} \tag{2.50}$$

Произведем дифференцирование выражения (2.50) по обобщенным координатам:

- по координате  $X_{\kappa}$ :

$$\frac{\partial\Pi}{\partial X_{\kappa}} = 0; \tag{2.51}$$

- по координате  $Z_{\kappa}$ :

$$\begin{aligned}
\frac{\partial\Pi}{\partial Z_{\kappa}} = & G_{np} \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta + 2 \cdot \left( C_{\partial\Pi\kappa} + C_{\partial\Xi\kappa} \right) \cdot Z_{\kappa} + 2 \cdot \left( C_{\partial\Pi\kappa} + C_{\partial\Xi\kappa} \right) \cdot \left( L_{\kappa 2} - L_{\kappa 1} \right) \cdot \psi - \\
& - \left( C_{\partial\Pi\kappa} + C_{\partial\Xi\kappa} \right) \cdot \left( B_{\kappa 2} + B_{\kappa 1} \right) \cdot \theta - \left[ C_{\partial\Pi\kappa} \cdot \left( Z_{\kappa 1}' + S_{\kappa 1} + Z_{\kappa 2}' + S_{\kappa 2} \right) + C_{\partial\Xi\kappa} \cdot \left( Z_{\kappa 3}' + S_{\kappa 3} + Z_{\kappa 4}' + S_{\kappa 4} \right) \right]
\end{aligned} \tag{2.52}$$

- по координате  $Y_{\kappa}$ :

$$\frac{\partial\Pi}{\partial Y_{\kappa}} = C_{\partial} \cdot \left( 2Y_{\kappa} - 2 \cdot \theta \cdot \Delta - Y_{\kappa 1}' - Y_{\kappa 2}' \right); \tag{2.53}$$

- по координате  $\varphi$ :

$$\frac{\partial\Pi}{\partial\varphi} = C_{\partial} \cdot \left( 2 \cdot H_2^2 \cdot \varphi - H_2 \cdot \left( Y_{\kappa 1}' - Y_{\kappa 2}' \right) \right); \tag{2.54}$$

- по координате  $\psi$ :

$$\begin{aligned}
\frac{\partial\Pi}{\partial\psi} = & 2 \left( C_{\partial\Pi\kappa} \cdot L_{\kappa 1}^2 + C_{\partial\Xi\kappa} \cdot L_{\kappa 2}^2 \right) \cdot \psi + 2 \cdot \left( C_{\partial\Pi\kappa} + C_{\partial\Xi\kappa} \right) \cdot \left( L_{\kappa 2} - L_{\kappa 1} \right) \cdot Z_{\kappa} + \\
& + \left( C_{\partial\Pi\kappa} + C_{\partial\Xi\kappa} \right) \cdot \left( B_{\kappa 1} - B_{\kappa 2} + 2\Delta \right) \cdot \left( L_{\kappa 1} - L_{\kappa 2} \right) \cdot \theta + \\
& + \left[ C_{\partial\Pi\kappa} \cdot L_{\kappa 1} \cdot \left( Z_{\kappa 1}' + S_{\kappa 1} + Z_{\kappa 2}' + S_{\kappa 2} \right) - C_{\partial\Xi\kappa} \cdot L_{\kappa 2} \cdot \left( Z_{\kappa 3}' + S_{\kappa 3} + Z_{\kappa 4}' + S_{\kappa 4} \right) \right];
\end{aligned} \tag{2.55}$$

- по координате  $\theta$ :

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \Pi}{\partial \theta} = & (C_{\text{ЭПк}} + C_{\text{ЭЗк}}) \cdot (B_{\text{к2}}^2 - 2\Delta \cdot (B_{\text{к2}} + B_{\text{к1}}) - B_{\text{к1}}^2) \cdot \theta - \\
& - (C_{\text{ЭПк}} + C_{\text{ЭЗк}}) \cdot (B_{\text{к2}} + B_{\text{к1}}) \cdot Z_{\text{к}} + (C_{\text{ЭПк}} + C_{\text{ЭЗк}}) \cdot (B_{\text{к1}} - B_{\text{к2}} + 2\Delta) \cdot (L_{\text{к1}} - L_{\text{к2}}) \cdot \psi + \\
& + \left[ C_{\text{ЭПк}} \cdot \left( (Z_{\text{к1}}' + S_{\text{к1}}) \cdot (B_{\text{к1}} + \Delta) - (Z_{\text{к2}}' + S_{\text{к2}}) \cdot (B_{\text{к2}} - \Delta) \right) + \right. \\
& + \left. C_{\text{ЭЗк}} \cdot \left( (Z_{\text{к3}}' + S_{\text{к3}}) \cdot (B_{\text{к1}} + \Delta) - (Z_{\text{к4}}' + S_{\text{к4}}) \cdot (B_{\text{к2}} - \Delta) \right) \right] + \\
& + C_{\text{Э}} \cdot (2\Delta Y_{\text{к}} + 2\theta \cdot \Delta^2 + \Delta \cdot (Y_{\text{к1}}' + Y_{\text{к2}}')) \};
\end{aligned} \tag{2.56}$$

В выражение (2.50), определяющем потенциальную энергию ТТА с устройством СПК входят неизвестные величины  $Z_1', Z_2', Z_3', Z_4', Y_1', Y_2'$  — изменения координат при движении ТТА по неровностям.

Многочисленные исследования микропрофилей дорог показали, что неровности можно рассматривать, как случайный стационарный процесс, обладающий эргодичностью, а эмпирическое распределение ординат и экстремумов высот неровностей показывают, что описывающие их законы близки к нормальным [171, 172, 221].

На рис.2.5 представлены графики интегрального распределения высоты неровностей междурядий  $F(H)$  и плотности распределения вероятности неровностей междурядий  $f(H)$  [172].

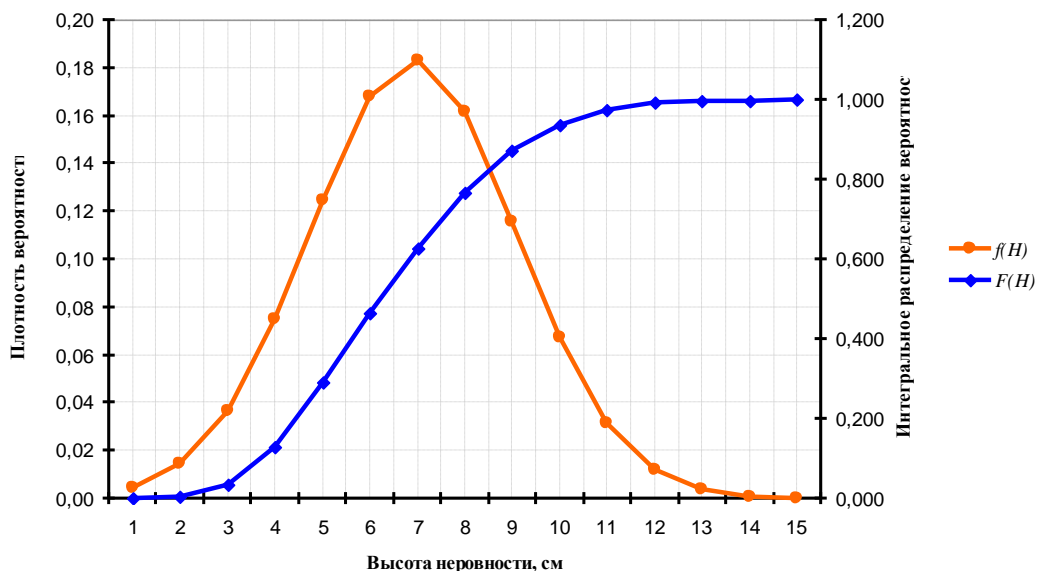


Рисунок 2.5 – Интегральное распределение вероятности неровностей междурядий  $F(H)$  и плотность распределения вероятности  $f(H)$

Кривую, которой описан микропрофиль какого-либо междурядья, следует рассматривать как одну конкретную реализацию случайной функции  $H(t)$ . По определению корреляционная функция  $R(\tau)$  случайного процесса представляет собой смешанный момент второго порядка двухмерного распределения [79], т.е.

$$R(\tau) = M[H(t)H(t + \tau)] \quad (2.57)$$

Уравнение (2.57) справедливо для центрированной случайной функции  $\overset{\circ}{H}(t)$ , т.е. для случайной функции, у которой математическое ожидание равно нулю:

$$M[H(t)] = 0. \quad (2.58)$$

Иначе говоря, выражение (2.57) определяет корреляционную функцию флуктуации микропрофиля дороги. Для стационарного случайного процесса она зависит только от разности значений времени  $\tau = t_i - t_1$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ).

В данном случае функция, которой описан микропрофиль междурядья, не зависит от начала отсчета времени, значит ее можно рассматривать как описывающую стационарный случайный процесс, тогда окончательное выражение (2.57) для определения корреляционной функции междурядья по кривой микропрофиля имеет вид [172]:

$$R(\tau) = \frac{1}{N + 1 - m} \sum_{n=1}^{N+1-m} H_n H_{n+m} \quad (m = 0, 1, 2, 3, \dots). \quad (2.59)$$

С учетом выражения (2.59) изменение координаты  $Z_i'$  будет определяться следующим образом:

$$Z_i' = R(\tau) \quad (2.60)$$

При движении ТТА кроме полезных сил на него действуют так же силы сопротивления, а соответственно полная механическая энергия под их действием убывает или рассеивается, переходя в другие формы энергии. Функция Релея служит мерой рассеивания энергии и отражает наличие затухания колебаний транспортного средства. С учетом



приведенной схемы ТТА с устройством СПК функция рассеивания механической энергии будет равна:

$$\Phi = \Phi_{np} + \Phi_{\kappa}, \quad (2.61)$$

где  $\Phi_{np}$  — функция, определяющая рассеивание механической энергии подвеской ТТА,  $\frac{H \cdot m}{c}$ ;  $\Phi_{\kappa}$  — функция, определяющая рассеивание механической энергии устройством стабилизации положения кузова,  $\frac{H \cdot m}{c}$ .

Из курса аналитической механики известно, что диссипативная функция пропорциональна квадрату скорости деформации опор [283], поэтому запишем следующее выражение

$$\Phi = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^4 k_i \cdot (\Delta \dot{Z}_i)^2, \quad (2.62)$$

где  $k_i$  — коэффициент сопротивления  $i$ -ой опоры,  $\frac{H \cdot c}{m}$ ;  $\Delta \dot{Z}_i$  — скорость деформации  $i$ -ой опоры, м/с.

Для нахождения функции, определяющей рассеивание механической энергии подвеской ТТА разобьем общую деформацию на деформацию шины  $\Delta Z_{\kappa III}$  и подвески  $\Delta Z_{\kappa II}$  (так как шина и подвеска тракторного прицепа имеют различные поглощающие способности), т.е.

$$\Delta Z_{\kappa i} = \Delta Z_{\kappa III} + \Delta Z_{\kappa II}, \quad (2.63)$$

В виду того, что сила, вызывающая деформацию шины и подвески, одна и та же, то согласно закона Гука можно записать следующее выражение:

$$c_{\kappa II} \cdot \Delta Z_{\kappa II} = c_{\kappa III} \cdot \Delta Z_{\kappa III} \quad (2.64)$$

Преобразуем выражение (2.59) относительно  $\Delta Z_{\kappa II}$ :

$$\Delta Z_{\kappa II} = \frac{c_{\kappa III}}{c_{\kappa II}} \cdot \Delta Z_{\kappa III} \quad (2.65)$$

Подставив выражение (2.65) в исходное (2.63), получим:

$$\Delta Z_{\kappa i} = \Delta Z_{\kappa III} + \frac{c_{\kappa III}}{c_{\kappa II}} \cdot \Delta Z_{\kappa III} \quad (2.66)$$

Решив уравнение (2.66) относительно  $\Delta Z_{\kappa III}$ , получим:

$$\Delta Z_{\kappa III} = \Delta Z_{\kappa I} \cdot \left( \frac{c_{\kappa II}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} \right) \quad (2.67)$$

Используя цепь рассуждений, приведённую для определения  $\Delta Z_{\kappa III}$ , получим следующее выражение для определения деформации подвески

$$\Delta Z_{\kappa II} = \Delta Z_{\kappa I} \cdot \left( \frac{c_{\kappa III}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} \right) \quad (2.68)$$

Или в общем виде:

$$\Delta Z_{\kappa I(\kappa III)} = \Delta Z_{\kappa I} \cdot \left( \frac{c_{\kappa III(\kappa I)}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} \right) \quad (2.69)$$

Скорости деформаций каждой из опор  $\Delta \dot{Z}_i$  будут равны:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta \dot{Z}_{\kappa 1} = \dot{Z}_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \dot{\psi} - (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 1} \quad (2.70) \\ \Delta \dot{Z}_{\kappa 2} = \dot{Z}_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \dot{\psi} + (B_{\kappa 1} - \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 2} \quad (2.71) \\ \Delta \dot{Z}_{\kappa 3} = \dot{Z}_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \dot{\psi} - (B_{\kappa 2} + \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 3} \quad (2.72) \\ \Delta \dot{Z}_{\kappa 4} = \dot{Z}_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \dot{\psi} + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 4} \quad (2.73) \end{array} \right.$$

Подставив значения скоростей деформаций опор (2.70-2.73) в исходное соотношение (2.62), а также с учетом (2.67 и 2.68), получим выражение функции рассеивания энергии:

$$\begin{aligned} \Phi_{np} = & \frac{1}{2} \cdot \left[ k_{\kappa IIIII} \cdot \left( \frac{c_{\kappa II}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} (\dot{Z}_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \dot{\psi} - (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 1}) \right)^2 + \right. \\ & + k_{\kappa IIIII} \cdot \left( \frac{c_{\kappa III}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} (\dot{Z}_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \dot{\psi} - (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 1}) \right)^2 + \\ & + k_{\kappa IIIII} \cdot \left( \frac{c_{\kappa II}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} (\dot{Z}_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \dot{\psi} + (B_{\kappa 1} - \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 2}) \right)^2 + \\ & + k_{\kappa IIIII} \cdot \left( \frac{c_{\kappa III}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} (\dot{Z}_{\kappa} - L_{\kappa 1} \cdot \dot{\psi} + (B_{\kappa 1} - \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 2}) \right)^2 + \\ & + k_{\kappa IIIII} \cdot \left( \frac{c_{\kappa II}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} (\dot{Z}_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \dot{\psi} - (B_{\kappa 2} + \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 3}) \right)^2 + \\ & + k_{\kappa IIIII} \cdot \left( \frac{c_{\kappa III}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} (\dot{Z}_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \dot{\psi} - (B_{\kappa 2} + \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 3}) \right)^2 + \\ & + k_{\kappa IIIII} \cdot \left( \frac{c_{\kappa II}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} (\dot{Z}_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \dot{\psi} + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 4}) \right)^2 + \\ & \left. + k_{\kappa IIIII} \cdot \left( \frac{c_{\kappa III}}{c_{\kappa I} + c_{\kappa III}} (\dot{Z}_{\kappa} + L_{\kappa 2} \cdot \dot{\psi} + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{\kappa 4}) \right)^2 \right] \quad (2.74) \end{aligned}$$

где  $k_{кШПЛ}$  — коэффициент сопротивления шины переднего левого колеса,  $\frac{H \cdot c}{m}$ ;  $k_{кППЛ}$  — коэффициент сопротивления рессоры переднего левого колеса,  $\frac{H \cdot c}{m}$ ;  $k_{кШПП}$  — коэффициент сопротивления шины переднего правого колеса,  $\frac{H \cdot c}{m}$ ;  $k_{кППП}$  — коэффициент сопротивления рессоры переднего правого колеса,  $\frac{H \cdot c}{m}$ ;  $k_{кШЗЛ}$  — коэффициент сопротивления шины заднего левого колеса,  $\frac{H \cdot c}{m}$ ;  $k_{кПЗЛ}$  — коэффициент сопротивления рессоры заднего левого колеса,  $\frac{H \cdot c}{m}$ ;  $k_{кШЗП}$  — коэффициент сопротивления шины заднего правого колеса,  $\frac{H \cdot c}{m}$ ;  $k_{кПЗП}$  — коэффициент сопротивления рессоры заднего правого колеса,  $\frac{H \cdot c}{m}$ .

Преобразовав выражение (2.74), получим:

$$\begin{aligned}
 \Phi_{np} = & \frac{1}{2} \cdot \left[ \left( k_{кШПЛ} \cdot \left( \frac{c_{кП}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 + k_{кППЛ} \cdot \left( \frac{c_{кШ}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 \right) \cdot (\dot{Z}_к - L_{к1} \cdot \dot{\psi} - (B_{к1} + \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{к1})^2 + \right. \\
 & + \left( k_{кШПП} \cdot \left( \frac{c_{кП}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 + k_{кППП} \cdot \left( \frac{c_{кШ}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 \right) \cdot (\dot{Z}_к - L_{к1} \cdot \dot{\psi} + (B_{к1} - \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{к2})^2 + \\
 & + \left( k_{кШЗЛ} \cdot \left( \frac{c_{кП}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 + k_{кПЗЛ} \cdot \left( \frac{c_{кШ}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 \right) \cdot (\dot{Z}_к + L_{к2} \cdot \dot{\psi} - (B_{к2} + \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{к3})^2 + \\
 & \left. + \left( k_{кШЗП} \cdot \left( \frac{c_{кП}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 + k_{кПЗП} \cdot \left( \frac{c_{кШ}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 \right) \cdot (\dot{Z}_к + L_{к2} \cdot \dot{\psi} + (B_{к2} - \Delta) \cdot \dot{\theta} - \dot{Z}'_{к4})^2 \right] \quad (2.75)
 \end{aligned}$$

Обозначим:

$$k_{кШ} \cdot \left( \frac{c_{кП}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 + k_{кП} \cdot \left( \frac{c_{кШ}}{c_{кП} + c_{кШ}} \right)^2 = k_{кЭКВ} \quad (2.76)$$

С учетом  $k_{кЭПП} = k_{кЭПЛ} = k_{кЭП}$  и  $k_{кЭЗП} = k_{кЭЗЛ} = k_{кЭЗ}$  окончательно получим следующее выражение, определяющее диссипативную функцию системы подрессоривания ТТА с устройством СПК:

$$\begin{aligned}
\Phi_{np} = & (k_{\kappa\Pi\Pi} + k_{\kappa\Pi\Pi}) \cdot \dot{Z}_{\kappa}^2 + (k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot L_{\kappa1}^2 + k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot L_{\kappa2}^2) \cdot \dot{\psi}^2 + (k_{\kappa\Pi\Pi} + k_{\kappa\Pi\Pi}) \cdot (L_{\kappa2} - L_{\kappa1}) \cdot \dot{\psi} \cdot \dot{Z}_{\kappa} - \\
& - 2 \cdot (k_{\kappa\Pi\Pi} + k_{\kappa\Pi\Pi}) \cdot \Delta \cdot \dot{\theta} \cdot \dot{Z}_{\kappa} + \dot{\theta}^2 \cdot [k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot (B_{\kappa1}^2 + \Delta^2) + k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot (B_{\kappa2}^2 + \Delta^2)] + \\
& + 2 \cdot \Delta \cdot (k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot L_{\kappa1} - k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot L_{\kappa2}) \cdot \dot{\psi} \cdot \dot{\theta} - [k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa1} + \dot{Z}'_{\kappa2}) + k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa3} + \dot{Z}'_{\kappa4})] \cdot \dot{Z}_{\kappa} + \\
& + [k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot L_{\kappa1} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa1} + \dot{Z}'_{\kappa2}) - k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot L_{\kappa2} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa3} + \dot{Z}'_{\kappa4})] \cdot \dot{\psi} + \\
& + [k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot ((B_{\kappa1} + \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa1} - (B_{\kappa1} - \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa2}) + k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot ((B_{\kappa2} + \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa3} - (B_{\kappa2} - \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa4})] \cdot \dot{\theta} + \\
& + 0,5 \cdot [k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa1}^2 + \dot{Z}'_{\kappa2}^2) + k_{\kappa\Pi\Pi} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa3}^2 + \dot{Z}'_{\kappa4}^2)]
\end{aligned} \tag{2.77}$$

Функция  $\Phi_{\kappa}$ , определяющая рассеивание механической энергии устройством СПК равна:

$$\Phi_{\kappa} = \sum_{i=1}^n \Phi_{i1} + \sum_{i=1}^n \Phi_{i2}, \tag{2.78}$$

где  $\Phi_{ij}$  — диссипативная функция одной из сторон с гасящим колебания устройством, Дж;  $n$  — число сторон с подобным устройством.

С учетом выражения (2.62) функция Релея для группы комбинированных упругих элементов составит:

- для правой стороны прицепа:

$$\sum_{i=1}^n \Phi_{i1} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} (k_{\kappa i1} \cdot \Delta \dot{Y}_{\kappa i1}^2) \tag{2.79}$$

- для левой стороны прицепа:

$$\sum_{i=1}^n \Phi_{i2} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} (k_{\kappa i2} \cdot \Delta \dot{Y}_{\kappa i2}^2) \tag{2.80}$$

где  $k_{\kappa i}$  — коэффициент сопротивления  $i$ -го упругого элемента устройства СПК,  $\frac{H \cdot c}{M}$ ;  $\Delta \dot{Y}_{\kappa i1}$  и  $\Delta \dot{Y}_{\kappa i2}$  — скорость деформации упругих элементов устройства СПК соответственно правой и левой сторон, м/с.

В случае если коэффициент сопротивления комбинированных упругих элементов каждой стороны прицепа будет одинаковым, выражение (2.78) запишем в виде:

$$\Phi_{\kappa} = \frac{1}{2} \cdot k_{\kappa1} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \dot{Y}_{\kappa i1}^2 + \frac{1}{2} \cdot k_{\kappa2} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \dot{Y}_{\kappa i2}^2 \tag{2.81}$$

Скорость деформации упругих элементов каждой из сторон запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} \Delta \dot{Y}_{ki1} = \dot{Y}_{ki1} - \dot{Y}'_{ki1} \\ \Delta \dot{Y}_{ki2} = \dot{Y}_{ki2} - \dot{Y}'_{ki2} \end{cases} \quad (2.82)$$

где  $\dot{Y}_{ki1}$  и  $\dot{Y}_{ki2}$  — скорость изменения координаты точки кузова над  $i$ -м упругим элементом, м/с;  $\dot{Y}'_{ki}$  — скорость изменения координаты точки кузова над  $i$ -м упругим элементом под действием горизонтальных колебаний ТТА, м/с;

Скорости изменения координаты точки кузова над  $i$ -м упругим элементом под действием горизонтальных колебаний ТТА с устройством СПК с учетом системы уравнений (2.17) будут определяться следующим образом:

- правая сторона ТТА:

$$\dot{Y}_{ki1} = \dot{Y}_\kappa + \dot{\varphi} \cdot H_{i1} - \dot{\theta} \cdot \Delta; \quad (2.83)$$

- левая сторона ТТА:

$$\dot{Y}_{ki2} = \dot{Y}_\kappa - \dot{\varphi} \cdot H_{i2} - \dot{\theta} \cdot \Delta \quad (2.84)$$

где  $H_i$  — расстояние от  $i$ -го упругого элемента до оси ОХ, м;  $\Delta$  — расстояние от  $i$ -го упругого элемента до оси ОZ, м;

Подставив (2.83, 2.84) в исходные соотношения (2.82), получим следующие выражения, определяющие скорость деформации упругих элементов каждой из сторон:

$$\begin{cases} \Delta \dot{Y}_{ki1} = \dot{Y}_\kappa + \dot{\varphi} \cdot H_{i1} - \dot{\theta} \cdot \Delta - \dot{Y}'_{ki1}; \\ \Delta \dot{Y}_{ki2} = \dot{Y}_\kappa - \dot{\varphi} \cdot H_{i2} - \dot{\theta} \cdot \Delta - \dot{Y}'_{ki2} \end{cases} \quad (2.85)$$

Зная скорости деформации упругих элементов, определим диссипативную функцию для устройства СПК:

$$\begin{aligned} \Phi_K = & \frac{1}{2} \cdot k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \dot{Y}_K + \dot{\phi} \cdot H_{i1} - \dot{\theta} \cdot \Delta - \dot{Y}'_{\kappa i 1} \right)^2 + \\ & + \frac{1}{2} \cdot k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \dot{Y}_K - \dot{\phi} \cdot H_{i2} - \dot{\theta} \cdot \Delta - \dot{Y}'_{\kappa i 2} \right)^2 \end{aligned} \quad (2.86)$$

Преобразовав (2.86), получим следующее окончательное выражение для определения диссипативной функции устройства СПК:

$$\begin{aligned} \Phi_K = & \frac{1}{2} \cdot k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \dot{Y}_K^2 + 2 \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i1} \cdot \dot{Y}_K - 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{Y}_K - 2 \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 1} \cdot \dot{Y}_K + \dot{\phi}^2 \cdot H_{i1}^2 - 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i1} - 2 \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 1} \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i1} + \right. \\ & \left. + \dot{\theta}^2 \cdot \Delta^2 + 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 1} + \left( \dot{Y}'_{\kappa i 1} \right)^2 \right] + \frac{1}{2} \cdot k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \dot{Y}_K^2 - 2 \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i2} \cdot \dot{Y}_K - 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{Y}_K - \right. \\ & \left. - 2 \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 2} \cdot \dot{Y}_K + \dot{\phi}^2 \cdot H_{i2}^2 + 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i2} + 2 \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 2} \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i2} + \dot{\theta}^2 \cdot \Delta^2 + 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 2} + \left( \dot{Y}'_{\kappa i 2} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (2.87)$$

Учитывая (2.77) и (2.87) запишем окончательное выражение, определяющее диссипативную функцию в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Phi = & (k_{\kappa \text{ЭП}} + k_{\kappa \text{ЭЗ}}) \cdot \dot{Z}_\kappa^2 + (k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot L_{\kappa 1}^2 + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot L_{\kappa 2}^2) \cdot \dot{\psi}^2 + (k_{\kappa \text{ЭП}} + k_{\kappa \text{ЭЗ}}) \cdot (L_{\kappa 2} - L_{\kappa 1}) \cdot \dot{\psi} \cdot \dot{Z}_\kappa - \\ & - 2 \cdot (k_{\kappa \text{ЭП}} + k_{\kappa \text{ЭЗ}}) \cdot \Delta \cdot \dot{\theta} \cdot \dot{Z}_\kappa + \dot{\theta}^2 \cdot \left[ k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot (B_{\kappa 1}^2 + \Delta^2) + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot (B_{\kappa 2}^2 + \Delta^2) \right] + \\ & + 2 \cdot \Delta \cdot (k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot L_{\kappa 1} - k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot L_{\kappa 2}) \cdot \dot{\psi} \cdot \dot{\theta} - \left[ k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa 1} + \dot{Z}'_{\kappa 2}) + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa 3} + \dot{Z}'_{\kappa 4}) \right] \cdot \dot{Z}_\kappa + \\ & + \left[ k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot L_{\kappa 1} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa 1} + \dot{Z}'_{\kappa 2}) - k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot L_{\kappa 2} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa 3} + \dot{Z}'_{\kappa 4}) \right] \cdot \dot{\psi} + \\ & + \left[ k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot ((B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa 1} - (B_{\kappa 1} - \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa 2}) + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot ((B_{\kappa 2} + \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa 3} - (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa 4}) \right] \cdot \dot{\theta} + \\ & + 0,5 \cdot \left[ k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa 1}^2 + \dot{Z}'_{\kappa 2}^2) + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa 3}^2 + \dot{Z}'_{\kappa 4}^2) \right] + \frac{1}{2} \cdot k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \dot{Y}_K^2 + 2 \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i1} \cdot \dot{Y}_K - \right. \\ & - 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{Y}_K - 2 \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 1} \cdot \dot{Y}_K + \dot{\phi}^2 \cdot H_{i1}^2 - 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i1} - 2 \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 1} \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i1} + \\ & + \dot{\theta}^2 \cdot \Delta^2 + 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 1} + \left( \dot{Y}'_{\kappa i 1} \right)^2 \left. \right] + \frac{1}{2} \cdot k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \dot{Y}_K^2 - 2 \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i2} \cdot \dot{Y}_K - 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{Y}_K - \right. \\ & - 2 \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 2} \cdot \dot{Y}_K + \dot{\phi}^2 \cdot H_{i2}^2 + 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i2} + 2 \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 2} \cdot \dot{\phi} \cdot H_{i2} + \\ & \left. + \dot{\theta}^2 \cdot \Delta^2 + 2 \cdot \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 2} + \left( \dot{Y}'_{\kappa i 2} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (2.88)$$

Произведем дифференцирование функции рассеивания энергии (2.88) по обобщенным координатам:

- по координате  $X_\kappa$ :

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{X}_\kappa} = 0; \quad (2.89)$$

- по координате  $Z_\kappa$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{Z}_\kappa} = & 2 \cdot (k_{\kappa \text{ЭП}} + k_{\kappa \text{ЭЗ}}) \cdot \dot{Z}_\kappa + (k_{\kappa \text{ЭП}} + k_{\kappa \text{ЭЗ}}) \cdot (L_{\kappa 2} - L_{\kappa 1}) \cdot \dot{\psi} - \\ & - 2 \cdot (k_{\kappa \text{ЭП}} + k_{\kappa \text{ЭЗ}}) \cdot \Delta \cdot \dot{\theta} - \left[ k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa 1} + \dot{Z}'_{\kappa 2}) + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa 3} + \dot{Z}'_{\kappa 4}) \right]; \end{aligned} \quad (2.90)$$

- по координате  $Y_\kappa$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{Y}_\kappa} &= k_{\kappa 1} \cdot \dot{Y}_\kappa + k_{\kappa 1} \sum_{i=1}^n \dot{\varphi} \cdot H_{i1} - k_{\kappa 1} \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta - k_{\kappa 1} \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{\kappa i 1} + k_{\kappa 2} \cdot \dot{Y}_\kappa - k_{\kappa 2} \sum_{i=1}^n \dot{\varphi} \cdot H_{i2} - \\ &- k_{\kappa 2} \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta - k_{\kappa 2} \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{\kappa i 2}; \end{aligned} \quad (2.91)$$

- по координате  $\varphi$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\varphi}} &= -k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n H_{i1} \cdot \dot{Y}_\kappa - k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\varphi} \cdot H_{i1}^2 - k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{\kappa i 1} \cdot H_{i1} - k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot H_{i1} - \\ &- k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n H_{i2} \cdot \dot{Y}_\kappa + k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\varphi} \cdot H_{i2}^2 + k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{\kappa i 2} \cdot H_{i2} + k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot H_{i2}; \end{aligned} \quad (2.92)$$

- по координате  $\psi$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\psi}} &= 2(k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot L_{\kappa 1}^2 + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot L_{\kappa 2}^2) \cdot \dot{\psi} + (k_{\kappa \text{ЭП}} + k_{\kappa \text{ЭЗ}}) \cdot (L_{\kappa 2} - L_{\kappa 1}) \cdot \dot{Z}_\kappa + \\ &+ 2 \cdot \Delta \cdot (k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot L_{\kappa 1} - k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot L_{\kappa 2}) \cdot \dot{\theta} + [k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot L_{\kappa 1} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa 1} + \dot{Z}'_{\kappa 2}) - k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot L_{\kappa 2} \cdot (\dot{Z}'_{\kappa 3} + \dot{Z}'_{\kappa 4})]; \end{aligned} \quad (2.93)$$

- по координате  $\theta$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\theta}} &= -2 \cdot (k_{\kappa \text{ЭП}} + k_{\kappa \text{ЭЗ}}) \cdot \Delta \cdot \dot{Z}_\kappa + 2\dot{\theta} \cdot [k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot (B_{\kappa 1}^2 + \Delta^2) + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot (B_{\kappa 2}^2 + \Delta^2)] + \\ &+ 2 \cdot \Delta \cdot (k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot L_{\kappa 1} - k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot L_{\kappa 2}) \cdot \dot{\psi} + \\ &+ [k_{\kappa \text{ЭП}} \cdot ((B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa 1} - (B_{\kappa 1} - \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa 2}) + k_{\kappa \text{ЭЗ}} \cdot ((B_{\kappa 2} + \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa 3} - (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \dot{Z}'_{\kappa 4})] - \\ &- k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{Y}_\kappa - k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{\varphi} \cdot H_{i1} + k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta^2 + k_{\kappa 1} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 1} - k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{Y}_\kappa + \\ &+ k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{\varphi} \cdot H_{i2} + k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta^2 + k_{\kappa 2} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{Y}'_{\kappa i 2} \end{aligned} \quad (2.94)$$

Виртуальная работа сил, действующих на систему, может быть выражена в обобщенных координатах. При этом роль сил играют множители  $Q_i$  при вариациях обобщенных координат, которые и называются обобщенными силами, т.е.

$$\delta A_i = Q_i \cdot \delta q_i, \quad (2.95)$$

откуда

$$Q_i = \frac{\delta A_i}{\delta q_i}, \quad (2.96)$$

где  $A_i$  — работа обобщенных сил, соответствующая  $i$ -ой обобщенной координате;  $q_i$  — обобщенная координата.

Каждой обобщенной координате соответствует своя обобщенная сила  $Q_i$ . Таким образом, давая приращение каждой из обобщенных координат (и предполагая, что приращение всех остальных обобщенных координат равно нулю), получим обобщенные силы, соответствующие выбранным обобщенным координатам.

Для определения обобщенных сил рассмотрим схему действия на ТТА с устройством СПК активных сил (рис. 2.6).

Определим долю общего веса прицепа, приходящегося на каждую из осей, для чего на основании законов статики составим уравнения равновесия:

$$\begin{cases} G_{\Pi} + G_3 - G_{np} \cdot \cos \alpha = 0 \\ G_3 \cdot L - G_{np} \cdot h \cdot \sin \alpha - G_{np} \cdot L_1 \cdot \cos \alpha = 0 \end{cases}, \quad (2.97)$$

где  $G_{\Pi}$  — часть веса ТТА, приходящегося на переднюю ось, Н;  $G_3$  — часть веса ТТА, приходящегося на заднюю ось, Н;  $G_{np}$  — вес ТТА с грузом, Н.

Преобразовав уравнения (2.97) получим следующие выражения:

$$G_3 = \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L}; \quad (2.98)$$

$$G_{\Pi} = G_{np} \cdot \cos \alpha - \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L};$$

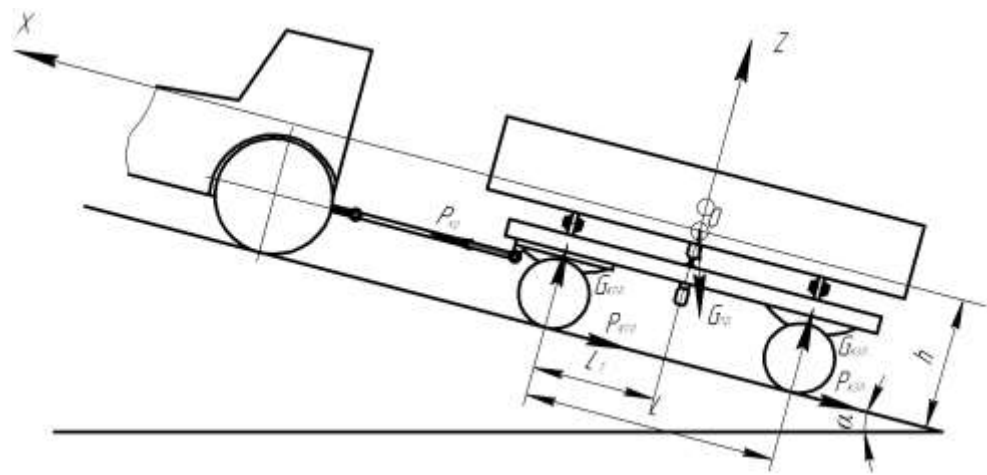
$$G_{\Pi} = G_{np} \cdot \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \quad (2.99)$$

Для определения части общего веса ТТА, приходящегося на каждое из колес передней оси, составим следующие уравнения:

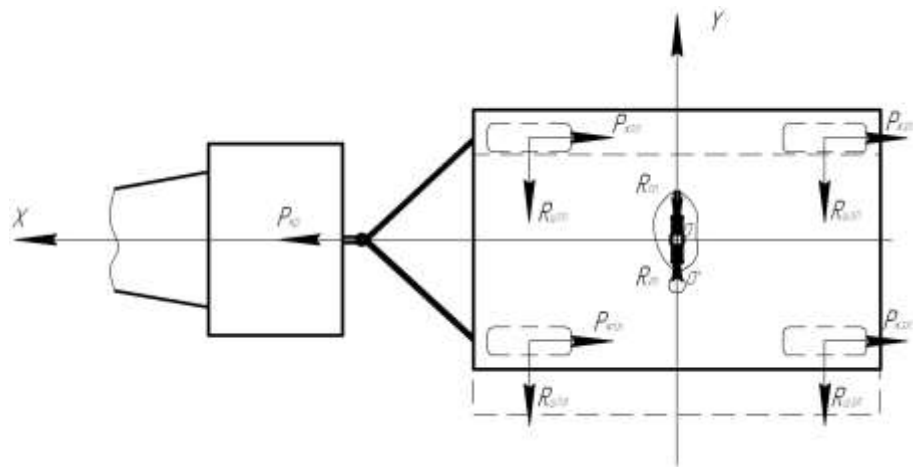
$$\begin{cases} G_{кПП} + G_{кПЛ} - G_{\Pi} \cdot \cos \beta = 0 \\ G_{кПП} \cdot (B_{к1} + B_{к2}) - G_{\Pi} \cdot (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta - G_{\Pi} \cdot h \cdot \sin \beta = 0 \end{cases} \quad (2.100)$$

где  $G_{кПП}$  — часть веса ТТА, приходящаяся на правое переднее колесо, Н;  $G_{кПЛ}$  — часть веса ТТА, приходящаяся на левое переднее колесо, Н.

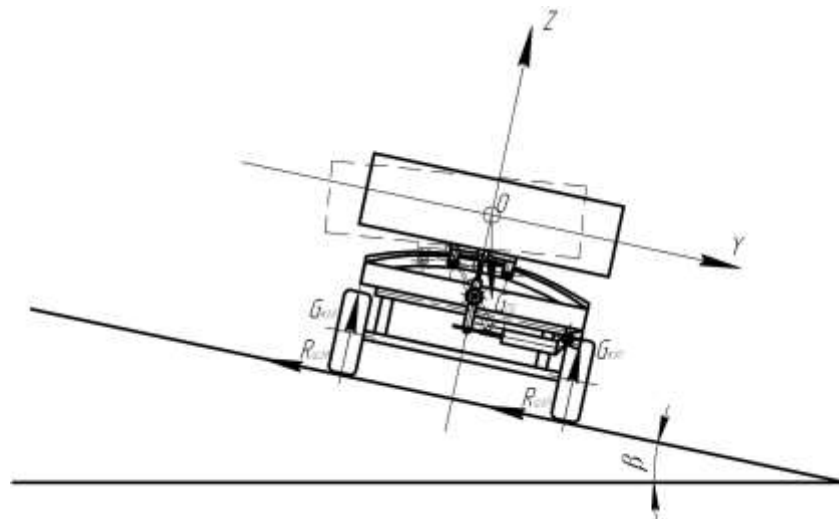




а)



б)



в)

а) в продольно-вертикальной плоскости; б) в горизонтальной плоскости; в) в поперечно-вертикальной плоскости.

Рисунок 2.6 - Схема сил действующих на ТТА с устройством СПК во время ВП

Преобразовав уравнения (2.100) получим следующие выражения

$$G_{кIII} = \frac{G_{II} \cdot (h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta)}{B_{к1} + B_{к2}} \quad (2.101)$$

$$G_{кIII} = G_{II} \cdot \cos \beta - G_{кIII} = G_{II} \cdot \cos \beta - \frac{G_{II} \cdot (h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta)}{B_{к1} + B_{к2}}$$

$$G_{кIII} = G_{II} \cdot \left( \cos \beta - \frac{(h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta)}{B_{к1} + B_{к2}} \right)$$

С учетом (2.99):

$$G_{кIII} = G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \quad (2.102)$$

$$G_{кIII} = G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{к1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \quad (2.103)$$

Для определения части общего веса ТГА, приходящейся на каждое из колес задней оси составим следующие уравнения:

$$\begin{cases} G_{кЗП} + G_{кЗЛ} - G_3 \cdot \cos \beta = 0 \\ G_{кЗП} \cdot (B_{к1} + B_{к2}) - G_3 \cdot (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta - G_3 \cdot h \cdot \sin \beta = 0 \end{cases} \quad (2.104)$$

где  $G_{кЗП}$  — часть веса ТГА, приходящаяся на правое заднее колесо,  $H$ ;  $G_{кЗЛ}$  — часть веса ТГА, приходящаяся на левое заднее колесо,  $H$ .

Преобразовав уравнения (2.104) получим следующие выражения

$$G_{кЗП} = \frac{G_3 \cdot (h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta)}{B_{к1} + B_{к2}}$$

$$G_{кЗЛ} = G_3 \cdot \cos \beta - G_{кЗП} = G_3 \cdot \cos \beta - \frac{G_3 \cdot (h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta)}{B_{к1} + B_{к2}}$$

$$G_{кЗЛ} = G_3 \cdot \left( \cos \beta - \frac{(h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta)}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \quad (2.105)$$

С учетом (2.98):

$$G_{кЗП} = \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \quad (2.106)$$

$$G_{кЗЛ} = G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{к1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \quad (2.107)$$

Для определения обобщенной силы соответствующей координате  $X_k$  предварительно определим виртуальную работу сил

$$\delta A_{X_k} = m_m j_m \cdot \delta X_k + P_{кр} \cdot \delta X_k - P_{кпл} \cdot \delta X_k - P_{кзп} \cdot \delta X_k - P_{кзн} \cdot \delta X_k - P_{кзл} \cdot \delta X_k \quad (2.108)$$

где  $P_{кпп}$ ,  $P_{кпл}$ ,  $P_{кзп}$ ,  $P_{кзл}$  - сила сопротивления качению правого переднего, левого переднего, заднего правого и заднего левого колес соответственно, Н;  $P_{кр}$  — крюковая нагрузка на трактор, Н;  $j_m$  — замедление ТТА, м/с<sup>2</sup>;  $m_m$  — масса ТТА с грузом, кг.

Сила сопротивления качению определяется как:

$$P_K = G_K \cdot f, \quad (2.109)$$

где  $G_K$  — часть веса, приходящаяся на колесо, Н;  $f$  — коэффициент сопротивления качению.

С учетом уравнений (2.102, 2.103, 2.106, 2.107) получим следующие выражения, определяющие силы сопротивления качению правого переднего, левого переднего, заднего правого и заднего левого колес соответственно

$$P_{кзн} = G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кзн} \quad (2.110)$$

$$P_{кпл} = G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{к1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кпл} \quad (2.111)$$

$$P_{кзн} = \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{к2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кзн} \quad (2.112)$$

$$P_{кзл} = G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{к1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{к1} + B_{к2}} \right) \cdot f_{кзл} \quad (2.113)$$

В случае торможения поезда только за счет тормозной системы передних и задних колес ТТА:

$$j_m = \frac{\lambda}{(1+\lambda)} \varphi_{cy} g \quad (2.114)$$

где  $\lambda = \frac{G_n}{G_m}$  - относительный вес прицепа;  $\varphi_{cy}$  - коэффициент сцепления колес с поверхностью;  $g$  - ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;

В случае торможения за счет тормозной системы тягача с задними тормозящими колесами и ТГА со всеми тормозящими колесами

$$j_m = j_0 \frac{1}{1+\lambda} + \frac{\lambda}{1+\lambda} \varphi_{cy} g \quad (2.115)$$

где  $j_0$  - замедление тягача без ТГА,  $m/c^2$ .

С учетом (2.110-2.114 и 2.115) выражение виртуальной работы (2.108) будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} \delta A_{X_k} = & m_m \frac{\lambda}{(1+\lambda)} \varphi_{cy} g \cdot \delta X_k + P_{sp} \cdot \delta X_k - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кнн} \delta X_k - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кнл} \delta X_k - \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кзн} \delta X_k - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кзл} \delta X_k \end{aligned} \quad (2.116)$$

ИЛИ

$$\begin{aligned} \delta A_{X_k} = & m_m \left( j_0 \frac{1}{1+\lambda} + \frac{\lambda}{1+\lambda} \right) \varphi_{cy} g \cdot \delta X_k + P_{sp} \cdot \delta X_k - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кнн} \delta X_k - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кнл} \delta X_k - \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кзн} \delta X_k - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кзл} \delta X_k \end{aligned} \quad (2.117)$$

Обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате  $X_k$  будет равна:

$$\begin{aligned} Q_{X_k} = & m_m \frac{\lambda}{(1+\lambda)} \varphi_{cy} g + P_{sp} - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кнн} - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кнл} - \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кзн} - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кзл} \end{aligned} \quad (2.118)$$

ИЛИ

$$\begin{aligned}
Q_{Y_{\kappa}} = & m_m \left( j_0 \frac{1}{1+\lambda} + \frac{\lambda}{1+\lambda} \right) \varphi_{\text{ци}} g + P_{\text{кр}} - G_{\text{нр}} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\text{кнл}} - \\
& - G_{\text{нр}} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\text{кнл}} - \frac{G_{\text{нр}} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\text{кнл}} - \\
& - G_{\text{нр}} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\text{кнл}}
\end{aligned} \tag{2.119}$$

Для определения обобщенной силы соответствующей координате  $Y_{\kappa}$  предварительно определим виртуальную работу сил

$$\begin{aligned}
\delta A_{Y_{\kappa}} = & G_{\text{нр}} \cdot \sin \alpha \cdot \delta Y_{\kappa} - R_{\text{шшшш}} \cdot \delta Y_{\kappa} - R_{\text{шшшл}} \cdot \delta Y_{\kappa} - R_{\text{шшлл}} \cdot \delta Y_{\kappa} - R_{\text{швлл}} \cdot \delta Y_{\kappa} \\
& - R_{\text{швлл}} \cdot \delta Y_{\kappa} + R_{\text{лшл}} \cdot \delta Y_{\kappa} - R_{\text{лшл}} \cdot \delta Y_{\kappa}
\end{aligned} \tag{2.120}$$

где  $R_{\text{шшшш}}, R_{\text{шшшл}}, R_{\text{шшлл}}, R_{\text{швлл}}$  — силы, препятствующие боковому уводу шин правого переднего, левого переднего, заднего правого, заднего левого колес соответственно, Н;  $R_{\text{лшл}}, R_{\text{лшл}}$  — силы, действующие на левую и правую стороны устройства СПК соответственно, Н.

Сила, препятствующая боковому уводу шин, определяется из выражения:

$$R_{\text{ш}} = p_{\text{ш}} \cdot \delta, \tag{2.121}$$

где  $p_{\text{ш}}$  — коэффициент сопротивления боковому уводу, Н/рад;  $\delta$  — угол бокового увода, рад.

Для нахождения угла бокового увода воспользуемся следующим выражением:

$$\text{tg } \delta = \frac{Y_{\kappa}}{S}, \tag{2.122}$$

где  $S$  — путь, пройденный ТТА за время движения, м.

Путь, пройденный ТТА, представим в виде:

$$S = V_{\text{ТС}} \cdot t, \tag{2.123}$$

где  $t$  — время движения, с.

С учетом (2.123), запишем следующее выражение для определения угла бокового увода:

$$\delta = \text{arctg} \left( \frac{Y_{\kappa}}{V_{\text{ТС}} \cdot t} \right) \tag{2.124}$$

Тогда сила, препятствующая боковому уводу, будет равна:

$$R_{uu} = p_{uu} \cdot \arctg\left(\frac{Y_{\kappa}}{V_{TC} \cdot t}\right) \quad (2.125)$$

Сила, действующая на устройство стабилизации положения кузова, определяется из выражения:

$$R_{ЛП} = R_{ПП} = -kx, \quad (2.126)$$

где  $k$  – коэффициент жесткости пружины, Н/м;  $x$  – смещение кузова относительно положения равновесия, м.

С учетом (2.125) выражение виртуальной работы (2.120) будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} \delta A_{y_{\kappa}} = & G_{np} \cdot \sin \alpha \cdot \delta Y_{\kappa} - p_{ППП} \cdot \arctg\left(\frac{Y_{\kappa}}{V_{TC} \cdot t}\right) \cdot \delta Y_{\kappa} - p_{ППЛ} \cdot \arctg\left(\frac{Y_{\kappa}}{V_{TC} \cdot t}\right) \cdot \delta Y_{\kappa} - \\ & - p_{ПЗП} \cdot \arctg\left(\frac{Y_{\kappa}}{V_{TC} \cdot t}\right) \cdot \delta Y_{\kappa} - p_{ПЗЛ} \cdot \arctg\left(\frac{Y_{\kappa}}{V_{TC} \cdot t}\right) \cdot \delta Y_{\kappa} \end{aligned} \quad (2.127)$$

Обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате  $Y_{\kappa}$  будет равна:

$$\begin{aligned} Q_{y_{\kappa}} = & G_{np} \cdot \sin \alpha - p_{ППП} \cdot \arctg\left(\frac{Y_{\kappa}}{V_{TC} \cdot t}\right) - p_{ППЛ} \cdot \arctg\left(\frac{Y_{\kappa}}{V_{TC} \cdot t}\right) - \\ & - p_{ПЗП} \cdot \arctg\left(\frac{Y_{\kappa}}{V_{TC} \cdot t}\right) - p_{ПЗЛ} \cdot \arctg\left(\frac{Y_{\kappa}}{V_{TC} \cdot t}\right) \end{aligned} \quad (2.128)$$

Для определения виртуальной работы соответствующей координате  $Z_{\kappa}$ :

разобьем вес ТГА с грузом на веса, приходящиеся на каждое из колес, т.е.

$$\delta A_{Z_{\kappa}} = -(G_{КПП} \cdot \delta Z_{\kappa} + G_{КПЛ} \cdot \delta Z_{\kappa} + G_{КЗП} \cdot \delta Z_{\kappa} + G_{КЗЛ} \cdot \delta Z_{\kappa}) \quad (2.129)$$

Обобщенная сила соответствующая обобщенной координате  $Z_{\kappa}$ , будет равна:

$$Q_{Z_{\kappa}} = -(G_{КПП} + G_{КПЛ} + G_{КЗП} + G_{КЗЛ}) \quad (2.130)$$

С учетом (2.97, 2.98, 2.101, 2.102), получим

$$\begin{aligned}
Q_{Zk} = & -G_{np} \cdot \left[ \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) + \right. \\
& + \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) + \\
& + \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) + \\
& \left. + \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \right]
\end{aligned} \tag{2.131}$$

Виртуальная работа сил, соответствующая обобщенной координате  $\varphi$ , равна:

$$\begin{aligned}
\delta A_{\varphi} = & p_{шшш} \cdot \varphi \cdot L_1 \cdot \delta \varphi + p_{шшл} \cdot \varphi \cdot L_1 \cdot \delta \varphi - p_{шшп} \cdot \varphi \cdot L_2 \cdot \delta \varphi - \\
& - p_{швл} \cdot \varphi \cdot L_2 \cdot \delta \varphi + P_{кр} \cdot \delta \varphi - P_{кпп} \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \delta \varphi + P_{кпп} \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \delta \varphi - , \\
& - P_{кзп} \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \delta \varphi + P_{кзл} \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \delta \varphi
\end{aligned} \tag{2.132}$$

где  $P_{кр}$  — крюковая нагрузка на трактор, Н;  $P_{кпп}$ ,  $P_{клп}$ ,  $P_{кзп}$ ,  $P_{кзл}$  — сила сопротивления качению правого переднего, левого переднего, заднего правого и заднего левого колес соответственно, Н.

Выражение (2.132) виртуальной работы по обобщенной координате  $\varphi$  будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned}
\delta A_{\varphi} = & p_{шшш} \cdot \varphi \cdot L_1 \cdot \delta \varphi + p_{шшл} \cdot \varphi \cdot L_1 \cdot \delta \varphi - p_{шшп} \cdot \varphi \cdot L_2 \cdot \delta \varphi - p_{швл} \cdot \varphi \cdot L_2 \cdot \delta \varphi + \\
& + P_{кр} \cdot \delta \varphi - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кпп} \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \delta \varphi + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кпл} \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \delta \varphi - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кзп} \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \delta \varphi + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{кзл} \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \delta \varphi
\end{aligned} \tag{2.133}$$

где  $f_{кпп}$  и  $f_{кпл}$  — коэффициенты сопротивления качению на правом и левом передних колесах соответственно.

Учитывая выражение виртуальной работы (2.128) найдем обобщенную силу, соответствующую обобщенной координате  $\varphi$ :

$$\begin{aligned}
Q_\varphi = & p_{\text{шшш}} \cdot \varphi \cdot L_1 + p_{\text{шшл}} \cdot \varphi \cdot L_1 - p_{\text{шзл}} \cdot \varphi \cdot L_2 - p_{\text{шзл}} \cdot \varphi \cdot L_2 + P_{\text{сп}} - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\text{кшш}} \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\text{кшл}} \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\text{кзл}} \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\text{кзл}} \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta)
\end{aligned} \quad (2.134)$$

Для определения обобщенной силы, соответствующей обобщенной координате  $\psi$ , найдем виртуальную работу соответствующую данной координате:

$$\begin{aligned}
\delta A_\psi = & G_{\text{кшш}} \cdot L_1 \cdot \delta\psi + G_{\text{кшл}} \cdot L_1 \cdot \delta\psi - G_{\text{кзл}} \cdot L_2 \cdot \delta\psi - G_{\text{кзл}} \cdot L_2 \cdot \delta\psi + \\
& + G_{\text{кшш}} \cdot f_{\text{кшш}} \cdot h \cdot \delta\psi + G_{\text{кшл}} \cdot f_{\text{кшл}} \cdot h \cdot \delta\psi + G_{\text{кзл}} \cdot f_{\text{кзл}} \cdot h \cdot \delta\psi + G_{\text{кзл}} \cdot f_{\text{кзл}} \cdot h \cdot \delta\psi
\end{aligned} \quad (2.135)$$

Произведем преобразования выражения (2.130) и получим окончательное выражение виртуальной работы в следующем виде:

$$\begin{aligned}
\delta A_\psi = & G_{\text{кшш}} \cdot (L_1 + f_{\text{кшш}} \cdot h) \cdot \delta\psi + G_{\text{кшл}} \cdot (L_1 + f_{\text{кшл}} \cdot h) \cdot \delta\psi - \\
& - G_{\text{кзл}} \cdot (L_2 - f_{\text{кзл}} \cdot h) \cdot \delta\psi - G_{\text{кзл}} \cdot (L_2 - f_{\text{кзл}} \cdot h) \cdot \delta\psi
\end{aligned} \quad (2.136)$$

Обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате  $\psi$ , равна

$$\begin{aligned}
Q_\psi = & G_{\text{кшш}} \cdot (L_1 + f_{\text{кшш}} \cdot h) + G_{\text{кшл}} \cdot (L_1 + f_{\text{кшл}} \cdot h) - G_{\text{кзл}} \cdot (L_2 - f_{\text{кзл}} \cdot h) - \\
& - G_{\text{кзл}} \cdot (L_2 - f_{\text{кзл}} \cdot h)
\end{aligned} \quad (2.137)$$

С учетом (2.102; 2.103; 2.106; 2.107) получим следующее выражение для нахождения обобщенной силы  $Q_\psi$ :

$$\begin{aligned}
Q_\psi = & G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (L_1 + f_{\text{кшш}} \cdot h) + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (L_1 + f_{\text{кшл}} \cdot h) - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (L_2 - f_{\text{кзл}} \cdot h) - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (L_2 - f_{\text{кзл}} \cdot h)
\end{aligned} \quad (2.138)$$

Определим виртуальную работу, соответствующую обобщенной координате  $\theta$ :



$$\begin{aligned} \delta A_\theta = & G_{KIII} \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \delta \theta + G_{K3II} \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \delta \theta - G_{KIII} \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \delta \theta - \\ & G_{K3II} \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \delta \theta - R_{IIIII} \cdot h \cdot \delta \theta - R_{IIIII} \cdot h \cdot \delta \theta - R_{III3I} \cdot h \cdot \delta \theta - R_{III3I} \cdot h \cdot \delta \theta \end{aligned} \quad (2.139)$$

С учетом (2.94; 2.95; 2.98; 2.99) получим:

$$\begin{aligned} \delta A_\theta = & G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \delta \theta + \\ & + G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \delta \theta - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \delta \theta - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \delta \theta - \\ & - p_{IIIII} \cdot \varphi \cdot h \cdot \delta \theta - p_{IIIII} \cdot \varphi \cdot h \cdot \delta \theta - p_{III3I} \cdot \varphi \cdot h \cdot \delta \theta - p_{III3I} \cdot \varphi \cdot h \cdot \delta \theta \end{aligned} \quad (2.140)$$

Обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате  $\theta$ , равна:

$$\begin{aligned} Q_\theta = & G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) + G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \\ & \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (B_{\kappa 2} - \Delta) - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot (B_{\kappa 1} + \Delta) - p_{IIIII} \cdot \varphi \cdot h - p_{IIIII} \cdot \varphi \cdot h - p_{III3I} \cdot \varphi \cdot h - p_{III3I} \cdot \varphi \cdot h \end{aligned} \quad (2.141)$$

Окончательно система дифференциальных уравнений, описывающих движение ТТА с устройством СПК, выглядит следующим образом:

по обобщенной координате  $X_k$ :

$$\begin{aligned} m_{np} \cdot \ddot{X}_k = & m_m \frac{\lambda}{(1+\lambda)} \varphi_{cu} g + P_{sp} - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\kappa n n} - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\kappa n l} - \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\kappa n n} - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\kappa n l} \end{aligned} \quad (2.142)$$

ИЛИ

$$\begin{aligned} m_{np} \cdot \ddot{X}_k = & m_m \left( j_0 \frac{1}{1+\lambda} + \frac{\lambda}{1+\lambda} \right) \varphi_{cu} g + P_{sp} - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\kappa n n} - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\kappa n l} - \frac{G_{np} \cdot (h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha)}{L} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{\kappa 2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\kappa n n} - \\ & - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{\kappa 1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{\kappa 1} + B_{\kappa 2}} \right) \cdot f_{\kappa n l} \end{aligned} \quad (2.143)$$

по обобщенной координате  $Y_k$ :

$$\begin{aligned}
 m_{np} \cdot \ddot{Y}_k + C_{\mathcal{E}} \cdot (2Y_k - 2 \cdot \theta \cdot \Delta - Y_{k1}' - Y_{k2}') + k_{k1} \cdot \dot{Y}_k + k_{k1} \sum_{i=1}^n \dot{\phi} \cdot H_{i1} - k_{k1} \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta - k_{k1} \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{ki1} + \\
 + k_{k2} \cdot \dot{Y}_k - k_{k2} \sum_{i=1}^n \dot{\phi} \cdot H_{i2} - k_{k2} \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta - k_{k2} \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{ki2} = G_{np} \cdot \sin \alpha - p_{\text{ШШШ}} \cdot \arctg \left( \frac{Y_k}{V_{TC} \cdot t} \right) \\
 - p_{\text{ШШЛ}} \cdot \arctg \left( \frac{Y_k}{V_{TC} \cdot t} \right) - p_{\text{ШЗП}} \cdot \arctg \left( \frac{Y_k}{V_{TC} \cdot t} \right) - p_{\text{ШЗЛ}} \cdot \arctg \left( \frac{Y_k}{V_{TC} \cdot t} \right)
 \end{aligned} \quad (2.144)$$

по обобщенной координате  $Z_k$ :

$$\begin{aligned}
 m_{np} \cdot \ddot{Z}_k + G_{np} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta + 2 \cdot (C_{\mathcal{E}Пк} + C_{\mathcal{E}Зк}) \cdot Z_k + 2 \cdot (C_{\mathcal{E}Пк} + C_{\mathcal{E}Зк}) \cdot (L_{k2} - L_{k1}) \cdot \psi - \\
 - (C_{\mathcal{E}Пк} + C_{\mathcal{E}Зк}) \cdot (B_{k2} + B_{k1}) \cdot \theta - \left[ C_{\mathcal{E}Пк} \cdot (Z_{k1}' + S_{k1} + Z_{k2}' + S_{k2}) + C_{\mathcal{E}Зк} \cdot (Z_{k3}' + S_{k3} + Z_{k4}' + S_{k4}) \right] + \\
 + 2 \cdot (k_{k\mathcal{E}П} + k_{k\mathcal{E}З}) \cdot \dot{Z}_k + (k_{k\mathcal{E}П} + k_{k\mathcal{E}З}) \cdot (L_{k2} - L_{k1}) \cdot \dot{\psi} - 2 \cdot (k_{k\mathcal{E}П} + k_{k\mathcal{E}З}) \cdot \Delta \cdot \dot{\theta} - \\
 \left[ k_{k\mathcal{E}П} \cdot (\dot{Z}'_{k1} + \dot{Z}'_{k2}) + k_{k\mathcal{E}З} \cdot (\dot{Z}'_{k3} + \dot{Z}'_{k4}) \right] = -G_{np} \cdot \left[ \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{k2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) + \right. \\
 + \left. \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{k1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) + \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{k2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) + \right. \\
 \left. + \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{k1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) \right]
 \end{aligned} \quad (2.145)$$

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 ((Z_{k3}' + S_{k3}) \cdot (B_{k1} + \Delta) - (Z_{k4}' + S_{k4}) \cdot (B_{k2} - \Delta)) \left. \right] + C_{\mathcal{E}} \cdot (2\Delta Y_k + 2\theta \cdot \Delta^2 + \Delta \cdot (Y'_{k1} + Y'_{k2})) - \\
 - 2 \cdot (k_{k\mathcal{E}П} + k_{k\mathcal{E}З}) \cdot \Delta \cdot \dot{Z}_k + 2\dot{\theta} \cdot \left[ k_{k\mathcal{E}П} \cdot (B_{k1}^2 + \Delta^2) + k_{k\mathcal{E}З} \cdot (B_{k2}^2 + \Delta^2) \right] + 2 \cdot \Delta \cdot (k_{k\mathcal{E}П} \cdot L_{k1} - k_{k\mathcal{E}З} \cdot L_{k2}) \cdot \dot{\psi} + \\
 + \left[ k_{k\mathcal{E}П} \cdot ((B_{k1} + \Delta) \cdot \dot{Z}'_{k1} - (B_{k1} - \Delta) \cdot \dot{Z}'_{k2}) + k_{k\mathcal{E}З} \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}_k - k_{k1} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{\phi} \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}_k + \\
 + k_{k2} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \cdot \dot{\phi} \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{ШШШ}} \cdot \varphi \cdot h - p_{\text{ШШЛ}} \cdot \varphi \cdot h - p_{\text{ШЗП}} \cdot \varphi \cdot h - p_{\text{ШЗЛ}} \cdot \varphi \cdot h
 \end{aligned} \quad (2.146)$$

по обобщенной координате  $\psi$

$$\begin{aligned}
& I_{kY'} \cdot \ddot{\psi} \cdot \cos^2 \beta + 2(C_{\mathcal{E}IIK} \cdot L_{k1}^2 + C_{\mathcal{E}3K} \cdot L_{k2}^2) \cdot \dot{\psi} + 2 \cdot (C_{\mathcal{E}IIK} + C_{\mathcal{E}3K}) \cdot (L_{k2} - L_{k1}) \cdot Z_k + \\
& + (C_{\mathcal{E}IIK} + C_{\mathcal{E}3K}) \cdot (B_{k1} - B_{k2} + 2\Delta) \cdot (L_{k1} - L_{k2}) \cdot \theta + \\
& + [C_{\mathcal{E}IIK} \cdot L_{k1} \cdot (Z_{k1}' + S_{k1} + Z_{k2}' + S_{k2}) - C_{\mathcal{E}3K} \cdot L_{k2} \cdot (Z_{k3}' + S_{k3} + Z_{k4}' + S_{k4})] + \\
& + 2(k_{k\mathcal{E}II} \cdot L_{k1}^2 + k_{k\mathcal{E}3} \cdot L_{k2}^2) \cdot \dot{\psi} + (k_{k\mathcal{E}II} + k_{k\mathcal{E}3}) \cdot (L_{k2} - L_{k1}) \cdot \dot{Z}_k + \\
& + 2 \cdot \Delta \cdot (k_{k\mathcal{E}II} \cdot L_{k1} - k_{k\mathcal{E}3} \cdot L_{k2}) \cdot \dot{\theta} + [k_{k\mathcal{E}II} \cdot L_{k1} \cdot (\dot{Z}'_{k1} + \dot{Z}'_{k2}) - k_{k\mathcal{E}3} \cdot L_{k2} \cdot (\dot{Z}'_{k3} + \dot{Z}'_{k4})] = \\
& = G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{k2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) \cdot (L_1 + f_{KIII} \cdot h) + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{k1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) \cdot (L_1 + f_{KIII} \cdot h) - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{k2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) \cdot (L_2 - f_{K3II} \cdot h) - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{k1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) \cdot (L_2 - f_{K3II} \cdot h)
\end{aligned} \tag{2.147}$$

по обобщенной координате  $\varphi$

$$\begin{aligned}
& I_{kZ} \cdot \ddot{\varphi} \cdot \cos^2 \beta + C_{\mathcal{E}} \cdot (2 \cdot H_2^2 \cdot \varphi - H_2 \cdot (Y_{k1}' - Y_{k2}')) - \\
& - k_{k1} \cdot \sum_{i=1}^n H_{i1} \cdot \dot{Y}_k - k_{k1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\varphi} \cdot H_{i1}^2 - k_{k1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{ki1} \cdot H_{i1} - k_{k1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot H_{i1} - \\
& - k_{k2} \cdot \sum_{i=1}^n H_{i2} \cdot \dot{Y}_k + k_{k2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\varphi} \cdot H_{i2}^2 + k_{k2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{Y}'_{ki2} \cdot H_{i2} + k_{k2} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\theta} \cdot \Delta \cdot H_{i2} = \\
& = p_{IIII} \cdot \varphi \cdot L_1 + p_{IIII} \cdot \varphi \cdot L_1 - p_{III} \cdot \varphi \cdot L_2 - p_{III} \cdot \varphi \cdot L_2 + P_{kp} - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{k2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) \cdot f_{KIII} \cdot (B_{k2} - \Delta) + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{L_2 \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{k1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) \cdot f_{KIII} \cdot (B_{k1} + \Delta) - \\
& - G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \beta + (B_{k2} - \Delta) \cdot \cos \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) \cdot f_{K3II} \cdot (B_{k2} - \Delta) + \\
& + G_{np} \cdot \left( \frac{h \cdot \sin \alpha + L_1 \cdot \cos \alpha}{L} \right) \cdot \left( \frac{(B_{k1} + \Delta) \cdot \cos \beta - h \cdot \sin \beta}{B_{k1} + B_{k2}} \right) \cdot f_{K3II} \cdot (B_{k1} + \Delta)
\end{aligned} \tag{2.148}$$

Движение ТГА с устройством СПК по полю описано системой из шести нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка. Как видно, система (2.142-2.148) 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 (2.142-2.148) решалась дважды: первый раз с нулевыми, начальными условиями ( $\dot{X}_k = 0; \dot{Y}_k = 0; \dot{Z}_k = 0; \dot{\psi} = \dot{\theta} = \dot{\varphi} = 0; X_k = 0; Y_k = 0; Z_k = 0; \psi = 0; \theta = 0; \varphi = 0$ ). И второй раз с отличным от нуля начальными условиями

$$[78] \quad (\dot{X}_k = \dot{Y}_k = \dot{Z}_k = 0,01 \text{ м/с}; \quad \dot{\psi} = \dot{\theta} = \dot{\varphi} = 0,017 \text{ рад/с}; \quad X_k = Y_k = Z_k = 0,005 \text{ м};$$

$\psi=\theta= \varphi=0,0087$  рад) при следующих постоянных величинах: жесткость передней и задней подвески транспортного средства  $C_{II}=203$ кН/м; жесткость шин  $C_{III}=960$ кН/м; коэффициент сопротивления подвески транспортного средства  $k_{кII}=51$ (Н·с)/м; коэффициент сопротивления шины транспортного средства  $k_{кIII}=1,9$ (Н·с)/м; ширина колеи прицепа  $B_K=1,81$  м; колесная база прицепа  $L_K=2,715$  м. Эти величины взяты из паспортных данных на прицеп 2ПТС-4, протокола №13-41-98 (2030011) периодических испытаний прицепа тракторного самосвального 2-ПТС-4 модели 887, результатов исследований ученых [57]. Остальные параметры при проведении экспериментальных исследований менялись в той либо иной степени.

По результатам расчета построены зависимости амплитуды колебаний скорости по обобщенным координатам  $Y_k, Z_k, \theta, \psi$  и  $\varphi$  при невозмущенном движении (рисунок 2.7) при этом установлено, что движение ТТА с устройством СПК по обобщенным координатам  $Y_k$  и  $\varphi$  описывается экспоненциальной зависимостью.

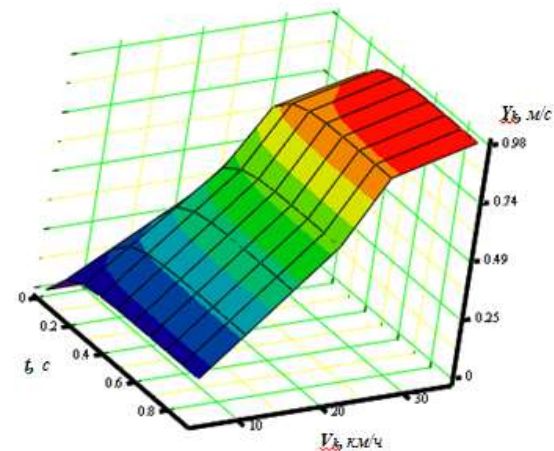
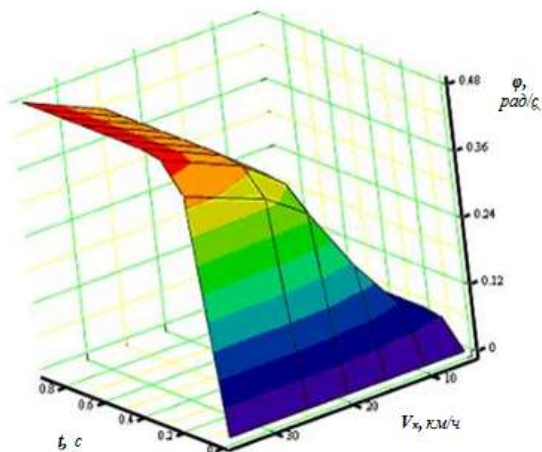
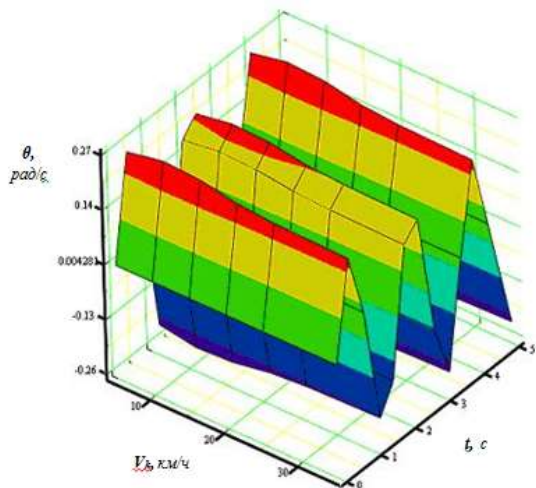
По результатам решения системы (2.142-2.148) при условии действия возмущающих факторов было установлено, что условие устойчивости по Ляпунову соблюдается. Следовательно, вероятность возникновения резонанса по каждой из обобщенных координат при движении ТТА с устройством СПК незначительна (0,05-0,07).

С целью определения  $V_{ГП}$  продифференцируем выражение (2.17) по времени

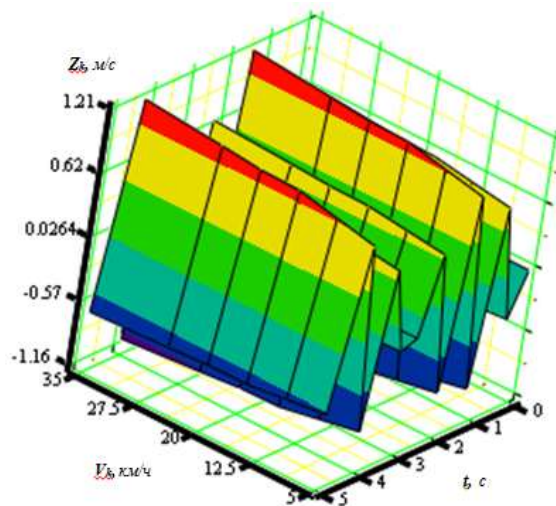
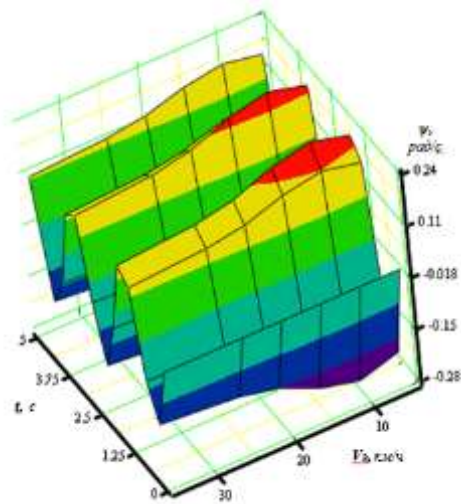
$$\begin{cases} \dot{X} = \dot{X}_k - \dot{\varphi} \cdot Y' + \dot{\psi} \cdot Z'; \\ \dot{Y} = \dot{Y}_k + \dot{\varphi} \cdot X' - \dot{\theta} \cdot Z'; \\ \dot{Z} = \dot{Z}_k - \dot{\psi} \cdot X' + \dot{\theta} \cdot Y' \end{cases} \quad (2.149)$$

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

$$V_{ГП} = \sqrt{(\dot{X}_k - \dot{\varphi} \cdot Y' + \dot{\psi} \cdot Z')^2 + (\dot{Y}_k + \dot{\varphi} \cdot X' - \dot{\theta} \cdot Z')^2 + (\dot{Z}_k - \dot{\psi} \cdot X' + \dot{\theta} \cdot Y')^2} \quad (2.150)$$



а) по обобщенной координате  $\theta$  (покачивание); б) по обобщенной координате  $\varphi$  (виляние); в) по обобщенной координате  $Y_k$  (увод);



г) по обобщенной координате  $\psi$  (галомирование); д) по обобщенной координате  $Z_k$  (подпрыгивание);

Рисунок 2.7 - Зависимость амплитуды скорости колебаний грузовой платформы ТГА от времени и скорости движения по обобщенным координатам

Расчет согласно выражению (2.150) 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° достигает 70-85% от скорости вертикальных колебаний (см. приложение К).

Скорость движения ТГА 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. При обшивке металлических или деревянных внутренних поверхностей кузова мягкой тканью скорость ВП яблок и картофеля модернизированным ТГА может быть увеличена до 25,6 км/ч и 26,3 км/ч соответственно [292].

## **2.5 Анализ процесса выгрузки клубней из ТГА с усовершенствованной конструкцией кузова и выбор параметров самосвального кузова**

Выгрузка клубней из ТГА с усовершенствованным самосвальным кузовом производится в четыре этапа (рис. 2.8):

На первом этапе выгружается та часть груза, которая расположена у заднего борта до первой ближней к нему перегородки и та продукция, которая располагается выше осей этих перегородок;

На втором этапе через освободившееся пространство выгружается продукция, находящаяся во II секции кузова;

На третьем этапе через освободившееся пространство выгружается продукция, находящаяся в III секции кузова;

На заключительном четвертом этапе выгружается оставшаяся продукция, расположенная между дальней перегородкой и передним бортом кузова, тем самым, исключая явление сгуживания.

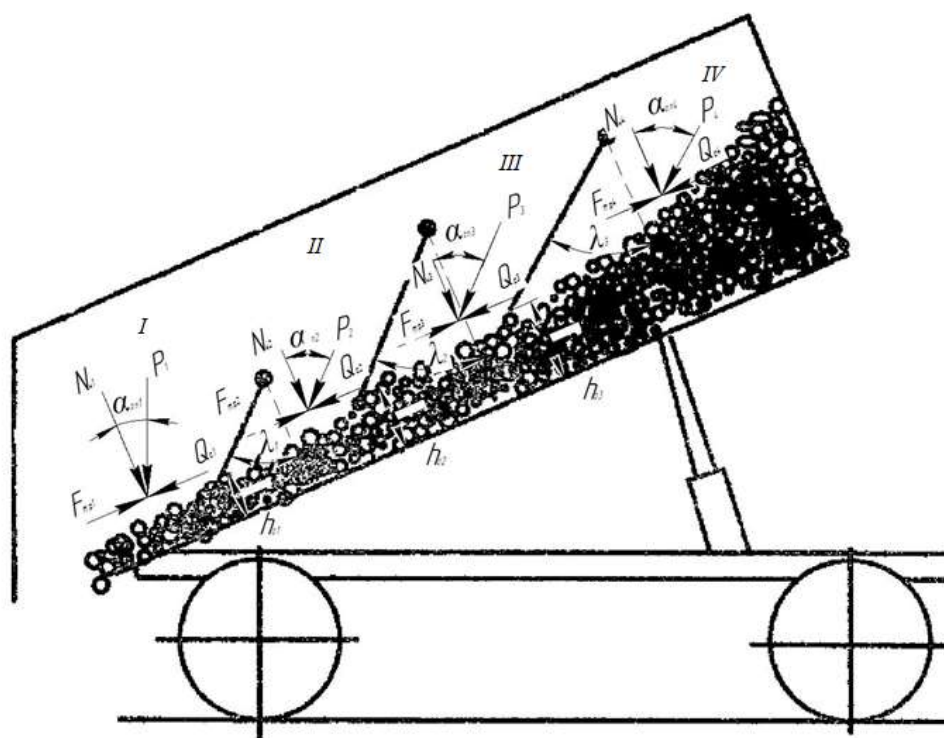


Рисунок 2.8 – Схема выгрузки клубней с помощью усовершенствованной конструкции самосвального кузова прицепа 2ПТС-4

Перевозимые клубни в кузове укладываются навалом. Поэтому их можно рассматривать как зернистые тела распорной структуры, к которым применимы отдельные положения механики зернистых сред.

Клубни, ограниченные стенками кузова, можно рассматривать как зернистое тело при следующих предпосылках:

1. Клубни, составляющие зернистое тело, обладают некоторой твердостью и способны передавать усилие от одного к другому;
2. Варьирование размеров отдельных клубней относительно среднего размера носит случайный характер, позволяющий непрерывным образом изменить высоту слоя клубней;
3. Клубни в кузове ТТА размещаются независимым и случайным образом и распределяются по объему секций кузова статически равномерно со средней плотностью  $\gamma$ ;
4. Размеры отдельного клубня значительно меньше объема кузова ТТА с усовершенствованным самосвальным кузовом.

Рассмотрим процесс высыпания клубней из кузова ТТА с усовершенствованным самосвальным кузовом на четырех этапах разгрузки. Предположим, что величины перемещения клубней и их скорости будут зависеть от угла наклона грузовой платформы  $\alpha_{гп}$ , углов открытия поперечных перегородок  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  и высот открывания поперечных перегородок  $h_{o1}, h_{o2}$  и  $h_{o3}$  кузова ТТА с усовершенствованным самосвальным кузовом.

Для определения угла наклона кузова рассмотрим состояние насыпи клубней в кузове при его наклоне на некоторые углы  $\alpha_{гп1}, \alpha_{гп2}, \alpha_{гп3}$  и  $\alpha_{гп4}$ .

Действие массы клубней, заключенной в объеме I секции (между задним бортом и ближней к нему поперечной перегородки), на плоскость дна представляется силой равной весу  $P_{к1}$  клубней, которую заменяем нормальным усилием  $N_{н1}$  и силой сдвига  $Q_{с1}$ , при чем

$$\begin{aligned} N_{н1} &= P_{к1} \cos \alpha_{сн1} \\ Q_{с1} &= P_{к1} \sin \alpha_{сн1} \end{aligned} \quad (2.151)$$

В связи с тем, что на первом этапе разгрузки выгружается еще часть продукции, расположенной выше осей перегородок, то действительный вес клубней  $P_{к1}$  должен определяться с учетом веса части клубней из второй  $P_2$ , третьей  $P_3$  и четвертой  $P_4$  секций грузовой платформы ТТА с усовершенствованным самосвальным кузовом. Тогда  $P_{к1}$  будет определяться следующим образом:

$$P_{к1} = P_1 + \frac{1}{3} P_2 + \frac{1}{4} P_3 + \frac{1}{5} P_4 \quad (2.152)$$

где  $\frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}$  - коэффициенты, учитывающие долю веса клубней выгружаемых на I этапе разгрузки из 2-ой, 3-ей и 4-ой секций кузова соответственно.

Если предположить, что поперечные перегородки разделяют кузов ТС на четыре равных (сдвоенных) секции, т.е.  $P_1=P_2=P_3=P_4=P_{ср}$  ( $P_{ср}$  примем за условную усредненную величину веса клубней, размещенных в секциях



кузова ТГА, Н), то окончательно выражение (2.152) примет следующий вид

$$P_{к1} = 1 \frac{47}{60} P_{cp} \approx 1,783 P_{cp} \quad (2.153)$$

Тогда выражения (2.151) запишутся с учетом формулы (2.153) в следующем виде

$$\begin{aligned} N_{н1} &= 1,783 P_{cp} \cos \alpha_{эн1} \\ Q_{с1} &= 1,783 P_{cp} \sin \alpha_{эн1} \end{aligned} \quad (2.154)$$

Действие массы клубней, заключенных в объемах II, III и IV секциях, на плоскость дна представляются силами равными весу  $P_{к2}$ ,  $P_{к3}$  и  $P_{к4}$  клубней, которые заменяем нормальными усилиями  $N_{н2}$ ,  $N_{н3}$ ,  $N_{н4}$  и силами сдвига  $Q_{с2}$ ,  $Q_{с3}$  и  $Q_{с4}$  при чем

$$\begin{aligned} N_{н2} &= P_{к2} \cos \alpha_{эн2} \\ Q_{с2} &= P_{к2} \sin \alpha_{эн2} \end{aligned} \quad (2.155)$$

$$\begin{aligned} N_{н3} &= P_{к3} \cos \alpha_{эн3} \\ Q_{с3} &= P_{к3} \sin \alpha_{эн3} \end{aligned} \quad (2.156)$$

$$\begin{aligned} N_{н4} &= P_{к4} \cos \alpha_{эн4} \\ Q_{с4} &= P_{к4} \sin \alpha_{эн4} \end{aligned} \quad (2.157)$$

С учетом того, что часть веса  $P_{к2}$ ,  $P_{к3}$  и  $P_{к4}$  клубней была выгружена на первом этапе разгрузки кузова и с учетом формулы (2.151) выражения (2.155 – 2.157) примут следующий вид

$$\begin{aligned} N_{н2} &= \frac{2}{3} P_2 \cos \alpha_{эн2} = \frac{2}{3} P_{cp} \cos \alpha_{эн2} \\ Q_{с2} &= \frac{2}{3} P_2 \sin \alpha_{эн2} = \frac{2}{3} P_{cp} \sin \alpha_{эн2} \end{aligned} \quad (2.158)$$

$$\begin{aligned} N_{н3} &= \frac{3}{4} P_3 \cos \alpha_{эн3} = \frac{3}{4} P_{cp} \cos \alpha_{эн3} \\ Q_{с3} &= \frac{3}{4} P_3 \sin \alpha_{эн3} = \frac{3}{4} P_{cp} \sin \alpha_{эн3} \end{aligned} \quad (2.159)$$

$$\begin{aligned}
 N_{н4} &= \frac{4}{5} P_4 \cos \alpha_{zn4} = \frac{4}{5} P_{cp} \cos \alpha_{zn4} \\
 Q_{c4} &= \frac{4}{5} P_4 \sin \alpha_{zn4} = \frac{4}{5} P_{cp} \sin \alpha_{zn4}
 \end{aligned}
 \tag{2.160}$$

где  $\frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{4}{5}$  - коэффициенты, учитывающие долю веса клубней оставшихся во 2-ой, 3-ей и 4-ой секциях кузова соответственно от I этапа разгрузки.

Если предположить, что углы подъема кузова  $\alpha_{гп2}, \alpha_{гп3}$  и  $\alpha_{гп4}$  будут равными предельным углам открытия  $\lambda_1, \lambda_2$  и  $\lambda_3$  соответствующих поперечных перегородок, то выражения (2.158-2.160) примут следующий вид

$$\begin{aligned}
 N_{н2} &= \frac{2}{3} P_{cp} \cos \lambda_1 \\
 Q_{c2} &= \frac{2}{3} P_{cp} \sin \lambda_1
 \end{aligned}
 \tag{2.161}$$

$$\begin{aligned}
 N_{н3} &= \frac{3}{4} P_{cp} \cos \lambda_2 \\
 Q_{c3} &= \frac{3}{4} P_{cp} \sin \lambda_2
 \end{aligned}
 \tag{2.162}$$

$$\begin{aligned}
 N_{н4} &= \frac{4}{5} P_{cp} \cos \lambda_3 \\
 Q_{c4} &= \frac{4}{5} P_{cp} \sin \lambda_3
 \end{aligned}
 \tag{2.163}$$

При наличии в массе клубней внутреннего трения и возможности сползания появляются силы трения

$$F_{mp1} = f_1 \cdot N_{н1} = tg \varphi_1 \cdot N_{н1} \tag{2.164}$$

$$F_{mp2} = f_2 \cdot N_{н2} = tg \varphi_2 \cdot N_{н2} \tag{2.165}$$

$$F_{mp3} = f_3 \cdot N_{н3} = tg \varphi_3 \cdot N_{н3} \tag{2.166}$$

$$F_{mp4} = f_4 \cdot N_{н4} = tg \varphi_4 \cdot N_{н4} \tag{2.167}$$

где  $f_1, f_2, f_3$  и  $f_4$  – коэффициенты внутреннего трения клубней;  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$  – углы внутреннего трения.

Подставив значения  $N_{н1}, N_{н2}, N_{н3}$  и  $N_{н4}$  из формул (2.154) и (2.164-2.167) получим

$$F_{mp1} = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot 1,783 \cdot P_{cp} \cos \alpha_{en1} \quad (2.168)$$

$$F_{mp2} = \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \frac{2}{3} \cdot P_{cp} \cos \lambda_1 \quad (2.169)$$

$$F_{mp3} = \operatorname{tg} \varphi_3 \cdot \frac{3}{4} \cdot P_{cp} \cos \lambda_2 \quad (2.170)$$

$$F_{mp4} = \operatorname{tg} \varphi_4 \cdot \frac{4}{5} \cdot P_{cp} \cos \lambda_3 \quad (2.171)$$

Момент начала сдвига массы клубней должен соответствовать предельному равновесию, когда силы сдвига  $Q_{c1}, Q_{c2}, Q_{c3}$  и  $Q_{c4}$  равны силам трения, т.е.

$$Q_{c1} = F_{mp1}, Q_{c2} = F_{mp2}, Q_{c3} = F_{mp3} \text{ и } Q_{c4} = F_{mp4}$$

ИЛИ

$$1,783 P_{cp} \sin \alpha_{en1} = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot 1,783 \cdot P_{cp} \cos \alpha_{en1} \quad (2.172)$$

$$\frac{2}{3} P_{cp} \sin \lambda_1 = \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \frac{2}{3} P_{cp} \cos \lambda_1 \quad (2.173)$$

$$\frac{3}{4} P_{cp} \sin \lambda_2 = \operatorname{tg} \varphi_3 \cdot \frac{3}{4} P_{cp} \cos \lambda_2 \quad (2.174)$$

$$\frac{4}{5} P_{cp} \sin \lambda_3 = \operatorname{tg} \varphi_4 \cdot \frac{4}{5} P_{cp} \cos \lambda_3 \quad (2.175)$$

Разделив обе части равенств (2.172-2.175) на  $1,783 \cdot P_{cp} \cos \alpha_{en1}$ ,

$\frac{2}{3} P_{cp} \cos \lambda_1$ ,  $\frac{3}{4} P_{cp} \cos \lambda_2$  и  $\frac{4}{5} P_{cp} \cos \lambda_3$  соответственно получим

$$\operatorname{tg} \alpha_{en1} = \operatorname{tg} \varphi_1; \quad \operatorname{tg} \lambda_1 = \operatorname{tg} \varphi_2; \quad \operatorname{tg} \lambda_2 = \operatorname{tg} \varphi_3; \quad \operatorname{tg} \lambda_3 = \operatorname{tg} \varphi_4 \quad (2.176)$$

Следовательно, в предельном равновесии углы  $\alpha_{en1}, \lambda_1, \lambda_2$  и  $\lambda_3$  отклонения равнодействующих сил по плоскости сползания равны углам внутреннего трения  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  и  $\varphi_4$  соответственно.

Приведенные рассуждения характерны для случая, когда клубни обладали бы свойством абсолютно сыпучих тел. В действительности масса клубней характеризуется связностью, т.е. между клубнями имеет место эффект сцепления и сползание будет зависеть от коэффициента внутреннего сдвига, который больше  $f_i$  и определяется из выражения [7].

$$f_{cdi} = f_i + \frac{\tau_o}{\sigma}, \quad (2.177)$$

где  $\tau_o$  – начальное сопротивление сдвигу, кПа;  $\sigma$  – нормальное давление клубней, кПа.

В силу того, что  $f_{cdi} > f_i$ , а предельное равновесие по плоскости сползания будет иметь место при  $\text{tg}\alpha_{en1} = f_{cd1}$ ,  $\text{tg}\lambda_1 = f_{cd2}$ ,  $\text{tg}\lambda_2 = f_{cd3}$  и  $\text{tg}\lambda_3 = f_{cd4}$  соответственно. Для того, чтобы клубни при наклоне кузова не сползали, а выкатывались порциями по днищу кузова принимаем угол наклона кузова равным углу внутреннего трения клубней, так как предельные углы скатывания меньше углов внутреннего трения.

При определении предельных высот открывания поперечных перегородок  $h_{01}$ ,  $h_{02}$  и  $h_{03}$  кузова на II, III и IV этапах разгрузки следует учитывать:

1. Подачу при выгрузке;
2. Допустимую скорость перемещения клубней при открытии поперечных перегородок, м/с;
3. Явление сводообразования.

Допустимая скорость клубней (с точки зрения механических повреждений) при выходе их из II, III и IV секций регулируется тем, что подъем кузова осуществляется плавно и клубни не получают свободного движения.

Определим предельные высоты открывания поперечных перегородок  $h_{01}$ ,  $h_{02}$  и  $h_{03}$  кузова из условий отсутствия сводообразования. Для устранения сводообразования связных насыпных грузов, гидравлические радиусы выпускных отверстий  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  должны превышать

гидравлические радиусы наибольших сводообразующих отверстий  $R_{сдi}$ , а последние определяются из выражения [7]:

$$R_{сдi} = \frac{\tau_o (1 - \sin \varphi_i)}{\gamma} \quad (2.178)$$

где  $\gamma$  – плотность клубней, кг/м<sup>3</sup>

Гидравлический радиус представляет отношение площади выпускного отверстия к его периметру

$$R_i = \frac{0,5h_{oi}L_{oi}}{h_{oi} + L_{oi}} \quad (2.179)$$

где  $h_{oi}$  и  $L_{oi}$  – соответственно высоты и длины выпускных отверстий, м.

По выражениям (2.178) и (2.179) находятся высоты выгрузных окон. Начальное сопротивление сдвигу массы клубней нами определено экспериментально.

Определим конечные скорости движения клубней, из уравнения живых сил при предельной скорости движения клубней  $V_{пс}=2,0$  м/с [7], причем  $V_{ki} \leq V_{пс}$

$$\frac{1}{2} m_k (V_{k1}^2 - V_n^2) = m_k g l_1 \sin \lambda_1 - f_{mp.k} m_k g l_1 \quad (2.180)$$

$$\frac{1}{2} m_k (V_{k2}^2 - V_n^2) = m_k g (l_1 + l_2) \sin \lambda_2 - f_{mp.k} m_k g (l_1 + l_2) \quad (2.181)$$

$$\frac{1}{2} m_k (V_{k3}^2 - V_n^2) = m_k g (l_1 + l_2 + l_3) \sin \lambda_3 - f_{mp.k} m_k g (l_1 + l_2 + l_3) \quad (2.182)$$

где  $m_k$  – масса одного клубня, кг;  $V_n$  – начальная скорость движения клубней, м/с ( $V_n=0$  м/с);  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $f_{тр.к}$  – коэффициент трения качения по диаметру клубня ( $f_{тр.к}=0,08...0,18$  [72, 301]);  $l_1, l_2, l_3$  – длины скатных участков секций II – IV, м.

Исходя из того, что поперечные перегородки разделяют кузов на четыре сдвоенных равных секции, то  $l_1=l_2=l_3$  и тогда выражения (2.180-2.182) примут следующий вид

$$\frac{1}{2} m_k V_{k1}^2 = m_k g l_1 \sin \lambda_1 - f_{mp.k} m_k g l_1 \quad (2.183)$$

$$\frac{1}{2} m_k V_{k2}^2 = 2m_k g l_1 \sin \lambda_2 - 2f_{mp.k} m_k g l_1 \quad (2.184)$$

$$\frac{1}{2} m_k V_{k3}^2 = 3m_k g l_1 \sin \lambda_3 - 3f_{mp.k} m_k g l_1 \quad (2.185)$$

После преобразования выражений (2.183-2.185) получим:

$$V_{k1} = \sqrt{2gl_1(\sin \alpha_{en1} - f_{mp.k})} \quad (2.186)$$

$$V_{k2} = \sqrt{4gl_1(\sin \lambda_1 - f_{mp.k})} \quad (2.187)$$

$$V_{k3} = \sqrt{6gl_1(\sin \lambda_2 - f_{mp.k})} \quad (2.188)$$

Таким образом, нами получены выражения для определения параметров усовершенствованного самосвального кузова ТТА. Появляется возможность регулирования подачи картофельного вороха за счет поочередного открывания поперечных перегородок, и исключается явление сводообразования, что позволяет получить качественную товарную продукцию на выходе [7].

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

## **2.6 Устройства стабилизации ТТА при движении и оптимизации технологического процесса разгрузки**

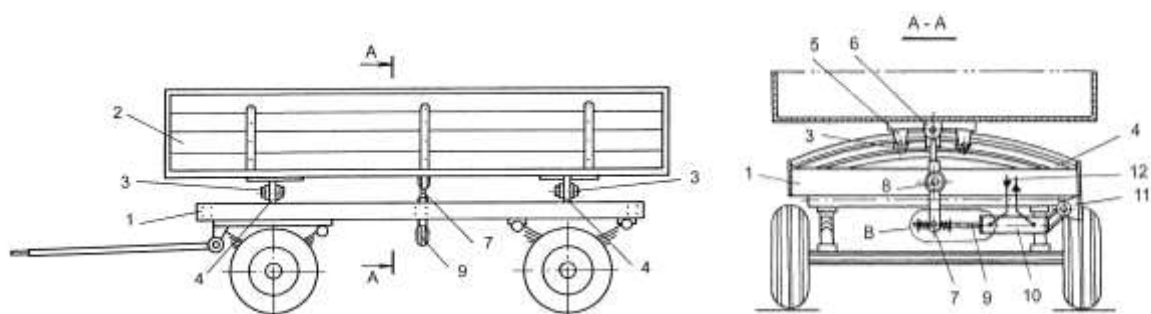
Современное развитие сельскохозяйственного производства основывается на использовании высокопроизводительной техники и энергосберегающих технологий. Основным направлением повышения производительности труда в сельском хозяйстве является повышение энергонасыщенности применяемых колесных тракторов. В этом случае наиболее острой становится проблема оптимизации состава и эффективного использования машинно-тракторных агрегатов (МТА), в том числе повышения эксплуатационных показателей МТА за счет уменьшения виляния прицепа в поперечной плоскости [35, 199].

На основе анализа проведенных теоретических и патентных исследований устройств, способствующих стабилизации процессов разгрузки и движения ТТА [247, 248] для решения проблем, связанных с использованием техники в сельском хозяйстве предложено применять вспомогательные устройства, позволяющие снизить количество повреждений продукции, получаемых при перевозке по внутрихозяйственным направлениям [176, 178, 179, 180, 182].

С целью уменьшения повреждений картофеля и яблок, путем снижения уровня поперечных колебаний грузовой платформы ТТА нами предлагается устройство СПК ТТА (патент РФ №81152).

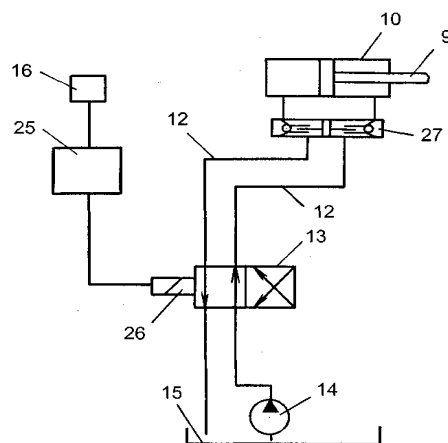
Устройство СПК ТТА [290, 292] состоит (рис. 2.9) из рамы 1, кузова 2, установленного на роликах 3, расположенных в дугообразных направляющих 4 рамы 1. Ролики 3 связаны с помощью кронштейнов 5 с кузовом 2. Кузов 2 ТТА в средней части серьгой 6 шарнирно связан с одним плечом телескопического двуплечего рычага 7, ось 8 вращения которого закреплена в середине рамы 1. С другим плечом рычага 7 шарнирно связан шток 9 силового гидроцилиндра 10, закрепленного к раме 1 шарнирно с помощью кронштейна 11 и гидрошлангами 12 соединенный с двухпозиционным электроуправляемым

гидрораспределителем 13 (рис. 2.10), масляным насосом 14 и гидробаком 15. В цепь автоматического управления гидрораспределителем 13 включен центробежный датчик 16.



1 – рама, 2 – кузов, 3 – ролики, 4 – дугообразные направляющие, 5 – кронштейны, 6 – серьга, 7 – телескопический двуплечий рычаг, 8 – ось, 9 – шток, 10 – силовой гидроцилиндр, 11 – кронштейн, 12 – гидрошланги.

Рисунок 2.9 – ТГА, вид сбоку и разрез А-А



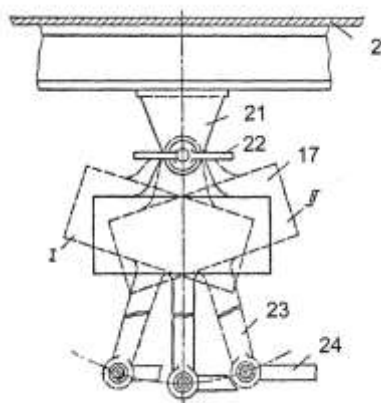
9 – шток, 10 – силовой гидроцилиндр, 12 – гидрошланги, 13 - двухпозиционный электроуправляемый гидрораспределитель, 14 – масляный насос, 15 – гидробак, 16 – центробежный датчик, 25 – усилитель мощности, 26 – электромагнит, 27 - запорный клапан.

Рисунок 2.10 - Принципиальная схема включения силового гидроцилиндра

Датчик 16 состоит из корпуса 17 (рис. 2.12), потенциометра 18, подвижного грузика 19, связанного с корпусом датчика 17 пружинами 20. Корпус 17 центробежного датчика 16 крепится к кронштейну 21 (рис. 2.11), жестко связанному с кузовом 2 в средней его части с помощью

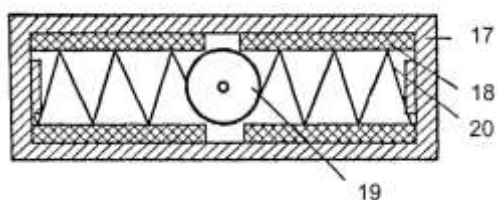


зажимного винта 22. Корпус 17 центробежного датчика 16 связан через рычаг 23 с тягой 24 ручного управления разгрузкой. Кроме центробежного датчика 16 в цепь автоматического управления гидрораспределителем 13 входят усилитель 25 мощности (рис. 2.10) и электромагнит 26. На гидроцилиндре 10 имеются запорные клапаны 27.



2 – кузов, 17 – корпус датчика, 21 – кронштейн, 22 – зажимной винт, 23 - рычаг, 24 – тяга ручного управления разгрузкой.

Рисунок 2.11 - Узел крепления центробежного датчика к кузову



17 – корпус датчика, 18 – потенциометр, 19 – подвижный грузик, 20 – пружина

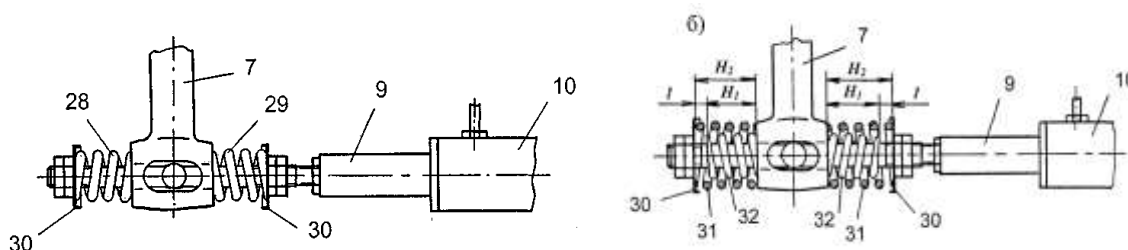
Рисунок 2.12 - Устройство центробежного датчика

Двуплечий рычаг 7 механизма перемещения кузова со стороны кинематической связи со штоком 9 гидроцилиндра 10 снабжен упругими элементами, которые выполнены в виде цилиндрических пружин сжатия 28 и 29, расположенных симметрично относительно рычага и размещенных на концевой части штока гидроцилиндра между упорами 30, при этом шток выполнен составным и снабжен регулировочными гайками (рисунок 2.13 а). Двуплечий рычаг может быть снабжен упругими

комбинированными элементами переменной жесткости и каждый из них состоит из двух пружин 31 и 32 разной жесткости  $C_1$  и  $C_2$  охватывающих одна другую и имеющих разную высоту (рисунок 2.13 б): высота  $H_2$  пружины 31 меньшей жесткости, которая может быть выполнена охватывающей, больше высоты  $H_1$  пружины 32 большей жесткости, которая может быть выполнена охватываемой, на величину  $l$ , являющуюся гарантированным зазором между наружным торцом пружины 32 и плоскостью упора 30, причем

$$l = \frac{P}{C}, \quad (2.189)$$

где  $P$  - максимальное усилие поворота рычага в момент его перемещения;  $C$  - жесткость охватывающей пружины.



7 – двуплечий рычаг, 9 – шток, 10 – гидроцилиндр, 28 и 29 – цилиндрические пружины сжатия, 30 – упоры.

Рисунок 2.13 - Узел В рисунка 2.8 (варианты а, б)

Устройство СПК ТГА работает следующим образом.

При движении ТГА по прямолинейной траектории на горизонтальной поверхности отсутствуют боковые силы и на грузик 19 горизонтально расположенного центробежного датчика 16 действуют силы, удерживающие и усилие от пружин, фиксирующее грузик 19 в нейтральном положении, от чего центробежный датчик 16 не подает сигнал, и золотник гидрораспределителя 18 также находится в нейтральном положении.

При движении ТГА по криволинейной траектории возникает центробежная сила, создающая боковой опрокидывающий момент кузова,

действует на кузов 2 и на грузик 19 центробежного датчика 16, смещая его по направлению действия центробежной силы. Грузик 19, перемещаясь, замыкает обмотку потенциометра 18, и при этом подается электрический сигнал через усилитель 25 (рисунок 2.10) на электромагнит 26, сердечник которого связан с золотником гидрораспределителя 13. При этом поток масла, подаваемый из гидробака 15 масляным насосом 14 через гидрораспределитель 13, направляется в полость нагнетания силового гидроцилиндра 10, одновременно из второй полости гидроцилиндра 10 масло через гидрораспределитель 13 сливается в гидробак 15.

Шток 9 (рисунок 2.13) гидроцилиндра 10, перемещаясь по направлению действия центробежной силы, воздействует через двуплечий телескопический рычаг 7 на кузов 2, перемещая его на роликах 3 по дугообразным направляющим 4 в сторону противоположную направлению действия центробежной силы и уменьшая тем самым опрокидывающий момент. Одновременно корпус 17 центробежного датчика 16 наклоняется вместе с кузовом 2, и грузик 19 центробежного датчика возвращается к нейтральному положению, перекрывая тем самым подачу масла в полость нагнетания силового гидроцилиндра 10. Это произойдет, когда опрокидывающий момент на кузов 2 станет равным нулю, и тогда датчик 16 перестанет подавать сигнал, отключая тем самым электромагнит 26, от чего золотник гидрораспределителя 18 возвращается в нейтральное положение, и обе полости силового гидроцилиндра 10 запираются с помощью запорных клапанов 27.

Аналогично действует система стабилизации и тогда, когда ТТА движется по боковому склону.

При наезде ТТА на неровность дороги правой стороной грузовая платформа перемещается влево, сжимая пружину 28 между плечом двуплечего рычага 7 и упором 30. Упругая сила, возникающая от сжатия, стремится вернуть грузовую платформу в исходное положение.

Аналогично работает устройство при наезде ТГА левой стороной на неровность дороги.

Введение в привод механизма перемещения кузова групп комбинированных упругих элементов различной жесткости (рисунок 2.13 б), симметрично расположенных относительно рычага и содержащих избирательно действующие пружины 31 (менее жесткие) и 32 (более жесткие), позволяет, используя естественные изменения сопротивления перемещения кузова, повысить соответственно плавность работы привода [26].

Расположение симметрично относительно упоров привода упругих элементов, позволяет плавно и равномерно регулировать нагрузку на механизм перемещения кузова при перемещении двуплечего рычага [26].

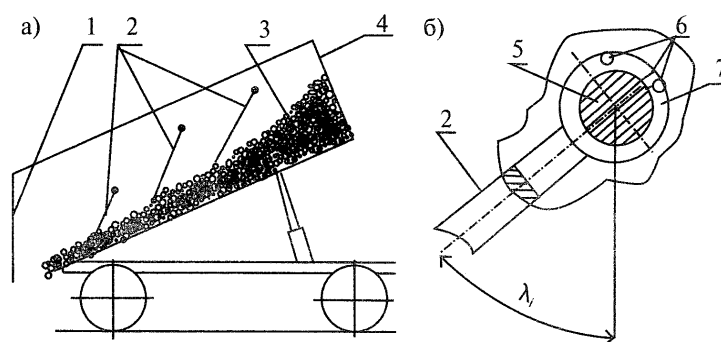
Для осуществления разгрузки водитель должен отвернуть зажимной винт 22, ослабив тем самым крепление корпуса 17 датчика 16 относительно кузова 2, и воздействуя через тягу 24 и рычаг 23 на корпус 17 датчика 16, повернуть его в положение I, от чего кузов 2 поворачивается в противоположную сторону, и происходит разгрузка.

После выгрузки, возвращая тягу 24 и датчик 16 в положение II, водитель добивается того, чтобы кузов 2 принял горизонтальное положение, затем переводит тягу 24 в нейтральное положение и фиксирует корпус 17 датчика 16 на кузове 2 зажимным винтом 22.

Предложенное техническое решение направлено на снижение уровня поперечных колебаний грузовой платформы ТГА и, как следствие, уменьшение повреждений груза [35].

С целью обеспечения равномерной выгрузки перевозимой продукции нами предложен самосвальный кузов ТС для ВП легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции (рис. 2.14, 2.15) [179, 214, 250], который содержит жестко закрепленные на днище 3 передний борт 4, боковые борта.

Имеется задний откидной борт 1. В кузове размещены жестко закрепленные на днище 3 и переднем борту 4 продольные перегородки и подвижные, вращающиеся во втулках, поперечные перегородки 2, закрепленные оси 5 вращения последних расположены на различном расстоянии от днища 3 кузова. В осях 5 и в проушинах 7 поперечных перегородок 2 вмонтированы ограничивающие их перемещения пальцы 6. Поперечные перегородки 2 различны по высоте, выполнены от заднего борта 1 по возрастанию, и закреплены с возможностью поворота на заданный угол  $\lambda_i$  [214].



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, вид справа; б) узел крепления поперечной перегородки;

Рисунок 2.14 - Усовершенствованный самосвальный кузов для транспортировки картофеля с поля [214, 250]



1 - борт задний откидной; 2 – поперечные перегородки; 3 – днище кузова, 4 – борт передний; 5 – оси вращения поперечных перегородок; 6 – продольная перегородка;

Рисунок 2.15 - Усовершенствованный самосвальный кузов тракторного прицепа 2 ПТС-4 (патент РФ на П.М. №105233)

Самосвальный кузов работает следующим образом. В начальный момент разгрузки оператор откидывает задний борт 1, и постепенно поднимается кузов. В первую очередь выгружается та часть продукции, которая расположена у заднего борта 1 до первой ближней к нему поперечной перегородки 2, и та продукция, которая находится выше осей 5 этих перегородок, что исключает явление сгуживания. Затем, по мере выгрузки, и снижения давления на последующие поперечные перегородки, препятствующее их повороту вокруг своих осей 5, те начинают свое перемещение, пока вмонтированные пальцы 6 в их проушинах 7 и осях 5 не ограничат перемещение. Таким образом, происходит последовательное открытие поперечных перегородок, до угла  $\lambda_i$ , обеспечивающее равномерное уменьшение выгружаемого слоя перевозимой продукции.

Предлагаемое конструктивное решение транспортного средства по сравнению с базовым, принятым за прототип, позволяет снизить повреждения продукции и улучшает его эксплуатационно-технологические характеристики.

Технический результат заключается в обеспечении равномерной выгрузки перевозимой продукции, что способствует сокращению повреждений перевозимой продукции, которое достигается за счет наличия подвижных поперечных перегородок с возможностью фиксации их при открытии в индивидуальных положениях с постепенным снижением угла открытия [250].

## **Выводы к главе 2**

1. Установлено, что доля горизонтальной и продольной составляющей скорости колебания грузовой платформы может достигать 85% от общей скорости вертикальных колебаний. Устройство СПК ТТА не позволяет ТТА выходить из состояния его устойчивости при диапазоне скоростного режима 0...30 км/ч.

2. Определено, что максимальная скорость колебания грузовой платформы, при которой повреждения плодов сорта Пепин шафранный не превышают 5% составляет 1,79 м/с, а для клубней картофеля при повреждениях не более 4% - 2,38 м/с (оба значения для деревянных кузовов). При этом скорость движения серийного ТГА составляет 19,9 км/ч и 20,1 км/ч соответственно, ТГА при использовании устройства СПК — 23,9 км/ч и 24,6 км/ч;

3. Установлены 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  $\lambda_1=24^0$ ,  $\lambda_2=27^0$  и  $\lambda_3=30^0$  не допускающих явление сводообразования.

4. Предложены конструктивно-технологические схемы ТГА, содержащие устройство СПК и усовершенствованную конструкцию самосвального кузова.

5. В результате проведения теоретических исследований ВП ТГА с устройствами СПК установлена возможность снижения повреждений картофеля и яблок при повышении производительности ВП за счет снижения уровня поперечных и вертикальных колебаний грузовой платформы ТГА, а так же обеспечения равномерного уменьшения выгружаемого слоя перевозимой продукции (например, картофеля) до уровня, характеризующегося снижением повреждений при экономически целесообразной производительности.

## **Глава 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА С УСТРОЙСТВАМИ СПК ПРИ ВП И РАЗГРУЗКЕ ПЕРЕВОЗИМОЙ ПРОДУКЦИИ**

### **3.1 Программа экспериментальных исследований**

С целью оценки величины повреждений картофеля и яблок при ВП в кузове ТТА с устройствами СПК и разгрузки перевозимой продукции, а так же уточнения и проверки на практике, предположений и основных параметров, полученных при теоретических изысканиях, была разработана программа экспериментальных исследований, состоящая из пяти этапов.

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.

### **3.2 Экспериментальная установка и регистрирующая аппаратура**

При изучении влияния скорости колебаний на величину повреждений перевозимой сельскохозяйственной продукции в качестве объекта исследования применялись ТТА в составе тягача МТЗ-82.1 с серийным тракторным прицепом 2ПТС-4. Для выполнения пунктов 3-5



программы экспериментальных исследований в конструкциях данных ТТА применялись устройство СПК, основными элементами которого являлась группа комбинированных упругих элементов (рис. 3.1), состоящих из двух пружин 1 и 2 разной жесткости, охватывающих одна другую и имеющих разную высоту (высота пружины меньшей жесткости больше высоты пружины большей жесткости); усовершенствованная конструкция самосвального кузова ТС (рис. 3.2).



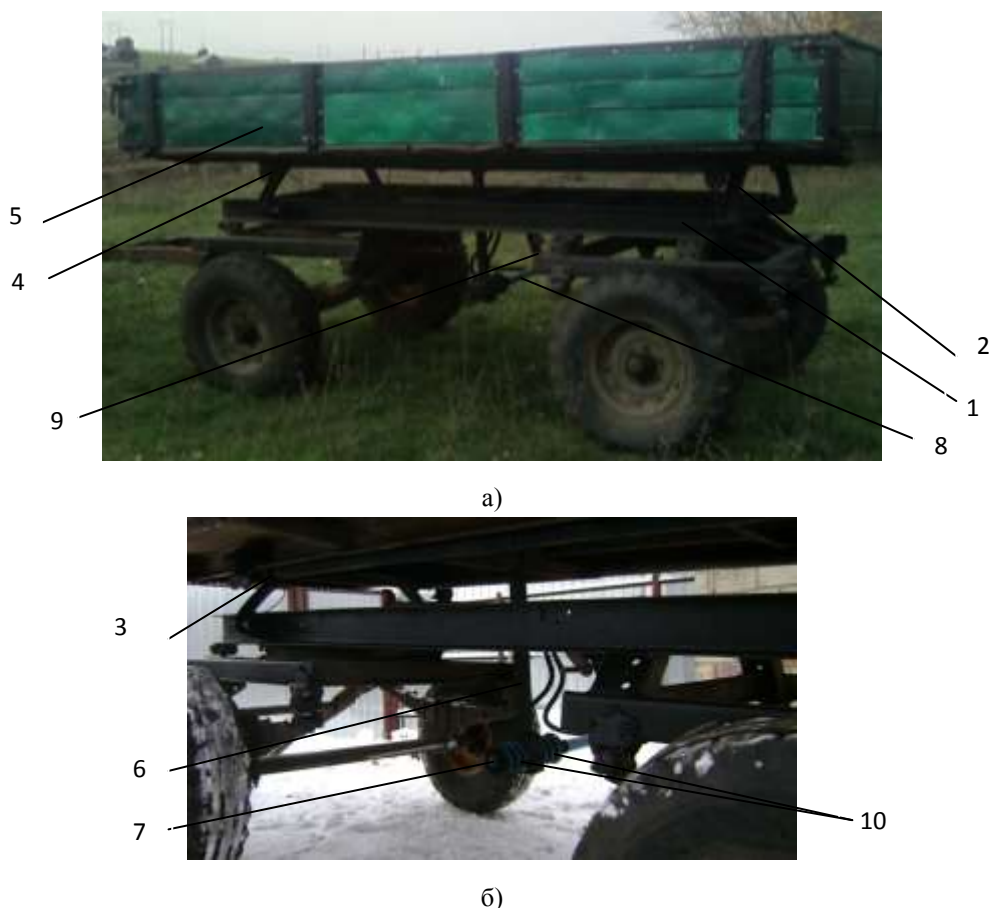
1 – пружина меньшей жесткости (охватывающая); 2 – пружина большей жесткости (охватываемая).

Рисунок 3.1 - Группа комбинированных упругих элементов различной жесткости



Рисунок 3.2 - Усовершенствованный самосвальный кузов тракторного прицепа 2 ПТС-4

Схема установленного на ТТА устройства СПК, представлена на рисунке 3.3.



1 – рама; 2 – дугообразные направляющие; 3 – ролики; 4 – кронштейны; 5 – кузов; 6 – телескопический двуплечий рычаг; 7 – шток; 8 – силовой гидроцилиндр; 9 – кронштейн; 10 – группа комбинированных упругих элементов различной жесткости;

а) вид сбоку; б) вид снизу

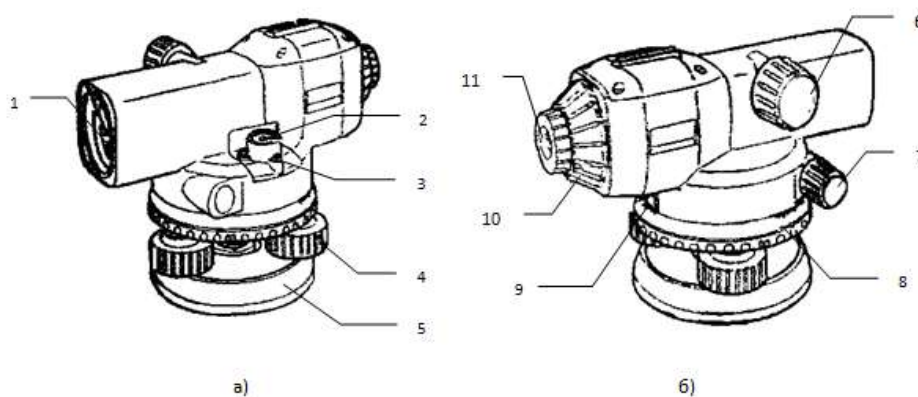
Рисунок 3.3 - Тракторный прицеп 2ПТС-4 с устройством СПК

Для контроля угла наклона применялся датчик угла наклона (инклинометр) iSENSOR-II в комплекте с устройством INAVIGATOR (рис. 3.4). Такая система позволяет контролировать и сохранять все параметры инклинометра, выводит их на светодиодный экран, копировать данные на ПК через USB-порт. Устройство iNAVIGATOR позволяет вырабатывать предупреждающий звуковой сигнал, световые сигналы, а также имеет программируемые входы и выходы (до 1А) для управления внешними модулями.



Рисунок 3.4 - Инклинометр iSENSOR-II в комплекте с устройством INAVIGATOR, общий вид

Микропрофиль дороги определялся линейкой, с ценой деления 1мм, слесарной рулеткой аналогичной точности и нивелиром марки SOKKIA C410 (рис. 3.5 а, б).



1 – объектив; 2 – круглый уровень; 3 – юстировочный винт круглого уровня; 4 – подъемный винт; 5 – платформа основания; 6 – ручка фокусировки; 7 – винт точной настройки по горизонтали; 8 – горизонтальное круглое юстировочное кольцо; 9 – горизонтальное круглое окно; 10 – колпак регулировочного винта креста визирных нитей; 11 – окуляр

Рисунок 3.5 – Устройство нивелира SOKKIA C410

Скорость движения ТТА определялась с помощью тахоспидометра 26.3813010, установленного на тракторе, предназначенного для контроля скорости движения, частоты вращения коленчатого вала двигателя, частоты вращения вала отбора мощности (ВОМ), а также для получения информации об эксплуатационных параметрах трактора. Время испытания регистрировали секундомером.

Масса ТГА определялась с использованием автомобильных весов платформенного типа марки МВСК-УВ 30-СБ.

### 3.3 Тарировка и определение погрешности измерительных приборов и оборудования

Структура CAN-сообщения для установки заводских калибровочных коэффициентов

ID	DLC	BYTE 0	BYTE 1	BYTE 2
----	-----	--------	--------	--------

ID – идентификатор, определяет адрес датчика;

DLC – количество байт, = 3;

BYTE 0 – указывает тип сообщения, = 2;

BYTE 1 – адрес приемного устройства, не превышает 128;

BYTE 2 – код команды, = 7.

Структура ответного CAN-сообщения датчика (подтверждение калибровки)

ID	DLC	BYTE 0
----	-----	--------

ID – идентификатор, определяет адрес приемного устройства;

DLC – количество байт, = 1;

BYTE 0 – бит подтверждения выполненной команды, = 1.

Калибровка датчика может быть выполнена на месте установки пользователем, что увеличивает точность восстановления углов наклона, компенсирует температурные факторы и предоставляет дополнительные возможности для регулирования диапазонов измерения углов.

Калибровка по каждой из осей (X или Y) выполняется программированием 3 коэффициентов в разных положениях датчика угла:

в нейтральном  $\Phi_X, Y = 0$ ;

в положении  $\Phi_X, Y = -90^\circ$ ;

в положении  $\Phi_X, Y = +90^\circ$ ;

Структура CAN-сообщения калибровки датчика

ID	DLC	BYTE 0	BYTE 1	BYTE 2
----	-----	--------	--------	--------

ID – идентификатор, определяет адрес датчика;

DLC – количество байт, = 3;

BYTE 0 – указывает тип сообщения, = 2;

BYTE 1 – адрес приемного устройства, не превышает 128;

BYTE 2 – код команды, = 1...6.

Структура ответного CAN-сообщения датчика (подтверждение калибровки)

ID	DLC	BYTE 0
----	-----	--------

ID – идентификатор, определяет адрес приемного устройства;

DLC – количество байт, = 1;

BYTE 0 – бит подтверждения выполненной команды, = 1.

Методика калибровки:

Датчик установить на эталонной горизонтальной поверхности (нулевая база с погрешностью угла не менее  $0,1^\circ$  по каждой из осей) рисунок 3.6.

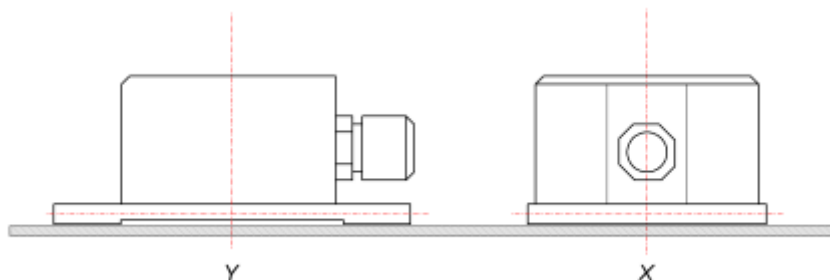


Рисунок 3.6 - Положение датчика на горизонтальной плоскости

Выполнить калибровку нуля по оси X (код команды = 1).

Выполнить калибровку нуля по оси Y (код команды = 4).

Датчик установить под углом  $90^\circ$  на фланец, как показано на рисунке 3.7 А).

Выполнить калибровку  $+90^\circ$  оси X (код команды = 2).

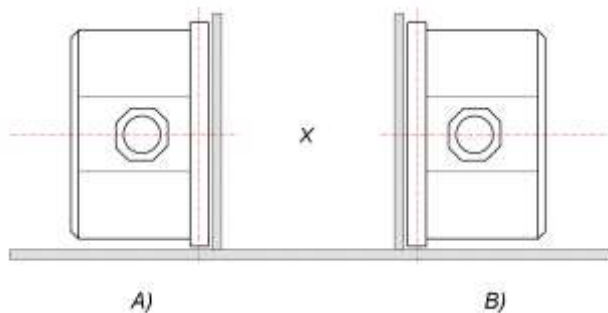


Рисунок 3.7 - Калибровка оси X

Датчик установить под углом  $90^\circ$  на фланец, как показано на рисунке 3.7 B).

Выполнить калибровку  $-90^\circ$  оси X (код команды = 3).

Датчик установить под углом  $90^\circ$  на фланец, как показано на рисунке 3.8 A).

Выполнить калибровку  $+90^\circ$  оси Y (код команды = 5).

Датчик установить под углом  $-90^\circ$  на фланец, как показано на рисунке 3.8 B).

Выполнить калибровку  $-90^\circ$  оси Y (код команды = 6).

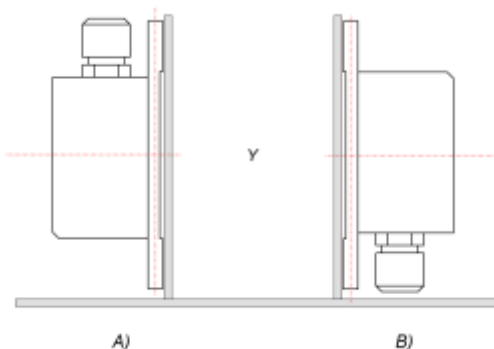


Рисунок 3.8 - Калибровка оси Y

После калибровки показания датчика будут с точностью  $0,2^\circ$  соответствовать действительному значению угла монтажной поверхности.

### 3.4 Методика экспериментальных исследований величины повреждений картофеля и яблок в кузове при ВП

#### 3.4.1 Методика оценки дорожных условий при движении ТГА на ВП

Перед началом экспериментальных исследований необходимо было знать характеристику микропрофиля дороги, так как она в значительной мере оказывает влияние на плавность хода ТС и величину повреждений перевозимого груза. Основными характеристиками поверхности являются: длина и высота неровности. Данные параметры определялись согласно известной методике [169].

Высота неровности определялась следующим образом: мерная линейка накладывалась поперек неровности, а масштабной линейкой измеряли по вертикали расстояние от дна неровности до нижней кромки мерной линейки. Повторность измерений была пятикратной. Из полученных таким образом величин определялось среднее значение согласно выражению:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n}, \quad (3.1)$$

где  $Z_i$  — текущее значение глубины неровности, м;  $n$  — число повторности испытаний.

Расчетное значение  $Z_0$  определялось следующим образом:

$$Z_0 = \frac{1}{2} \cdot Z \quad (3.2)$$

Измерения проводились на трех различных участках, имеющих максимальную глубину неровности, площадью 10x10 м с пятикратной повторностью.

Длина неровности определялась следующим образом: слесарной рулеткой измерялось расстояние между пиками неровностей. Повторность измерений также была пятикратной. Из полученных таким образом

величин определялось среднее значение длин неровностей согласно выражению:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n}, \quad (3.3)$$

где  $S_i$  — текущее значение длины неровности, м.

Измерение проводилось в тех же местах, где определялась глубина неровности. Повторность измерений была пятикратной.

Расчетное значение уклона принималось согласно выражению:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n}, \quad (3.4)$$

где  $\beta_i$  — текущее значение уклона поверхности, град.

### **3.4.2 Методика экспериментальных исследований поперечного микропрофиля междурядий яблоневого сада**

Для построения микропрофиля были проведены замеры превышения одной точки над другой через каждые десять сантиметров междурядья при помощи нивелира. Для измерений использовался нивелир марки SOKKIA C410 (см. рис. 3.5).

Для установки нивелира в рабочее положение закрепляем его на штативе центровочным винтом и вращением сначала двух, а затем третьего подъемных винтов 4 приводим пузырек круглого уровня 2 в нуль-пункт (рис. 3.9).

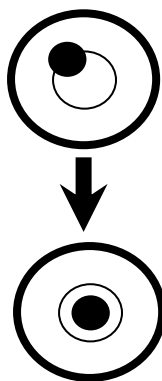


Рисунок 3.9 – Изображение круглого уровня



Ось круглого уровня 2 должна быть параллельна оси вращения нивелира. Далее поворачиваем верхнюю часть нивелира на  $180^\circ$ . Если пузырек уровня остался в нуль-пункте, то юстировка нивелира выполнена правильно [259].

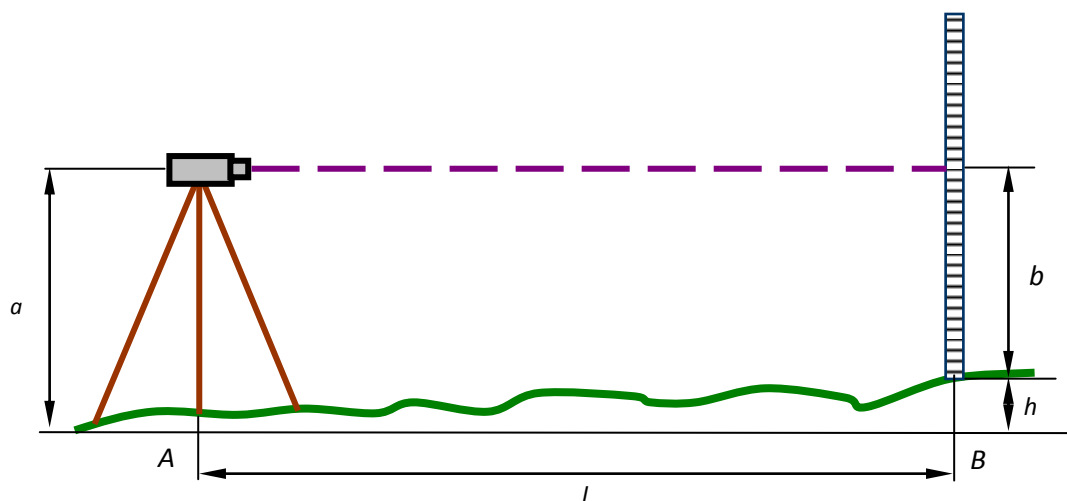
Кроме того, вертикальная нить визирной сетки должна быть параллельна оси вращения нивелира. Для этого после установки оси нивелира в отвесное положение, наводим зрительную трубу на рейку и берем отсчет  $a$ . Затем, вращая винт настройки 7, наводим сначала левый, а затем правый конец горизонтальной визирной нити на рейку, снимая отсчеты  $a_l$  и  $a_n$ . Условие считается выполненным, если разности  $a - a_l$  и  $a - a_n$  меньше 1 мм, в противном случае необходимо выполнить юстировку посредством поворота сетки визирных нитей регулировочным винтом 10. Устанавливая рейку на расстояние 3, 5 и 10 м от нивелира, повторяем процесс юстировки [300].

При нивелировании применялись цельные рейки длиной 3 м (см. рис. 3.10). На рейки с обеих сторон нанесены шкалы, выполненные в виде сантиметровых шашек. С одной стороны шашки нанесены черным цветом (черная сторона), с другой – красным цветом (красная сторона). На черной стороне рейки нуль совпадает с пяткой рейки, на красной стороне отсчет ведется от условного горизонта. Разность отсчетов по черной и красной сторонам одной и той же рейки дают разность нулей рейки.



Рисунок 3.10 – Установка нивелировочной рейки

Далее применяем метод геометрического нивелирования вперед (рис. 3.11). Для этого в точке А был установлен нивелир, а в точке В отвесно устанавливается в специальный башмак рейка [116].



$a$  - расстояние от поверхности земли до оси нивелира, м;  $b$  - расстояние от низа рейки до горизонтального луча, задаваемого нивелиром, м;  $h$  - превышение по высоте между точками А и В, м;  $l$  - расстояние между точками А и В, м;

Рисунок 3.11 – Схема геометрического нивелирования вперед

Расстояние  $a$  от поверхности земли до оси нивелира замеряется по рейке. С помощью нивелира были сняты показания  $b$ , которые соответствуют расстоянию от низа рейки до горизонтального луча, задаваемого нивелиром. Тогда превышение по высоте между точками А и В может быть определено по формуле:

$$h = a - b \quad (3.5)$$

Описанным методом были сняты показания высоты неровности почвы в плодовом саду площадью 3 га через каждые 10 м на десяти междурядьях.

Каждый опыт проводился в следующей последовательности. Устанавливаем нивелир на расстоянии не менее 30 м от начала участка измерений. Проводим юстировку нивелира описанным выше способом. Замеряем высоту нивелира по нивелировочной рейке и заносим данные в таблицу (Приложение Л). Затем нивелировочную рейку устанавливаем в

башмак в начало участка измерений, снимаем показания и заносим их в таблицу. Передвигаем рейку на 10 см от начала участка и снова снимаем показания. Передвигая, таким образом, рейку до конца участка, снимаем показания высоты неровности почвы междурядья в поперечном направлении. Данные измерений заносим в специальную таблицу (Приложение Л). Следующий участок измерений выбираем на расстоянии 10 м от предыдущего, и, повторяя все описанные выше действия, снова снимаем показания высоты неровности почвы междурядья в поперечном направлении.

По полученным данным с помощью табличного процессора Microsoft Excel был построен график микропрофиля междурядья, получены основные вероятностные характеристики микропрофиля.

### **3.4.3 Методика оценки влияния скорости колебаний грузовой платформы ТГА на количество повреждений картофеля и яблок при ВП в контейнерах и навалом**

На первом этапе экспериментальных исследований, определялась величина повреждений картофеля и яблок в кузове в зависимости от скорости колебаний грузовой платформы.

Для снятия основных динамических характеристик серийного и ТГА с устройствами СПК использовалась экспериментальная установка, принципиальная схема которой представлена на рисунке 3.12.

Работает установка следующим образом: сигналы от акселерометра 1 и акселерометра 2 поступают на модуль USB 3000 (универсальный скоростной восьмиканальный АЦП) 3 и далее через кабель USB 2.0 на ноутбук 4 (где обрабатываются пакетом прикладных программных обеспечений (LabView, ACTest, PowerGraph)).

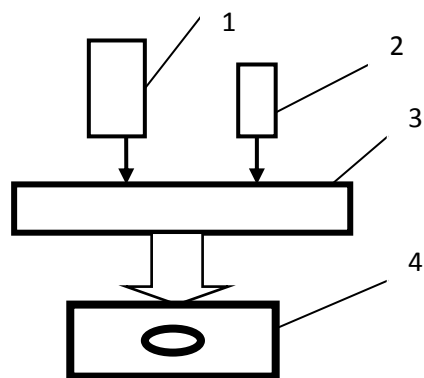


Рисунок 3.12 - Принципиальная схема измерения скоростей колебаний грузовой платформы

В процессе заполнения контейнера плодами туда закладываются контрольные яблоки в количестве 200 шт., помеченные и чистые от повреждений. Контрольные плоды располагали на 3-х уровнях (дно, середина, верх), равномерно распределяя их по всей площади. В кузов ТС устанавливали три контейнера с опытными плодами соответственно по одному – в передней, задней части платформы и на середине. После этого кузов загружали полностью, плоды вывозили на плодопункт и разгружали. В процессе движения регистрировались максимальные амплитуды колебаний скорости по каждой из обобщенных координат с помощью акселерометров ADXL 320, прикрепленного к кузову ТС и ADXL 103, прикрепленного к раме ТС. По зарегистрированным амплитудам скоростей согласно уравнениям связи координат, которые позволяют перейти с одной системы отсчёта в другую, определялась максимальная скорость колебаний кузова. Через 4...5 суток хранения яблоки из контейнеров с опытными плодами разбирали. Плоды контрольные осматривали, отмечали характер и степень имеющихся на них повреждений. Нажимы на яблоках определяются при помощи специальной линейки, на которой нанесены круги различной площади - 25...100 мм<sup>2</sup> [87]. Результаты осмотра записывали в журнал. Оценка качества плодов производится в соответствии с ГОСТом 21122-75 на яблоки свежие.

Полученные таким образом данные обрабатывались на ПК. В результате этого была построена графическая зависимость влияния скорости колебания на величину повреждений яблок при ВП в контейнерах (рисунок 3.13).

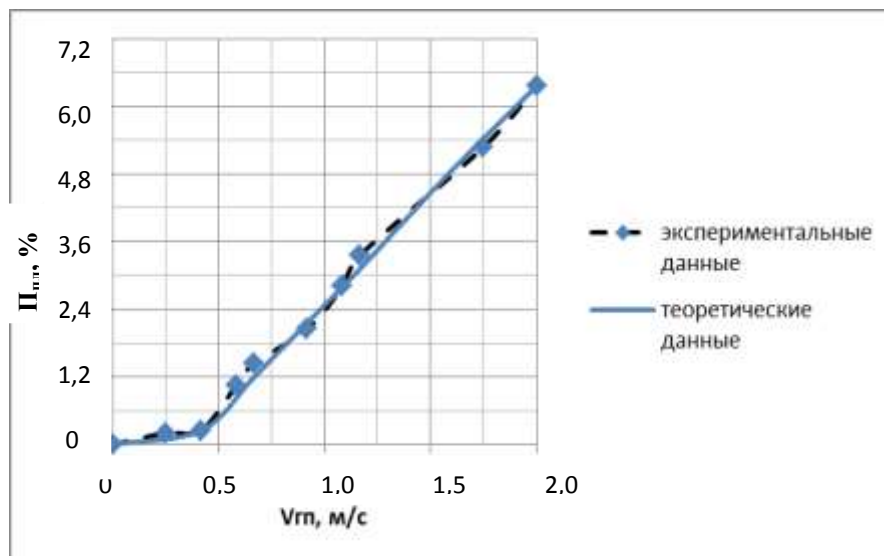


Рисунок 3.13 - Влияние скорости колебаний грузовой платформы ТТА на величину повреждений яблок при ВП в контейнерах

Из рисунка 3.13 видно, что экспериментальные данные подтверждают теоретические (расхождение 3,5%). При скорости колебаний грузовой платформы ТТА до 0,36 м/с повреждения незначительны (менее 0,35%) и при достижении скорости колебаний 0,7... 2,0 м/с повреждения значительно возрастают, достигая величины 6,3%.

На следующем этапе экспериментальных исследований определялась величина повреждений клубней картофеля при ВП в кузове навалом в зависимости от скорости колебаний грузовой платформы.

Все повреждения клубней классифицировались на следующие основные виды [47, 150]:

- с содранной кожурой до 25% поверхности клубня;
- с потемнением мякоти более 5мм.

Методика определения величины повреждений клубней в кузове соответствовала [74, 169].

В тракторный прицеп насыпали неповрежденный картофель. Далее данный ТТА пускали по полю с различными линейными скоростями. В процессе движения регистрировались максимальные амплитуды скорости колебаний грузовой платформы по каждой из обобщенных координат с помощью акселерометров ADXL 320 и ADXL 103. По зарегистрированным амплитудам скоростей, согласно уравнений (2.17 и 2.150), определялась максимальная скорость колебаний грузовой платформы. После остановки из разных мест брались три пробы груза массой 20 килограммов каждая. Из проб отбирались целые и поврежденные клубни. Отобранный картофель взвешивался, и величина повреждений клубней определялась из выражения:

$$P_{кл} = \frac{m_{п}}{m_o} \cdot 100\% , \quad (3.6)$$

где  $m_{п}$  — масса поврежденного картофеля, кг;  $m_o$  — общая масса пробы, кг.

Полученные таким образом данные обрабатывались на ПК. В результате этого была построена графическая зависимость влияния скорости колебаний грузовой платформы на величину повреждений клубней картофеля (см. рис. 3.14).

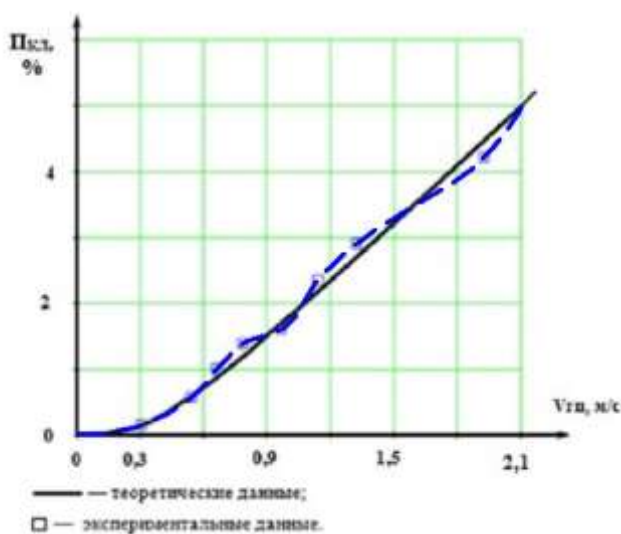


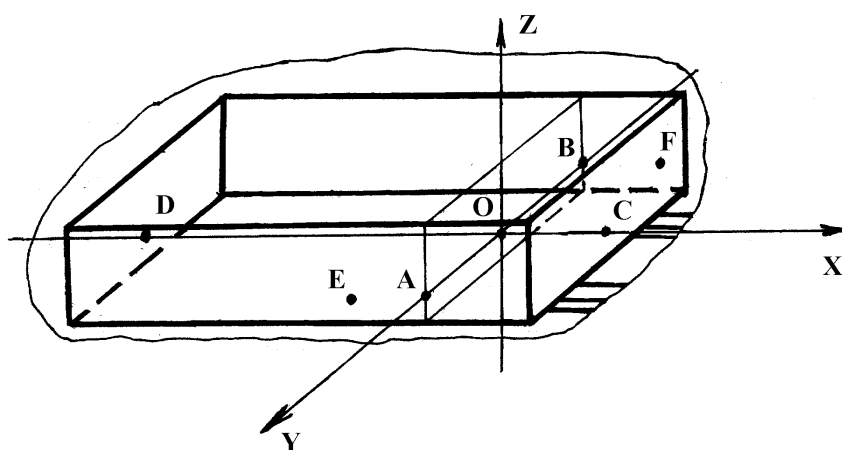
Рисунок 3.14 - Влияние скорости колебаний грузовой платформы ТТА на величину повреждений клубней картофеля при ВП навалом с поля

Из рисунка 3.14 видно, что экспериментальные данные подтвердили теоретические. При скорости колебаний грузовой платформы до 0,49 м/с повреждения незначительны (менее 0,22%) и при достижении скорости колебаний 0,7...2,1 м/с повреждения значительно возрастают, достигая величины 5%.

#### 3.4.4 Методика оценки величины повреждений картофеля и яблок при ВП

Величину повреждений картофеля и яблок при ВП, как было выяснено ранее, можно определить косвенно по скорости колебаний грузовой платформы. Поэтому на последующих этапах экспериментальных исследований регистрировались максимальные амплитуды скорости колебаний по каждой из обобщенных координат и далее по графикам (рис. 3.13 и 3.14) устанавливали величину повреждений продукции.

Схема размещения датчиков, представленная на рисунке 3.15, позволяла определить скорости колебаний сразу по двум обобщенным координатам.



A, B, C, D, E, F – точки крепления датчиков;

Рисунок 3.15 - Схема размещения датчиков на грузовой платформе ТТА

Рассмотрим методику определения скорости по обобщенным координатам  $Z_k$  и  $\theta$ . Амплитуда скорости колебаний по обобщенной координате  $\theta$  будет равна (рис. 3.16):

$$\dot{\theta} = \frac{V_B - V_A}{B_{A-B}} \quad (3.7)$$

где  $V_A$  — мгновенная скорость в точке А (крепления датчика), м/с;  $V_B$  — мгновенная скорость в точке В (крепления датчика), м/с;  $B_{A-B}$  — расстояние между точками А и В, м.

Амплитуда скорости колебаний по обобщенной координате  $Z_k$  будет равна:

$$\dot{Z}_k = \frac{V_B - V_A}{2} \quad (3.8)$$

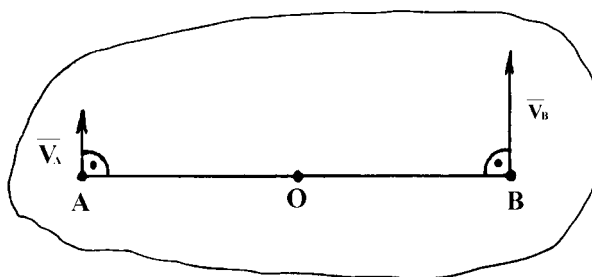


Рисунок 3.16 - Схема определения скоростей по обобщенным координатам  $Z_k$  и  $\theta$

По аналогичной методике определяем амплитуды скоростей колебаний по обобщенным координатам  $X_k$ ,  $Y_k$ ,  $\psi$ ,  $\varphi$ . Согласно соотношения (2.17) определяем максимальную скорость колебания грузовой платформы, по которой устанавливаем количество повреждений продукции (рис. 3.13 и 3.14).

Варианты опытов включали движение ТТА при скоростях  $V_T=0...30$  км/ч с грузом массой (нетто) 1920 кг и 2400 кг при ВП в контейнерах; 2720 кг и 3400 кг при ВП навалом; а также движение ТТА по поверхности с уклоном  $3^0$ ;  $6^0$ ;  $9^0$ . Все опыты проводились с пятикратной повторностью.



### 3.4.5 Оценка величины повреждений яблок после уборки и ВП

Важным показателем, характеризующим агротехническую оценку ТТА, является сохранность качества плодов от ударных нагрузок.

Анализ полученных кривых (рис. 3.17) показал, что при переезде единичной неровности наибольшие ускорения действуют на плоды, перевозимые на серийном прицепе 2ПТС-4 с рессорной подвеской колес, и наименьшие - на прицепе 2ПТС-4 с устройством СПК и/или с устройствами СПК и фиксацией прицепного звена.

После исследования перевозок яблок сорта «Антоновка обыкновенная» из сада на плодопункт установлено, что стандартных плодов сохраняется больше при перевозке на прицепе 2ПТС-4 с устройством СПК и/или с устройствами СПК и фиксацией прицепного звена. Повреждения плодов выше на серийном тракторном прицепе (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Величины повреждений яблок сорта «Антоновка обыкновенная» и «Пепин шафранный» после ВП из сада на плодопункт (расстояние 3,5 и 4,2 км)

Тракторно-транспортный агрегат	Повреждение плодов, %			
	Антоновка обыкновенная		Пепин шафранный	
	$S_n=3,5$ км	$S_n=4,2$ км	$S_n=3,5$ км	$S_n=4,2$ км
МТЗ-82.1+2ПТС-4 (серийный)	1,7	1,9	2,1	2,5
МТЗ-82.1+2ПТС-4 с устройством СПК	1,2	1,2	1,3	1,3
МТЗ-82.1+2ПТС-4 с устройствами СПК и фиксацией прицепного звена	1,1	1,1	1,2	1,2

Тракторный прицеп 2ПТС-4 с  
устройствами СПК и  
фиксацией прицепного звена

Тракторный прицеп 2ПТС-4

Тракторный прицеп 2ПТС-4 с  
устройством СПК

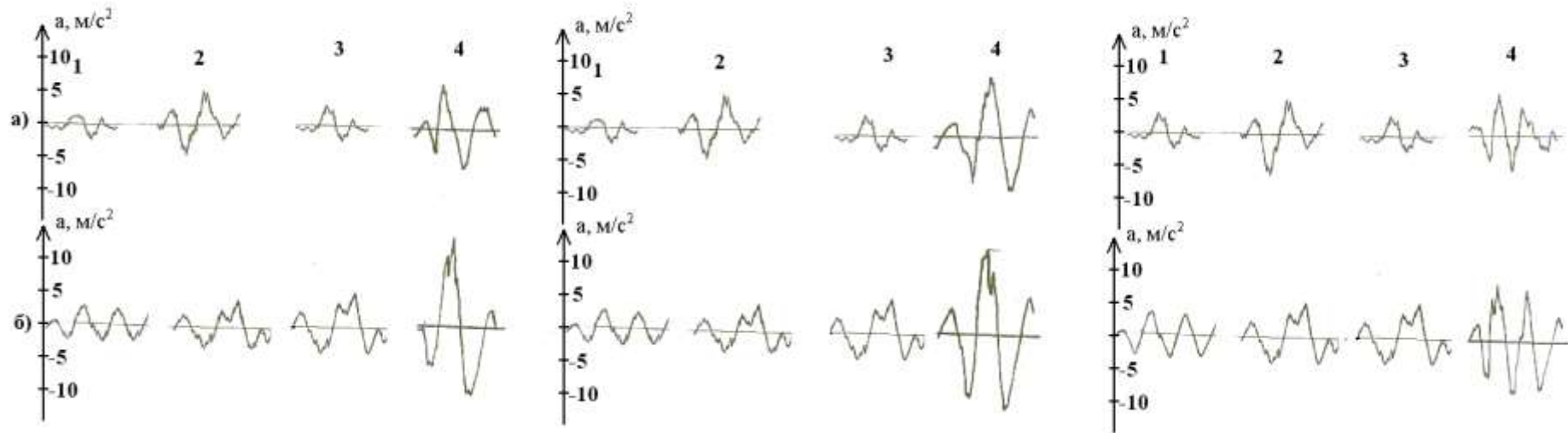


Рисунок 3.17 - Примеры осциллограмм вертикальных ускорений

кузова (кабины) передней части (а) и задней части (б) при переезде единичной неровности высотой 220 мм при скорости 15 км/ч передними (1), задними (2) колесами трактора, передними (3) и задними (4) колесами прицепа.

### 3.5 Результаты экспериментальных исследований величины повреждений картофеля и яблок при ВП серийным и ТГА с устройствами СПК

После проведения экспериментальных исследований, полученные результаты подвергались обработке с использованием методов математической статистики. Планирование и реализация эксперимента были произведены в соответствии с методикой, положения которой изложены в литературе [44, 45, 151, 258].

На первом этапе экспериментальных исследований был произведен полнофакторный эксперимент по плану  $2^3$  на серийном ТГА. Переменными факторами выступали:

$X_1$  – скорость движения ТГА, км/ч;

$X_2$  – уклон поверхности дороги (поля), град;

$X_3$  – масса груза, кг.

Выходной параметр:  $y_c$  – повреждения продукции, %

Все приведенные факторы отвечали требованиям, изложенным в литературе [151, 258]. Основные уровни и интервалы варьирования факторов представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Уровни и интервалы варьирования факторов при исследовании повреждений картофеля и яблок на серийном ТГА (прицеп 2ПТС-4)

№	Факторы	Ед. измерения	Основной уровень		Интервал варьирования	Верхний уровень		Нижний уровень	
			Натуральное значение	Кодированное значение		Натуральное значение	Кодированное значение	Натуральное значение	Кодированное значение
1	$X_1$	км/ч	17	0	10	27	+1	7	-1
2	$X_2$	град	6	0	3	9	+1	3	-1
3	$X_3$ *	кг	2160 3060	0	240 340	2400 3400	+1	1920 2720	-1

Примечание: \*Верхнее значение фактора  $X_3$  соответствует массе яблок в кузове ТГА, а нижнее значение – массе клубней картофеля в кузове ТГА.

После реализации эксперимента проводилась статистическая обработка его результатов (таблица 3.3)

Рассчитывая коэффициенты регрессии и, проверяя их на значимость по t-критерию Стьюдента, получены следующие уравнения регрессии:

$$y_{c1} = 3,239 + 1,405 \cdot x_1 + 0,935 \cdot x_2 - 0,145 \cdot x_3 + 0,76 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,074 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (3.11)$$

$$y_{c2} = 2,667 + 1,199 \cdot x_1 + 0,739 \cdot x_2 - 0,161 \cdot x_3 + 0,62 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,061 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (3.12)$$

Проверка воспроизводимости моделей, произведенная по критерию Кохрена показала однородность дисперсий.

Проверка адекватности полученных моделей, произведенная по F-критерию при уровне значимости 0,05, подтвердила гипотезу об адекватности модели.

Используем полученные линейные модели для определения допустимой скорости движения ТГА и проанализируем полученные результаты.

Допустим, исходя из конкретных условий работы, необходимо обеспечить уровень повреждений продукции, не превышающий 5% для яблок и 4% для клубней картофеля:

$$y_{c1} = 3,239 + 1,405 \cdot x_1 + 0,935 \cdot x_2 - 0,145 \cdot x_3 + 0,76 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,074 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \leq 5$$

$$y_{c2} = 2,667 + 1,199 \cdot x_1 + 0,739 \cdot x_2 - 0,161 \cdot x_3 + 0,62 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,061 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \leq 4$$

Рассматривая случай, когда уклон поверхности дороги максимален и составляет  $9^0$  ( $X_2=+1$ ) и масса груза минимальна – 1920 (2720) кг ( $X_3=-1$ ), получим следующее соотношение:

$$4,319 + 2,239 \cdot x_1 \leq 5$$

$$3,567 + 1,88 \cdot x_1 \leq 4$$

$$x_1 \leq 0,3$$

$$x_1 \leq 0,23$$

Возвращаясь к натуральному значению фактора, получаем  $V_{т} \leq 19,7$  (20,0)

С учетом теоретического расчета окончательно принимаем  $V_{доп} = 19,7$  км/ч для ВП яблок и  $V_{доп} = 20,0$  км/ч – для картофеля.

Таблица 3.3 - Матрица планирования и результаты полнофакторного эксперимента по плану  $2^3$ , проведенного на серийном ТГА (прицеп 2ПТС-4)

№	Факторы и их взаимодействия							Повреждения перевозимой продукции, %					
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1 \cdot X_2$	$X_1 \cdot X_3$	$X_2 \cdot X_3$	$X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$	$y'_{j1}$	$y'_{j2}$	$y'_{j3}$	$\bar{y}_j$	$\bar{\sigma}_{jn}^2$	$y'_{jr}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-	-	-	+	+	+	-	1,80 (1,57)	1,79 (1,56)	1,85 (1,61)	1,81 (1,58)	0,001 (0,001)	1,877 (1,57)
2	+	-	-	-	-	+	+	2,88 (2,54)	3,1 (2,62)	3,08 (2,59)	3,02 (2,58)	0,015 (0,002)	3,021 (2,607)
3	-	+	-	-	+	-	+	2,12 (1,73)	2,15 (1,77)	1,97 (1,63)	2,08 (1,71)	0,009 (0,005)	2,079 (1,687)
4	-	-	+	+	-	-	+	1,52 (1,13)	1,53 (1,14)	1,46 (1,08)	1,5 (1,12)	0,001 (0,001)	1,44 (1,127)
5	+	+	-	+	-	-	-	6,52 (5,39)	6,61 (5,45)	6,73 (5,47)	6,62 (5,44)	0,011 (0,002)	6,557 (5,447)
6	+	-	+	-	+	-	-	2,75 (2,36)	2,89 (2,43)	3,0 (2,50)	2,88 (2,43)	0,016 (0,005)	2,879 (2,407)
7	-	+	+	-	-	+	-	1,94 (1,49)	1,85 (1,37)	2,02 (1,53)	1,94 (1,46)	0,007 (0,007)	1,937 (1,487)
8	+	+	+	+	+	+	+	6,12 (5,05)	5,98 (4,97)	6,07 (5,02)	6,06 (5,01)	0,005 (0,002)	6,12 (5,003)

Примечание: в скобках значения соответствующие исследованию повреждений при ВП картофеля навалом.

В среднем для различных режимов работы серийного ТТА 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%).

На втором этапе экспериментальных исследований был произведен полнофакторный эксперимент по плану  $2^3$  на ТТА с устройствами СПК. Переменными факторами выступали:

$X_1$  – скорость движения ТТА с устройствами СПК, км/ч;

$X_2$  – уклон поверхности дороги (поля), град;

$X_3$  – масса груза, кг.

Выходной параметр:  $y_m$  – повреждения продукции, %

Все приведенные факторы отвечали требованиям, изложенным в литературе [151, 258]. Основные уровни и интервалы варьирования факторов представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Уровни и интервалы варьирования факторов при исследовании повреждений картофеля и яблок в кузове ТТА с устройствами СПК

№	Факторы	Ед. измерения	Основной уровень		Интервал варьирования	Верхний уровень		Нижний уровень	
			Натуральное значение	Кодированное значение		Натуральное значение	Кодированное значение	Натуральное значение	Кодированное значение
1	$X_1$	км/ч	18,5	0	10,5	29	+1	8	-1
2	$X_2$	град	6	0	3	9	+1	3	-1
3	$X_3$ *	кг	2160 3060	0	240 340	2400 3400	+1	1920 2720	-1

Примечание: \*Верхнее значение фактора  $X_3$  соответствует массе яблок в кузове ТТА с устройствами СПК, а нижнее значение – массе клубней картофеля в кузове ТТА с устройствами СПК.

После реализации полнофакторного эксперимента производится статистическая обработка результатов (таблица 3.5).

Таблица 3.5 - Матрица планирования и результаты полнофакторного эксперимента по плану  $2^3$ , проведенного на ТТА с устройствами СПК

№	Факторы и их взаимодействия							Повреждения перевозимой продукции, %					
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1 \cdot X_2$	$X_1 \cdot X_3$	$X_2 \cdot X_3$	$X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$	$y'_{j1}$	$y'_{j2}$	$y'_{j3}$	$\bar{y}_j$	$\bar{\sigma}_{jn}^2$	$y'_{jr}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-	-	-	+	+	+	-	1,36 (0,97)	1,38 (1,02)	1,43 (1,07)	1,39 (1,02)	0,001 (0,003)	1,342 (0,969)
2	+	-	-	-	-	+	+	2,57 (2,03)	2,77 (2,17)	2,63 (2,09)	2,66 (2,1)	0,011 (0,005)	2,708 (2,132)
3	-	+	-	-	+	-	+	1,55 (1,43)	1,65 (1,42)	1,59 (1,51)	1,6 (1,45)	0,003 (0,002)	1,633 (1,459)
4	-	-	+	+	-	-	+	1,22 (0,79)	1,21 (0,81)	1,13 (0,87)	1,19 (0,82)	0,002 (0,002)	1,235 (0,874)
5	+	+	-	+	-	-	-	5,15 (4,08)	5,03 (4,07)	5,11 (3,99)	5,1 (4,05)	0,004 (0,002)	5,057 (4,056)
6	+	-	+	-	+	-	-	2,58 (2,06)	2,73 (2,01)	2,65 (2,15)	2,65 (2,07)	0,006 (0,005)	2,602 (2,037)
7	-	+	+	-	-	+	-	1,53 (1,37)	1,51 (1,29)	1,65 (1,45)	1,56 (1,37)	0,006 (0,006)	1,527 (1,364)
8	+	+	+	+	+	+	+	4,82 (3,93)	4,94 (3,98)	4,97 (4,00)	4,91 (3,97)	0,006 (0,001)	4,95 (3,961)

Примечание: в скобках значения соответствующие исследованию повреждений при ВП картофеля навалом.

Аналогично первому этапу экспериментальных исследований рассчитываем коэффициенты регрессии и проверяем их на значимость по t-критерию Стьюдента.

По результатам расчетов находим уравнения регрессии:

$$y_{yH1} = 2,632 + 1,198 \cdot x_1 + 0,66 \cdot x_2 - 0,053 \cdot x_3 + 0,514 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (3.13)$$

$$y_{yH2} = 2,107 + 0,94 \cdot x_1 + 0,603 \cdot x_2 - 0,047 \cdot x_3 + 0,358 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (3.14)$$

Проверка воспроизводимости моделей, по критерию Кохрена показала, что дисперсии однородны.

Так же как и на первом этапе экспериментальных исследований, рассматриваем случай, когда угол уклона поверхности максимален ( $x_2 = +1$ ), масса груза в кузове минимальна ( $x_3 = -1$ ).

Задавшись условием: повреждения перевозимой продукции при ВП не должны превышать 5% для яблок и 4% для клубней картофеля, получим

$$3,345 + 1,712 \cdot x_1 \leq 5$$

$$2,757 + 1,298 \cdot x_1 \leq 4$$

$$x_1 \leq 0,967$$

$$x_1 \leq 0,958$$

Возвращаясь к натуральному значению фактора, получаем  $V_T \leq 28,6$  (28,7) км/ч

С учетом теоретического расчета окончательно принимаем  $V_{доп} = 28,6$  км/ч для ВП яблок и  $V_{доп} = 28,7$  – для картофеля.

Для различных режимов работы ТТА с устройствами СПК количество повреждений перевозимой продукции отвечало предъявляемым АТТ к ВП яблок (не более 5%) и ВП 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 3.18 – 3.21) [297].



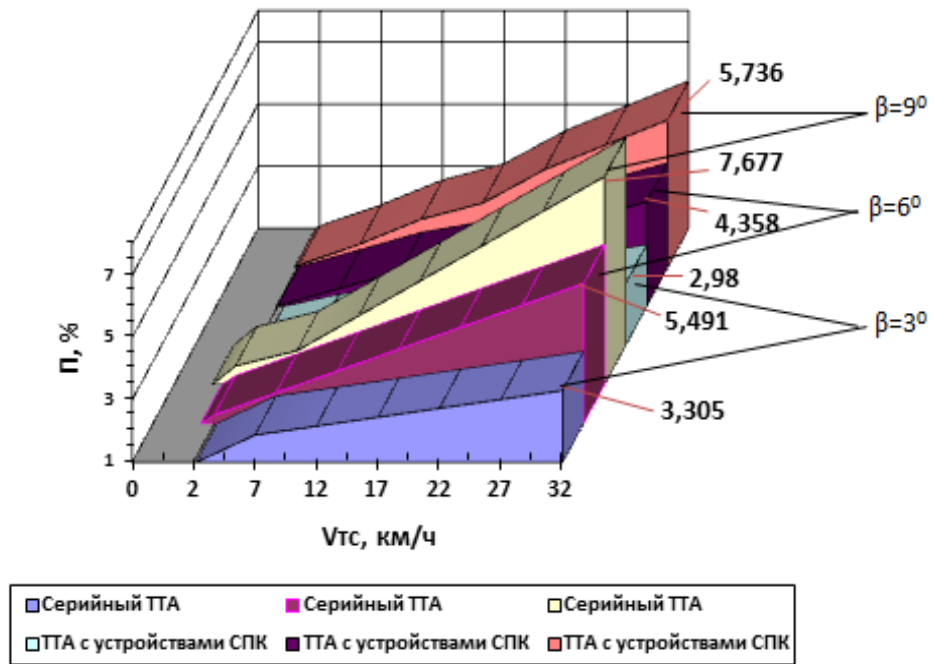


Рисунок 3.18 - Влияние скорости движения ТТА на повреждения яблок в кузове при ВП в контейнерах (масса груза 1920 кг) при работе на различных уклонах поверхности сада [297]

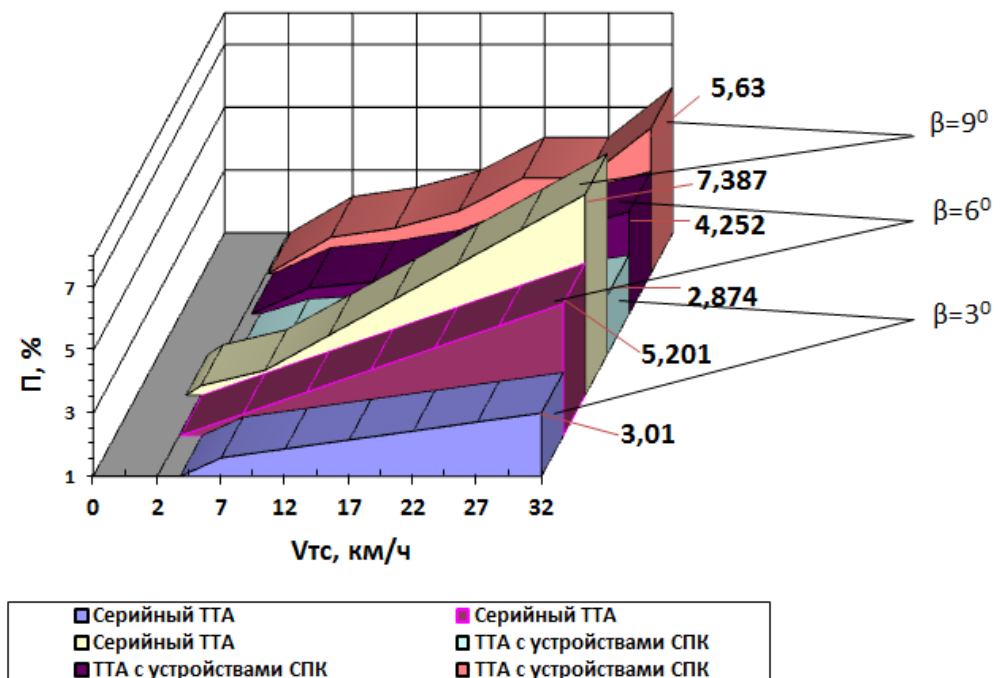


Рисунок 3.19 - Влияние скорости движения ТТА на повреждения яблок в кузове при ВП в контейнерах (масса груза 2400 кг) при работе на различных уклонах поверхности сада [297]

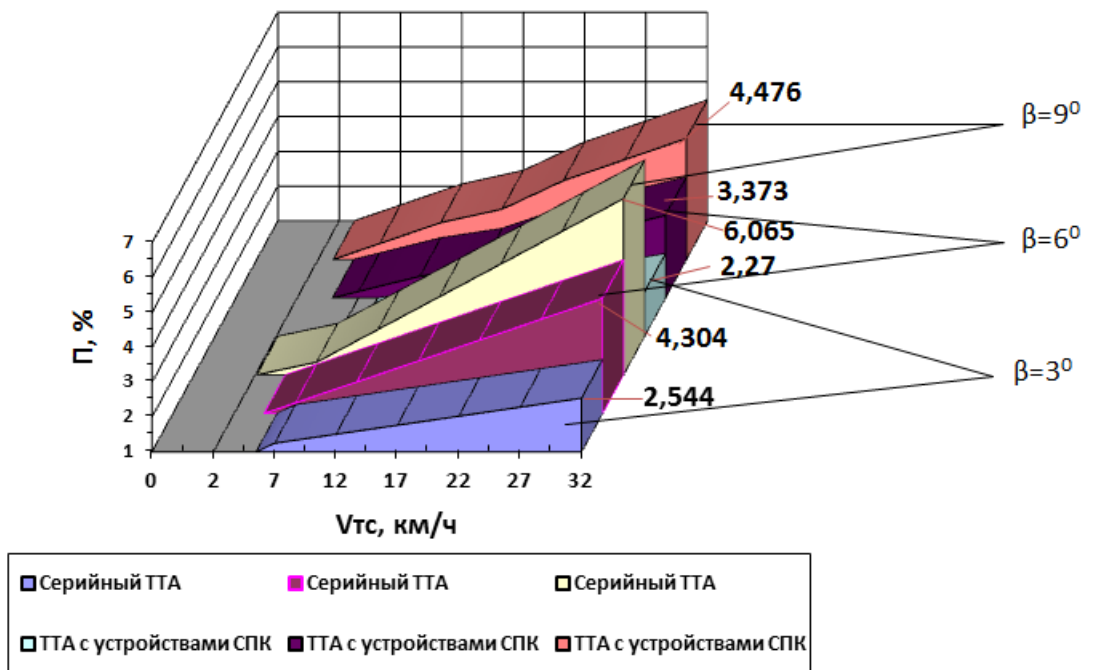


Рисунок 3.20 - Влияние скорости движения ТТА на повреждения картофеля в кузове при ВП навалом (масса груза 2720 кг) при работе на различных уклонах поверхности поля [297]

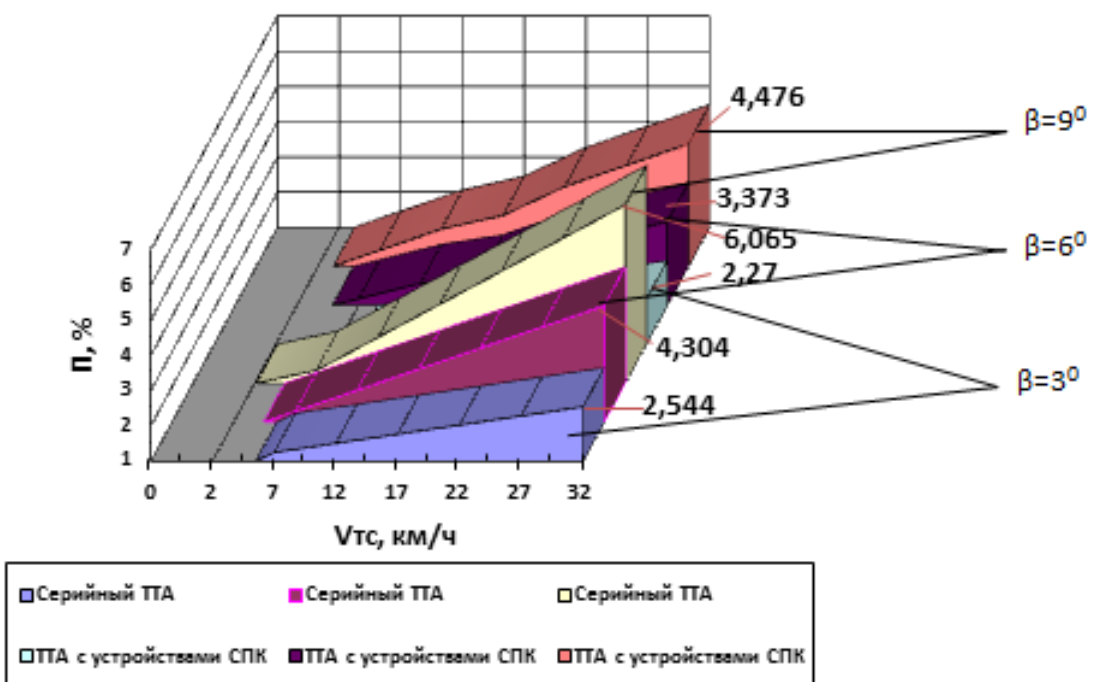


Рисунок 3.21 - Влияние скорости движения ТТА на повреждения картофеля в кузове при ВП навалом (масса груза 3400 кг) при работе на различных уклонах поверхности поля [297]

Проанализировав эти графики, становится ясно, что при ВП картофеля и яблок на ТГА с устройствами СПК удается сократить повреждения в 1,07...1,32 раза в зависимости от условий движения. Эффект от использования устройств СПК на серийном ТГА проявляется при углах уклона поверхности  $4^{\circ}$  и более [297].

На следующем этапе экспериментальных исследований был проведен двухфакторный эксперимент по плану  $2^2$  на ТГА с устройством СПК с целью определения допустимой жесткости группы комбинированных упругих элементов. Переменными факторами выступали:

$X_1$  – жесткость группы комбинированных упругих элементов, кН/м;

$X_2$  – масса груза, кг.

Выходной параметр:  $h$  – сжатие упругих элементов, м.

Все приведенные факторы отвечали требованиям, изложенным в литературе [151, 258]. Основные уровни и интервалы варьирования факторов представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Уровни и интервалы варьирования факторов при определении допустимой жесткости группы комбинированных упругих элементов устройства СПК ТГА

№	Факторы	Ед. измерения	Основной уровень		Интервал варьирования	Верхний уровень		Нижний уровень	
			Натуральное значение	Кодированное значение		Натуральное значение	Кодированное значение	Натуральное значение	Кодированное значение
1	$X_1$	кН/м	30	0	20	50	+1	10	-1
3	$X_2$	кг	2160	0	240	2400	+1	1920	-1

После реализации двухфакторного эксперимента, производится статистическая обработка результатов (таблица 3.7).

Таблица 3.7 - Матрица планирования и результаты двухфакторного эксперимента по плану  $2^2$  с целью определения допустимой жесткости группы комбинированных упругих элементов

№	Факторы и их взаимодействия						Максимальное сжатие упругого элемента, м		
	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1^2-0,67$	$X_2^2-0,67$	$X_1 \cdot X_2$	$\bar{y}_j$	$\bar{\sigma}_{jn}^2$	$y_{jг}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+1	-1	-1	0,33	0,33	+1	0,085	0,00003	0,088
2	+1	+1	-1	0,33	0,33	-1	0,022	0,00001	0,025
3	+1	-1	+1	0,33	0,33	-1	0,07	0,00014	0,067
4	+1	+1	+1	0,33	0,33	+1	0,05	0,00001	0,047
5	+1	-1	0	0,33	-0,67	0	0,063	0,00005	0,067
6	+1	+1	0	0,33	-0,67	0	0,025	0,00004	0,025
7	+1	0	-1	-0,67	0,33	0	0,044	0,001	0,04
8	+1	0	+1	-0,67	0,33	0	0,035	0,00001	0,032
9	+1	0	0	-0,67	-0,67	0	0,078	0,00002	0,075

Рассчитывая коэффициенты регрессии и, проверяя их на значимость по t-критерию Стьюдента, получено следующее уравнение регрессии:

$$h=0,0552 - 0,0202 \cdot x_1 + 0,001 \cdot x_2 + 0,0002 x_{12} - 0,0043 x_{22} + 0,0107 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (3.15)$$

Проверка воспроизводимости моделей, по критерию Кохрена показала, что дисперсии однородны.

Проверка адекватности полученных моделей, произведенная по F-критерию при уровне значимости 0,05, подтвердила гипотезу об адекватности модели.

Полученная модель была использована для определения допустимой жесткости группы комбинированных упругих элементов, а полученные результаты проанализированы.

Как было указано ранее, наибольшая деформация упругого элемента принимается 0,1 м, при чем деформация охватывающей пружины (пружины, имеющей меньшую жесткость, обозначим  $C_1$ ) наблюдается при значении фактора  $X_2=0$  и составляет 0,07 м; а деформация охватывающей и охватываемой (пружины, имеющей большую жесткость, обозначим  $C_2$ ) пружин (обозначим  $C$ ) равная 0,03 м наблюдается при значении фактора  $X_2=1$ .

В первом случае

$h=0,0552 - 0,0202 \cdot x_1 + 0,001 \cdot x_2 + 0,0002 x_1^2 - 0,0043 x_2^2 + 0,0107 \cdot x_1 \cdot x_2 \leq 0,07$  (при значении фактора  $X_2=0$ ), получим следующее соотношение:

$$x_1 \leq -0,537$$

Возвращаясь к натуральному значению фактора, получаем

$$C_1 \leq 19,26 \text{ кН/м.}$$

С учетом теоретического исследования окончательно принято  $C_1=19,3 \text{ кН/м.}$

Во втором случае

$h=0,0552 - 0,0202 \cdot x_1 + 0,001 \cdot x_2 + 0,0002 x_1^2 - 0,043 x_2^2 + 0,0107 \cdot x_1 \cdot x_2 \leq 0,03$  (при значении фактора  $X_2=1$ ), получим следующее соотношение:

$$x_1 \leq 1,26$$

Возвращаясь к натуральному значению фактора, получаем

$$C \leq 55,2 \text{ кН/м.}$$

С учетом теоретического исследования окончательно принято  $C_2 = 35,9 \text{ кН/м.}$

На следующем этапе экспериментальных исследований был проведен двухфакторный эксперимент по плану  $2^2$  на ТГА с системой поддресоривания грузовой платформы с целью определения допустимой жесткости пружин упругих элементов. Переменными факторами выступали:

$x_1$  — жесткость пружины упругого элемента, кН/м;

$x_2$  — масса груза, кг.

Все приведенные факторы отвечали требованиям, изложенным в литературе [151, 258]. Основные уровни и интервалы варьирования факторов представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Уровни и интервалы варьирования факторов при определении допустимой жесткости пружин упругих элементов системы поддресоривания грузовой платформы ТГА

№	Факторы	Ед. измерения	Основной уровень		Интервал варьирования	Верхний уровень		Нижний уровень	
			Натуральное значение	Кодированное значение		Натуральное значение	Кодированное значение	Натуральное значение	Кодированное значение
1	$X_1$	кН/м	40	0	20	60	+1	20	-1
2	$X_2$	кг	3060	0	340	3400	+1	2720	-1

После реализации эксперимента была проведена статистическая обработка его результатов (таблица 3.9).

Рассчитывая коэффициенты регрессии и проверяя их на значимость по t-критерию Стьюдента, получено следующее уравнение регрессии [289]:

$$h = 0,0758 - 0,0465 \cdot x_1 + 0,0165 \cdot x_2 + 0,0118 \cdot x_1^2 + 0,0028 \cdot x_2^2 - 0,0115 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (3.16)$$

Проверка воспроизводимости моделей, произведенная по критерию Кохрена показала однородность дисперсий.

Проверка адекватности полученных моделей, произведенная по F-критерию при уровне значимости 0,05, подтвердила гипотезу об адекватности модели.

Полученная модель была использована для определения рациональной жесткости пружин упругого элемента, а полученные результаты проанализированы.

Как было указано ранее, наибольшая деформация упругого элемента принимается равной 0,15 м, причем на пружину, имеющую меньшую жесткость (обозначим  $C_1$ ), приходится 0,1 м, на вторую (обозначим  $C_2$ ) — 0,05 м. Для первой пружины:

$$h = 0,0758 - 0,0465 \cdot x_1 + 0,0165 \cdot x_2 + 0,0118 \cdot x_1^2 + 0,0028 \cdot x_2^2 - 0,0115 \cdot x_1 \cdot x_2 \leq 0,1$$

Данная деформация будет наблюдаться при значении фактора  $X_2=0$ .

Для второй пружины:

$$h = 0,0758 - 0,0465 \cdot x_1 + 0,0165 \cdot x_2 + 0,0118 \cdot x_1^2 + 0,0028 \cdot x_2^2 - 0,0115 \cdot x_1 \cdot x_2 \leq 0,05$$

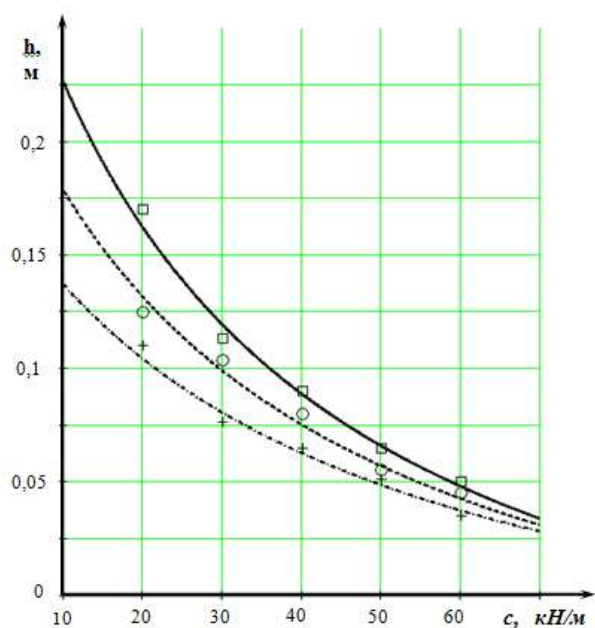
Данная деформация будет наблюдаться при значении фактора  $X_2=1$ .

Проанализировав уравнение регрессии (3.16) и результаты исследования (рисунок 3.22), было установлено, что допустимая жесткость пружин разработанных упругих элементов системы подрессоривания грузовой платформы, должна составлять не менее 30,7кН/м и 59,4кН/м для первой и второй ступени соответственно. Окончательно принято 31кН/м и 60кН/м.

Таблица 3.9 - Матрица планирования и результаты двухфакторного эксперимента по плану  $2^2$  с целью определения допустимой жесткости упругого элемента.

№ опыта	Факторы и их взаимодействия						Максимальное сжатие упругого элемента, м.		
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1^2 - 0,667$	$x_2^2 - 0,667$	$x_1 \cdot x_2$	$\bar{y}_j$	$\bar{\sigma}_{jn}$	$Y'_{jr}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+1	-1	-1	0,333	0,333	+1	0,11	0,0038	0,104
2	+1	+1	-1	0,333	0,333	-1	0,036	0,0005	0,037
3	+1	-1	+1	0,333	0,333	-1	0,169	0,0082	0,162
4	+1	+1	+1	0,333	0,333	+1	0,049	0,0009	0,048
5	+1	-1	0	0,333	-0,667	0	0,129	0,0029	0,132
6	+1	+1	0	0,333	-0,667	0	0,044	0,0019	0,042
7	+1	0	-1	-0,667	0,333	0	0,064	0,0017	0,062
8	+1	0	+1	-0,667	0,333	0	0,091	0,0021	0,089
9	+1	0	0	-0,667	-0,667	0	0,078	0,0009	0,07





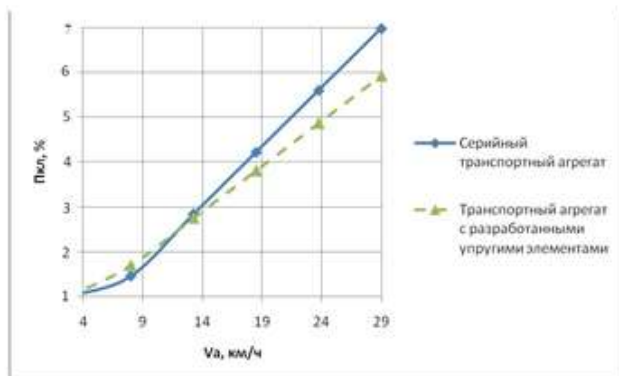
1 – масса груза 3400 кг; 2 – масса груза 3060 кг; 3 – масса груза 2720 кг.

□ ○ + экспериментальные точки

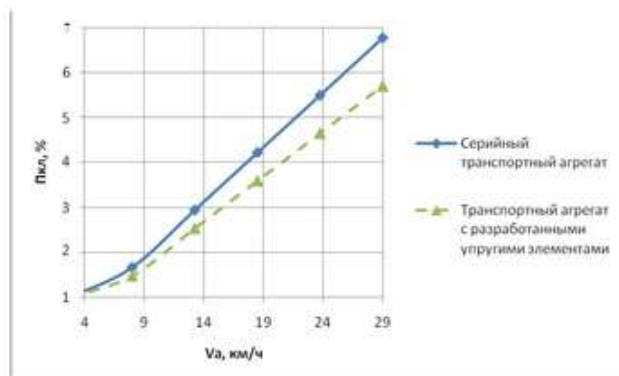
Рисунок 3.22 - Зависимость величины сжатия пружин упругого элемента подвески грузовой платформы от массы перевозимой продукции (картофеля) [289]

По результатам полевых испытаний тракторного прицепа 2ПТС-4 с устройством СПК построены зависимости величины повреждений яблок при изменении скорости движения ТГА и различной массе груза (рисунок 3.23) [295].

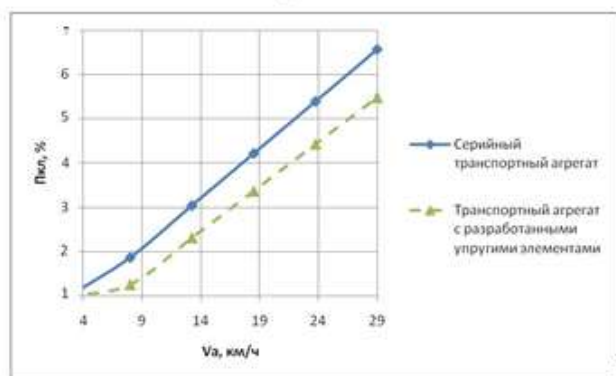
Анализ полученных результатов показывает, что применение устройства СПК с разработанной нами группой комбинированных упругих элементов различной жесткости позволяет снизить величину повреждений яблок по сравнению с серийным вариантом на всех нагрузочных режимах. При максимально допустимой скорости движения ТГА 24,4 км/ч это сокращение составляет около 23%. Уменьшение величины повреждений удалось добиться применением устройства СПК за счет снижения скорости его поперечных колебаний, что доказывают полученные цифры [295].



а)



б)



в)

а) масса груза 1920 кг; б) масса груза 2160 кг; в) масса груза 2400 кг.

Рисунок 3.23 - Зависимость повреждений яблок при ВП тракторным прицепом 2ПТС-4 от скорости и массы груза [295]

Таким образом, было установлено, что использование тракторных прицепов с устройствами СПК для ВП яблок в контейнерах в условиях сельскохозяйственного производства позволяет повысить производительность перевозок на 9% и уменьшить величину повреждений яблок до 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 не поврежденной продукции при работе на различных режимах эксплуатации в 1,07...1,32 раз по сравнению с серийными ТС (табл. 3.10) [296].

Таблица 3.10 - Экспериментальные данные повреждений картофеля и яблок при ВП тракторным прицепом 2ПТС-4 на скорости 25,2 км/ч и 25,8 км/ч [296].

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

### Выводы по главе 3

1. По результатам экспериментальных исследований установлено, что скорость колебаний грузовой платформы ТГА, при которой величина повреждений картофеля и яблок не превышает допустимого предела (не более 5% для яблок и не более 4% для клубней картофеля) составляет 1,77 м/с (для сорта Пепин шафранный при ВП на ТГА с деревянным кузовом) и 1,73 м/с (при ВП на ТГА с металлическим кузовом). Это подтверждают результаты теоретических исследований (расхождение 1,11% и 2,8% соответственно).

2. По результатам экспериментальных исследований определена величина жесткости группы комбинированных упругих элементов устройства СПК, которая составила 19,3 кН/м для охватывающей пружины и 35,9 кН/м для охватываемой пружины.

3. Экспериментальные исследования показали, что повреждения картофеля и яблок при ВП ТГА, с разработанными нами устройствами СПК, снижаются в 1,07...1,32 раза в зависимости от условий движения. В среднем повреждения картофеля и яблок при работе на различных участках с уклоном поверхности для серийного ТГА превышали АТТ и максимально составили 6,62% для яблок (при допустимых по АТТ 5%) и 5,44% для клубней картофеля (при допустимых по АТТ 4%), для ТГА с

устройствами СПК количество повреждений перевозимой продукции отвечало предъявляемым АТТ к перевозке яблок (не более 5%) и перевозке картофеля (не более 4%) при максимальной допустимой скорости движения ТГА 29 км/ч.

4. Установлено, что максимальная скорость движения ТГА по полю, при которой повреждения продукции не превышают 5% для яблок и 4% для картофеля составляет: для серийного ТГА 19,7 км/ч и 20,0 соответственно; для ТГА с устройствами СПК – 25,2 км/ч и 25,8 соответственно. С учетом возможности регулирования начальных параметров сжатия элементов группы комбинированных упругих элементов, появляется возможность для увеличения максимальной скорости движения ТГА с устройствами СПК до 28,6 км/ч для ВП яблок и 28,7 км/ч – для картофеля при соблюдении агротехнических требований к процессу ВП.

5. Применение в конструкциях ТГА совместно нескольких разработанных устройств СПК (например, устройства СПК и устройства фиксации), позволяет по сравнению с ТГА, оборудованными только одним из предложенных нами устройств повысить производительность на 5,7 – 6,2% при повреждениях картофеля и яблок, соответствующих агротехническим требованиям.

## Глава 4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ АГРЕГАТОВ С УСТРОЙСТВАМИ СПК И РАЗГРУЗКИ КАРТОФЕЛЯ И ЯБЛОК НА ВП. ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АПК

Расчет технико-экономической эффективности применения ТТА, оснащенных разработанными нами устройствами СПК производился по стандартной методике с использованием следующей литературы [24, 75, 134, 152, 160, 161, 280], исходные данные взяты за 2015 г. и представлены ниже (табл. 4.1, 4.2).

Таблица 4.1 - Исходные данные для технико-экономического расчёта эффективности применения ТТА с устройствами СПК и разгрузки продукции для ВП сельскохозяйственной продукции навалом (картофеля).

№	Наименование показателей	Единицы измерения	Тракторный прицеп 2ПТС-4	
			Базовый вариант	Новый вариант
1	2	3	4	5
1	Марка трактора, с которым агрегируется прицеп		МТЗ-80/82	МТЗ-80/82
2	Цена прицепа	руб.	202400	245720
3	Годовая загрузка прицепа	ч	264	264
4	Средняя техническая скорость	км/ч	20,0	25,8
5	Количество персонала, обслуживающего агрегат	чел.	1	1
6	Ёмкость платформы с основными бортами	м <sup>3</sup>	5,09	5,09
7	Номинальная грузоподъемность прицепа	т	4	4
8	Время, затрачиваемое на погрузку и разгрузку прицепа	ч	0,58	0,58
9	Средняя длина ездки с грузом	км	5	5
10	Коэффициент использования пробега		0,5	0,5
11	Норма амортизационных отчислений по прицепу	%	12,2	12,2
12	Норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание	%	11	11

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5
13	Сумма часовой оплаты с учетом всех видов доплат трактористам V разряда	руб./ч	206,46	206,46
14	Комплексная цена 1 кг ГСМ	руб.	29,9	29,9
15	Закупочная цена картофеля: - продовольственного - поврежденного	руб./т	13000 8700	13000 8700
16	Срок службы прицепа	лет	7	7
17	Коэффициент статического использования грузоподъемности		0,85	0,85
18	Уровень повреждений продукции	%	4,73	3,81
19	Годовой объем перевозок продукции, выполненный прицепом: - при урожайности сорта картофеля «Рэд Скарлетт»; - при площади возделывания картофеля	т  т/га  га	639  21,3  30	639  21,3  30

Таблица 4.2 - Исходные данные для технико-экономического расчёта эффективности применения ТТА с устройствами СПК для ВП сельскохозяйственной продукции в контейнерах (яблок).

№	Наименование показателей	Единицы измерения	Тракторный прицеп 2ПТС-4	
			Базовый вариант	Новый вариант
1	2	3	4	5
1	Марка трактора, с которым агрегируется прицеп		МТЗ-80/82	МТЗ-80/82
2	Цена прицепа	руб.	202400	245720
3	Годовая загрузка прицепа	ч	528	528
4	Средняя техническая скорость	км/ч	19,7	25,2
5	Количество персонала, обслуживающего агрегат	чел.	1	1
6	Ёмкость платформы с основными бортами	м <sup>3</sup>	5,09	5,09
7	Номинальная грузоподъемность прицепа	т	4	4
8	Время, затрачиваемое на погрузку и разгрузку прицепа	ч	0,58	0,58
9	Средняя длина ездки с грузом	км	5	5
10	Коэффициент использования пробега		0,5	0,5
11	Норма амортизационных отчислений по прицепу	%	12,2	12,2

1	2	3	4	5
12	Норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание	%	11	11
13	Сумма часовой оплаты с учетом всех видов доплат трактористам V разряда	руб./ч	206,46	206,46
14	Комплексная цена 1 кг ГСМ	руб.	29,9	29,9
15	Закупочная цена яблок: - товарных - поврежденных	руб./т	22000 15400	22000 15400
16	Срок службы прицепа	лет	7	7
17	Коэффициент статического использования грузоподъемности (с учетом массы контейнеров)		0,735	0,735
18	Уровень повреждений продукции	%	5,647	4,67
19	Годовой объем перевозок продукции, выполненный прицепом: - при урожайности яблок - при площади посадки яблонь	т т/га га	460 11,5 40	460 11,5 40

Экономический эффект от внедрения ТГА с устройствами СПК и разгрузки картофеля и яблок определяли, сопоставляя приведенные затраты базового и нового вариантов (в расчете на одно ТС). В качестве базового варианта взят серийный тракторный прицеп 2ПТС-4, а новый вариант включал в свою конструкцию устройство СПК и усовершенствованное устройство фиксации.

При эксплуатации ТГА с устройствами СПК при ВП экономический эффект складывался из следующих составляющих:

$$\mathcal{E}_{СУМ} = \mathcal{E}_{ЭКС} + \mathcal{E}_{ПОВР}, \quad (4.1)$$

где  $\mathcal{E}_{ЭКС}$  — экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат, руб;  $\mathcal{E}_{ПОВР}$  — экономический эффект в результате снижения величины повреждений картофеля и яблок, руб.

Таким образом, определив затраты на эксплуатацию для обоих вариантов и денежный выигрыш в результате повышения доли выхода

товарной продукции, определим общую экономическую эффективность от использования ТГА с устройствами СПК для ВП продукции навалом или в контейнерах.

#### **4.1 Экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат**

Экономический эффект в результате снижения эксплуатационных затрат будет равен

$$\mathcal{E}_{\text{ЭКС}} = (z_1 - z_2) \cdot Q_{\text{общ}}, \quad (4.2)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ЭКС}}$  — экономический эффект в результате снижения эксплуатационных затрат при использовании ТГА с устройствами СПК, руб;  $z_1$  и  $z_2$  — приведенные затраты на единицу груза, перевезенного серийным и ТГА с устройствами СПК соответственно, руб/т;  $Q_{\text{общ}}$  — годовой объем перевозок продукции, т.

Приведенные затраты представляют собой сумму эксплуатационных затрат и нормативной прибыли:

$$z = z_{\text{ЭКС}} + H_{\text{П}}, \quad (4.3)$$

где  $z_{\text{ЭКС}}$  — эксплуатационные затраты, руб/т;  $H_{\text{П}}$  — нормативная прибыль от капитальных вложений, руб/т.

Расходы на содержание и эксплуатацию (эксплуатационные затраты) являются комплексной статьёй затрат в себестоимости продукции растениеводства.

Статьи эксплуатационных затрат в зависимости от вида и объема выполняемых за год работ, то есть годовой загрузки, подразделяются на постоянные и переменные. К постоянным расходам, не зависящим от изменения годовой загрузки, относятся амортизационные отчисления и расходы на содержание.



К переменным расходам, зависящим прямо пропорционально от годовой загрузки, относятся затраты на техническое обслуживание и ремонт, топливо-смазочные материалы и оплату труда механизаторов.

Амортизационные отчисления на эксплуатацию определяем по формуле:

$$Z_a = \frac{B \cdot H_d}{100 \cdot T_{год} \cdot W_Q}, \quad (4.4)$$

где  $Z_a$  — амортизационные отчисления, руб/т;  $B$  — балансовая стоимость прицепа, руб;  $H_d$  — норма амортизационных отчислений, %;  $T_{год}$  — годовая загрузка прицепа, ч;  $W_Q$  — производительность тракторного прицепа, т/ч.

Балансовая стоимость прицепа ( $B$ ) определяется по формуле:

$$B = \Pi_{\Pi} \cdot K_{\Pi}, \quad (4.5)$$

где  $\Pi_{\Pi}$  — оптовая цена прицепа, руб;  $K_{\Pi}$  — коэффициент, учитывающий издержки на доставку прицепа в хозяйства при покупке. Принимаем равным  $K_{\Pi}=1,2$  [160].

Производительность ТГА определим по формуле:

$$W_Q = \frac{q \cdot \gamma_c \cdot v_m \cdot \beta}{l_{ез} + t_{п-р} \cdot v_m \cdot \beta}, \quad (4.6)$$

где  $q$  — номинальная грузоподъемность прицепа, т;  $\gamma_c$  — коэффициент статического использования грузоподъемности;  $V_T$  — средняя техническая скорость ТГА, км/ч;  $\beta$  — коэффициент использования пробега;  $l_{ез}$  — средняя длина ездки с грузом (среднее расстояние от поля до хранилища), км;  $t_{п-р}$  — время погрузки и разгрузки прицепа, ч.

Производительность ТГА составила:

для базового варианта:

$$\text{при ВП картофеля } W_Q = \frac{4 \cdot 0,85 \cdot 20,0 \cdot 0,5}{5 + 0,58 \cdot 20,0 \cdot 0,5},$$

$$W_Q = 3,15 \text{ т/ч};$$

$$\text{при ВП яблоч } W_Q = \frac{4 \cdot 0,735 \cdot 19,7 \cdot 0,5}{5 + 0,58 \cdot 19,7 \cdot 0,5}$$

$$W_Q = 2,70 \text{ т/ч};$$

для нового варианта:

$$\text{при ВП картофеля } W_Q = \frac{4 \cdot 0,85 \cdot 25,8 \cdot 0,5}{5 + 0,58 \cdot 25,8 \cdot 0,5},$$

$$W_Q = 3,51 \text{ т/ч};$$

$$\text{при ВП яблоч } W_Q = \frac{4 \cdot 0,735 \cdot 25,2 \cdot 0,5}{5 + 0,58 \cdot 25,2 \cdot 0,5},$$

$$W_Q = 3,01 \text{ т/ч};$$

Затраты на техническое обслуживание и ремонт находятся:

$$Z_{ТО} = \frac{B \cdot H_{ТО}}{100 \cdot T_{год} \cdot W_Q}, \quad (4.7)$$

где  $Z_{ТО}$  — затраты на техническое обслуживание и ремонт, руб/т;  $H_{ТО}$  — норма отчислений на техническое обслуживание и ремонт, %;  $T_{год}$  — годовая загрузка прицепа, ч;

Затраты на горюче-смазочные материалы определяются следующим образом:

$$Z_{ГСМ} = \frac{H_{ГСМ} \cdot C_{ГСМ}}{W_Q}, \quad (4.8)$$

где  $Z_{ГСМ}$  — затраты на горюче-смазочные материалы, руб/т;  $H_{ГСМ}$  — расход горюче-смазочных материалов, кг/ч;  $C_{ГСМ}$  — комплексная цена горюче-смазочных материалов, руб/кг.

Общий расход горюче-смазочных материалов равен:

$$H_{ГСМ} = N \cdot q \cdot \chi, \quad (4.9)$$

где  $N$  — номинальная мощность двигателя трактора, кВт;  $q$  — удельный расход горючего, кг/(кВт·ч);  $\chi$  — средний коэффициент

использования мощности двигателя (для транспортных работ принимается равным 0,5).

Для обоих вариантов (таблицы 4.1 и 4.2) общий расход горюче-смазочных материалов составит:

$$H_{гсм} = 58,9 \cdot 0,258 \cdot 0,5;$$

$$H_{гсм} = 7,6 \text{ кг/ч.}$$

Величина оплаты труда механизаторов рассчитывается следующим образом:

$$Z_o = \frac{C_{тар} \cdot L}{W_o}, \quad (4.10)$$

где  $Z_o$  — оплата труда механизаторов, руб/т;  $C_{тар}$  — тарифная ставка механизатора за выполняемую работу, руб/ч;  $L$  — число механизаторов, чел.

Результаты расчета эксплуатационных затрат представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Калькуляция эксплуатационных затрат

№	Статьи затрат	Единицы измерения	Тракторный прицеп 2ПТС-4	
			Базовый вариант	Новый вариант
1	Амортизационные отчисления, $Z_a$	Руб/т	35,85 (20,63)	39,15 (22,41)
2	Техническое обслуживание и ремонт, $Z_{ТО}$	Руб/т	32,33 (18,6)	35,3 (20,2)
3	Горюче-смазочные материалы, $Z_{гсм}$	Руб/т	72,6 (83,54)	65,3 (74,75)
4	Оплата труда механизаторов, $Z_o$	Руб/т	65,96 (75,9)	59,33 (67,91)
5	Итого эксплуатационных затрат, $Z_{экс}$	Руб/т	206,74 (198,67)	199,08 (185,27)

Примечание: в скобках указаны значения соответствующие эксплуатационным затратам при ВП яблук.

Нормативная прибыль от капиталовложений (Н) находим по формуле:

$$H_{\Pi} = E_H \cdot K_y, \quad (4.11)$$

где  $E_H$  — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений ( $E_H=0,15$ );  $K_y$  — удельные капиталовложения, руб/т.

Удельные капиталовложения определяем:

$$K_y = \frac{B}{T_{год} \cdot W_Q}, \quad (4.12)$$

С помощью выражения (4.2) определяем приведенные затраты и годовой экономический эффект от использования ТГА с устройствами СПК в результате снижения эксплуатационных затрат (таблица 4.3):

$$\text{при ВП картофеля } \mathcal{E}_{\mathcal{E}КС} = (250,83 - 247,22) \cdot 639,$$

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}КС} = 2306,79 \text{ руб.}$$

$$\text{при ВП яблок } \mathcal{E}_{\mathcal{E}КС} = (224,04 - 212,82) \cdot 460$$

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}КС} = 5161,2 \text{ руб.}$$

#### **4.2 Экономический эффект от снижения повреждений картофеля и яблок**

Экономический эффект от снижения величины повреждений картофеля и яблок при их ВП определяется выражением:

$$\mathcal{E}_{\text{ПОВР}} = I_C - I_M \quad (4.13)$$

где  $I_C$  — издержки от повреждения картофеля и яблок при ВП серийным тракторным прицепом, руб;  $I_M$  — издержки от повреждения картофеля и яблок при ВП тракторным прицепом с устройствами СПК, руб;

Издержки от повреждения картофеля и яблок при ВП определяем выражением:

$$I = Q_{\text{ОБЩ}} \cdot П_{\text{КЛ}} \cdot Ц_P \quad (4.14)$$

где:  $Q_{\text{ОБЩ}}$  — количество перевезенного урожая за время уборки одним тракторным прицепом, т;  $P_{\text{КЛ}}$  — величина повреждений картофеля и яблок, %;  $C_p$  — ценовая разница продовольственного и поврежденного картофеля (товарных и поврежденных яблок), руб/т;

Приняв величину повреждений картофеля 4,73% и яблок 5,647% — для серийного тракторного прицепа и 3,81% и 4,67% соответственно — для тракторного прицепа с устройствами СПК (таблицы 4.1 и 4.2), а так же ценовую разницу продовольственного и поврежденного картофеля  $C_p=4300$  руб/т и товарных и поврежденных яблок  $C_p=6600$  руб/т получим следующие выражения для определения издержек от повреждения продукции:

-для базового варианта:

при ВП картофеля  $I_C = 639 \cdot 0,0473 \cdot 4300 = 129966,21$  руб.

при ВП яблок  $I_C = 460 \cdot 0,05647 \cdot 6600 = 171442,92$  руб.

-для нового варианта:

при ВП картофеля  $I_M = 639 \cdot 0,0381 \cdot 4300 = 104687,37$  руб.

при ВП яблок  $I_M = 460 \cdot 0,0467 \cdot 6600 = 141781,2$  руб.

Экономический эффект от снижения величины повреждений продукции при ВП будет равен:

картофеля  $\mathcal{E}_{\text{ПОВР}} = 129966,21 - 104687,37$ ,

$\mathcal{E}_{\text{ПОВР}} = 25278,84$  руб.

яблок  $\mathcal{E}_{\text{ПОВР}} = 171442,92 - 141781,2$ ,

$\mathcal{E}_{\text{ПОВР}} = 29661,72$  руб.

Общий экономический эффект от тракторного прицепа с устройствами СПК будет равен:

при ВП картофеля  $\mathcal{E}_{\text{СУМ}} = 2306,79 + 25278,84 = 27585,63$  руб.

при ВП яблок  $\mathcal{E}_{\text{СУМ}} = 5161,2 + 29661,72 = 34822,92$  руб.

или в пересчете на 1 тонну перевезенного картофеля и яблок 43,17 руб/т. и 75,7 руб/т. соответственно.

Кроме того, применение тракторного прицепа с устройствами СПК позволяет увеличить производительность ВП в среднем на 10,1 – 10,5 %.

#### **4.3 Пути дальнейшей модернизации ТС для АПК**

Данные, полученные в процессе и в результате проведения исследований, описанных в нашей диссертационной работе, на основе анализа, обсуждения и апробации в ведущих аграрных ВУЗах и НИИ РФ и РБ, привели к созданию ряда перспективных технико-технологических решений [175, 177, 180, 181, 182, 183, 184, 250], исследования и внедрение которых являются целью нашей дальнейшей работы. По части одних устройств уже проведены теоретические или полевые исследования их эффективности [98, 288, 291], по некоторым исследования ведутся в настоящее время. Здесь предпринята попытка провести их краткий обзор, а также оценить, насколько уже полученные результаты и общая направленность намеченных нами перспектив совпадает с последними общемировыми тенденциями развития агроинженерной науки и техники.

Большие потери картофеля и яблок при ВП связаны с их механическими повреждениями при погрузочно-разгрузочных и транспортных операциях. Это обуславливает актуальность проблемы сохранности при ВП картофеля и яблок. Одним из приоритетных национальных вопросов является «...разработка направлений по улучшению автотранспортного обслуживания с целью повышения качества перевозочного процесса, которое включает в себя повышение коммерческой скорости товарных потоков в 2-3 раза, увеличение производительности и прибыльности автотранспортных систем в 2-3 раза, снижение экологической нагрузки на среду обитания на 20%...» и других моментов, отмеченных в «Транспортной стратегии России до 2020 года» [207].

Из трудов Колчина Н.Н. [126, 129] установлено, что в мировом сельском хозяйстве интенсивно растет уровень его комплексной механизации на основе широкой автоматизации технологий машинного производства картофеля и другой сельскохозяйственной продукции с использованием методов логистики, точного (precision) и, в перспективе, интеллектуального (smart) земледелия с использованием глобальной спутниковой навигационной системы GPS с целью повышения эффективности, качества работ и обеспечения современных нормативных требований условий труда обслуживающего персонала и экологии.

Растет разнообразие технологий производства сельскохозяйственных продуктов и увеличивается число применяемых в них видов и типов машин и оборудования, создаваемых на основе современных материалов и широкой номенклатуры комплектующих изделий, вызванное дальнейшим расширением и углублением исследований свойств сельскохозяйственных культур, их плодов, особенностей условий выращивания и расширением использования сельскохозяйственной техники [61, 65].

Основной документ, определяющий развитие отечественного сельского хозяйства в России на ближайшие годы - «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы». В ней имеется подпрограмма 5: «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие», которая, по существу, должна определять развитие отечественного сельскохозяйственного машиностроения как совершенствование современной технической базы производства сельхозпродукции. Однако эта подпрограмма регламентирует лишь план сравнительно малых объемов производства всего по трем типам машин: тракторам, зерноуборочным и кормоуборочным комбайнам. При этом план выпуска по тракторам на 2015 год не был выполнен [40].

Современный этап развития мирового сельского хозяйства выдвигает новые повышенные требования к составу технических средств, к их характеристикам и обуславливает серьезные изменения в технологиях производства сельскохозяйственной продукции [40].

Россия обладает колоссальным потенциалом рынка сельхозтехники. В докризисные годы он достигал своего максимума – 150 млрд. р. (около 6% мирового рынка). Однако низкая платежеспособность российских крестьян привела к снижению продаж необходимой техники и оборудования, а доля ее импорта в настоящее время выросла до 64% [40].

Сравнительный анализ рынков сельскохозяйственной техники Бразилии, США, Франции, Германии и России показывает, что российский рынок наиболее открыт для зарубежных производителей техники для АПК.

В картофелеводстве страны становятся востребованными новые условия ведения сельского хозяйства по современным эффективным машинным технологиям. Вместе с тем, российское картофелеводство в целом значительно отстает по уровням развития от ведущих зарубежных стран.

В современных сельхозмашинах широко используются различные сложные механические, гидравлические, электрические, электронные и комбинированные, в том числе автоматические, агрегаты и системы для передачи энергии, управления, регулирования рабочих параметров, обеспечения условий труда операторов и др.

В зарубежном сельскохозяйственном машиностроении в последние годы значительное внимание уделяется перегружающей технике. Доказательство тому – перегружающая лента Fliegl Pom-Over для картофеля применяемая на прицепах-вагонах ASW [168] (рис. 4.2).





Рисунок 4.2 – Общий вид перегружающей ленты Fliegl Pom-Over для картофеля, установленной на прицепе - вагоне ASW

Перегружающая лента Fliegl Pom-Over используется при переходе с пашни на дорогу. Картофелекопатель собирает картофель и перегружает его на прицеп-вагон ASW (рис. 4.3 а, б). Когда прицеп наполняется, он перегружает картофель на полевой край через Pom-Over на грузовой автомобиль (рис. 4.3 в, г), который выполняет дальнейшую транспортировку. Большой плюс в повышении эффективности заключается в предотвращении прерываний технологического процесса. При процессе перегрузки картофелекопатель может работать постоянно и без не нужных пауз [168].

Высота перегрузки ступенчато варьируется примерно от 3 до 4,5 м. Точная регулировка предотвращает слишком большую высоту падения – таким образом картофель избегает повреждений. Во время перегрузки Fliegl Pom-Over очищает картофель. Четыре очистительных валика освобождают урожай от приставших земляных остатков (рис. 4.3 д). Конвейер, через который картофель перемещается по одному, рассчитан специально для сбора урожая картофеля – расстояние планок в 22 мм обеспечивает идеальную транспортировку и проходимость плодов. Fliegl серийно оснащает Pom-Over фарами для хорошего освещения при работе и адаптером для автопогрузчика. Опционально доступна также камера видеонаблюдения, чтобы непосредственно контролировать перегрузку с

прицепа-вагона ASW на Pom-Over. Также опционально доступен конвейер для моркови с расстоянием планок в 12 мм, приспособленный для перегрузки моркови [168].



а)



б)



в)



г)



д)

а), б) перегрузка картофеля из картофелекопателя в прицеп-вагон ASW с перегружающей лентой Fliegl Pom-Over; в), г) рабочее положение перегружающей ленты Fliegl Pom-Over и перегрузка картофеля в транспортное средство для дальнейшей транспортировки; д) освобождение урожая от приставших земляных остатков.

Рисунок 4.3 – Технологический процесс уборки картофеля с использованием перегружающей ленты Fliegl Pom-Over для картофеля, установленной на прицепе - вагоне ASW:

Перегружающая лента Fliegl Pom-Over является не только частью пазла в процессе сбора урожая, но поворотным моментом и основным звеном процесса перегрузки. Сбор картофеля при помощи перегружающей ленты повышает темп и эффективность уборки [168].

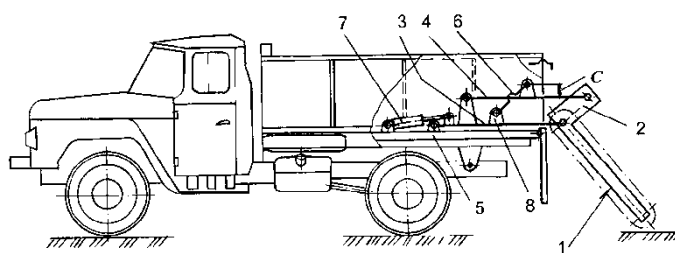
При погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работах, в том числе для загрузки и разгрузки автомобильных ТС и тракторных прицепов, как при работе с уровня загрузочной рампы, так и с уровня земли используют многообразие моделей погрузочно-разгрузочных устройств, стационарное или мобильное исполнение ленточных и скребковых транспортеров.

Однако использование погрузчиков в организационно-технологических операциях при погрузке и перевозке грузов автомобильным транспортом в практике агропромышленного производства, в частности загрузки сельскохозяйственной продукцией кузовов автомобилей в полевых условиях, не всегда целесообразно и экономически оправдано.

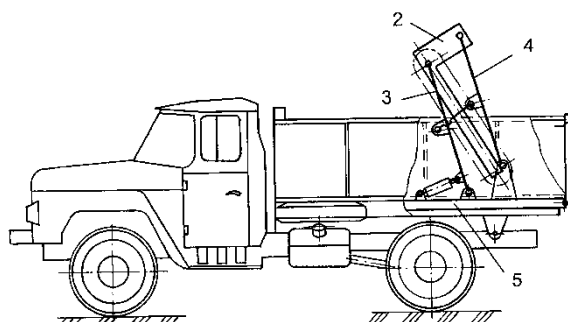
Использование навесного модуля - перегрузочного устройства для базовой машины - автомобиля является одним из наиболее эффективных путей ускоренного и ресурсосберегающего развития погрузочно-разгрузочной сельскохозяйственной техники в агропромышленном производстве продукции в АПК РФ на современном этапе.

Однако рассматриваемая структурная схема навесного оборудования имеет ограниченную сферу применения и обеспечивает разгрузку механизированным способом кузовов автомобилей только сыпучего груза.

С целью улучшения условий труда при выполнении ручных погрузочно-разгрузочных операций и обеспечения сокращений простоев транспорта нами предложено навесное перегрузочное устройство для автомобилей (Патент РФ на полезную модель №93754, опубл. 10.03.2009, бюл. 7 (Приложение Б)) (рис. 4.4 а, б и рис. 4.5 а, б) [38, 177, 288].



а)



б)

а) в рабочем положении (без рольганга), вид сбоку; б) в транспортном положении (без рольганга), вид сбоку

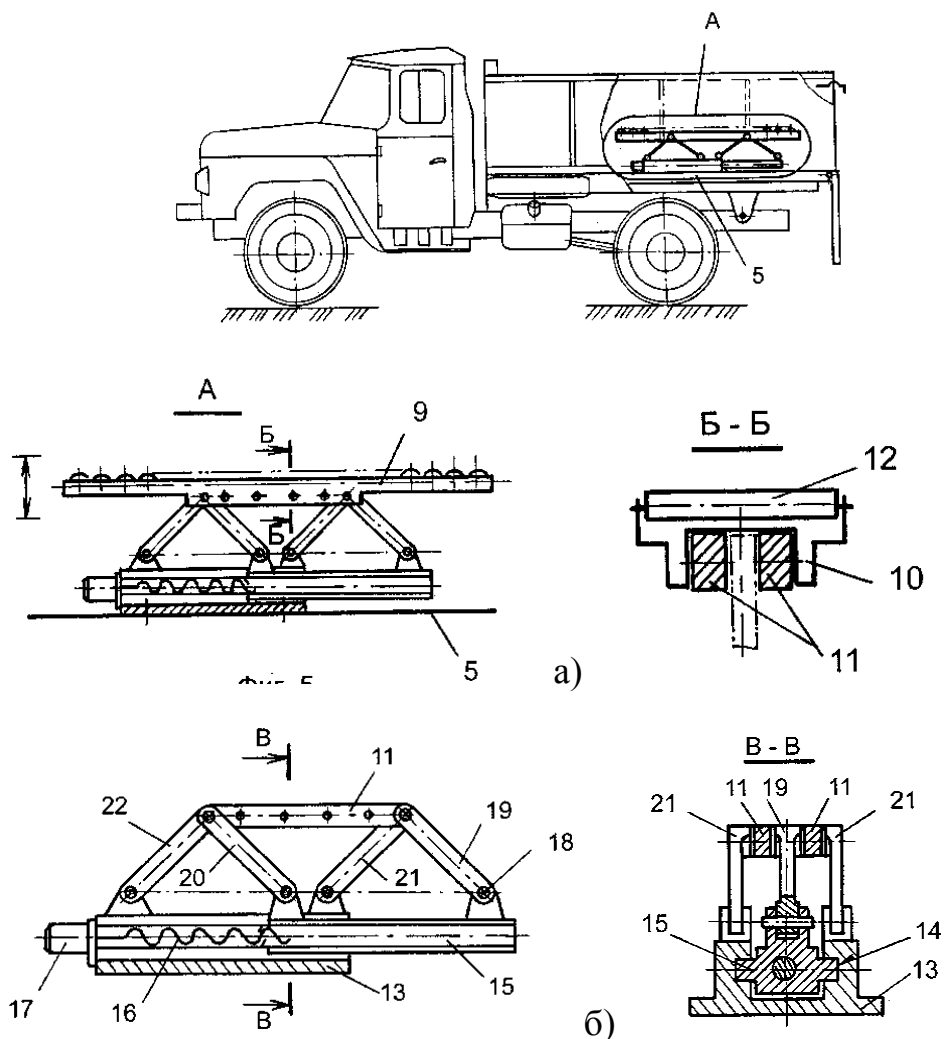
1 – транспортер, 2 – рама, 3 – верхний рычаг, 4 – нижний рычаг, 5 – рама автомобиля, 6 – поперечина, 7- гидроцилиндр, 8 – кронштейн.

Рисунок 4.4 - Схема навесного перегрузочного устройства для автомобиля: [177]

Оба устройства выражают функциональное назначение: при расположении и функционировании на ТС одновременно быстросъемного перегрузочного устройства и рольганга для горизонтального перемещения тарно-штучных грузов улучшаются условия труда при выполнении ручных погрузочно-разгрузочных операций и обеспечивается сокращение простоя автомобильного транспорта [244].

Применение навесного перегрузочного устройство для автомобилей позволяет повысить эффективность и расширить функциональное назначение устройства за счет введения вспомогательного оборудования для рациональной организации размещения тарно-штучных грузов по

площади кузова и снижения затрат труда при обслуживании рабочей силой [38, 248].



а) вид сверху: фрагмент А и разрез Б-Б; б) параллелограммный механизм: продольный разрез и разрез В-В

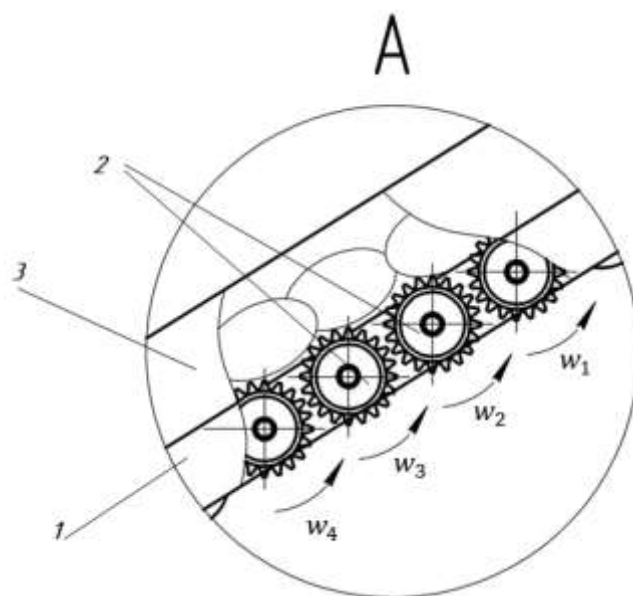
5 – рама автомобиля, 9 – рольганг, 10 – открытый ступенчатый профиль, 11 – несущая общая тяга, 12 – ролики; 13 – общее основание (корпус); 14 – направляющие; 15 – ползун; 16 – ходовой винт; 17 – привод; 18 – шарниры; 19, 20, 21, 22 – звенья;

Рисунок 4.5 - Схема навесного перегрузочного устройства для автомобиля в рабочем положении с рольгангом для перемещения груза [244]

Проведенный анализ существующих конструкций самосвальных ТС отечественного производства [38, 175, 176, 179, 231, 244, 247, 248, 292] показал, что они не могут в полной мере соответствовать растущим потребностям агропромышленного комплекса, так как все они ориентированы на перевозку всевозможных грузов (начиная от строительных материалов и заканчивая продуктами растениеводства) [7, 37]. Универсальность ТС выгодна мелким сельхозпроизводителям и крестьянско-фермерским хозяйствам, но в значительной степени влияет на эффективность сельскохозяйственных гигантов. Потому расширение функциональных характеристик и опциональных возможностей существующих моделей самосвальных ТС является актуальной задачей для АПК [187, 193, 194, 228, 295].

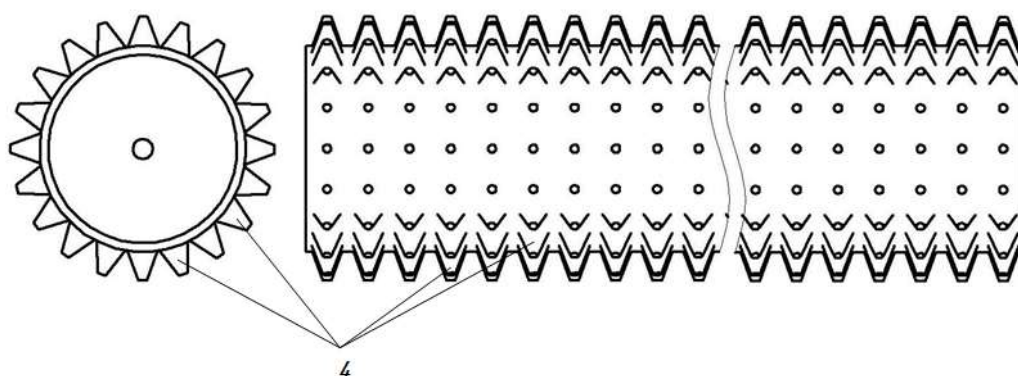
По результатам научно-исследовательской деятельности сотрудников федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» было разработано навесное перегрузочное устройство для самосвального кузова ТС (Патент РФ на полезную модель №161488, опубл. 20.04.2016, бюл. 11 (Приложение Б)) [183, 197], оснащенное роликовым транспортером (рис. 4.6). Для предотвращения сгуживания продукции по краям роликового транспортера предусмотрены упругие боковины 3. При перемещении легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции по поверхности роликового транспортера, оставшиеся в ней мелкодисперсные примеси задерживаются между выступами 4 роликов 2 (рис. 4.7), что обеспечивает дополнительную очистку конечного продукта.

Предложенное устройство позволит повысить сохранность легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции в процессе выгрузки ее из самосвального кузова ТС [183, 197] и может быть использовано в различных технологических схемах внутрихозяйственных перевозок.



1 - рама транспортера; 2 - ролики; 3 - упругие боковины

Рисунок 4.6 – Местный вид по А роликового транспортера



4 - выступы

Рисунок 4.7 - Общий вид ролика

Для повышения равномерности выгрузки продукции предложен самосвальный кузов для перевозки легкоповреждаемой продукции (Патент РФ на изобретение №2584041, опублик. 20.05.2016, бюл. 14 (Приложение Б)) [184, 298].

Технический результат от использования устройства заключается в повышении сохранности продукции при разгрузке кузова за счет



формирования регулируемой порционной выгрузки, а также исключения скольжения продукта по стенкам кузова и перегородок.

В зарубежной сельскохозяйственной технике применяется система электронного принудительного подруливания „ForCon 2010“ (Force Control) от Fliegl Agrartechnik GmbH, Töging (рис. 4.8). Имея небольшую конструкцию, система обеспечивает надежное и стабильное движение прицепа и более эффективное маневрирование прицепов на Тридем и Тандем-агрегатах на дорогах, в поле, в условиях ограниченного пространства [168].



Рисунок 4.8 – Тракторный поезд с системой электронного принудительного подруливания „ForCon“

Новая система принудительного подруливания измеряет радиус поворота не посредством механической системы тяг. Вместо него для измерения радиуса поворота, а затем и угла поворота используется гироскоп. Этот угол поворота передается на датчики угла поворотов, расположенные на оси, которые с помощью гидравлических цилиндров устанавливают поворотные оси под определенным углом. Гироскоп можно установить на тракторе практически в любом месте. Например: на крыле трактора задней оси.

Благодаря электронному управлению по горизонтали и по вертикали постоянно обеспечивается оптимальный поворот всех колес на всех осях. В результате:



- оптимальное движение по колею даже на грязных дорогах, имеющих боковой наклон;
- стабильная езда на поворотах и по прямой на дорогах без раскачки,
- спокойное движение по инерции даже на высокой скорости и благодаря этому меньшая нагрузка на ось;
- меньший износ шин даже на самых крутых поворотах, безопасная езда на склонах;
- лучшее распределение давления шин на почву;
- безупречная езда вперед и назад по любой местности. В том числе по канавам и кочкам.

При эксплуатации высокопроизводительной транспортной техники в сельском хозяйстве в настоящее время широко применяются большегрузные прицепы, которые при несомненных их преимуществах имеют один существенный недостаток: значительные силы инерции, которые при разгоне и торможении являются причиной повреждений перевозимого груза. С целью снижения этого негативного явления нами разработано тягово-сцепное устройство с пневмокомпенсатором колебаний (Патент РФ на полезную модель №154410, опубл. 20.08.2015, бюл. 23 (Приложение Б)) [182].

Технический результат от использования устройства заключается в повышении устойчивости машинно-тракторного агрегата и плавности его хода, а также снижении величины повреждений продукции при продольных ускорениях агрегата за счет непрерывного изменения жесткости пары шток-дышло.

С целью уменьшения повреждений перевозимой продукции, путем снижения уровня поперечных колебаний грузовой платформы ТС нами предлагается устройство СПК ТС (Патент РФ на изобретение №2519304, опубл. 10.06.2014, бюл. 16 (Приложение Б)) [180].

Устройство СПК ТС состоит из механизма обеспечения углового поворота кузова, механизма перемещения кузова и датчика дестабилизирующих сил.

Технический результат от использования устройства заключается в снижении поперечных колебаний кузова и, как следствие, повышении его устойчивости, что приводит к уменьшению повреждений перевозимого груза.

С целью повышения производительности тракторного прицепа 2 ПТС-4 и уменьшения повреждений легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции нами предлагается устройство фиксации для прицепного ТС (Патент РФ на полезную модель №93754, опубл. 10.05.2010, бюл. 13 (Приложение Б)) (рис. 4.9) [35, 178].



1 – верхнее полукольцо; 2 – нижнее полукольцо; 3 – фиксатор; 4 – пневматическая диафрагма.

Рисунок 4.8 – Устройство фиксации прицепного ТС, выполненное на прицепе 2ПТС-4

Предложенное техническое решение позволяет улучшить условия труда, придать ТС большую маневренность при работе, а также повысить его надежность и уменьшить повреждения сельскохозяйственной продукции.

Использование предлагаемого устройства позволяет улучшить условия труда, повысить производительность и надежность при эксплуатации прицепов, так как быстроедействие и автоматизм данного устройства придает ТС хорошую маневренность и сокращает потери времени и повреждения груза особенно при движении задним ходом [242, 248].

С целью снижения повреждений легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции (например, яблок) перевозимой в контейнерах, размещенных в кузове ТС, необходимо создание устройства, способствующего снижению травмируемости при перевозке легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции в контейнерах от места сбора [98].

Технический результат от использования устройства (контейнера) заключается в снижении травмируемости перевозимого груза, например, яблок, за счет их распределения в выполненных ячейках крышки, а не по плоскости. При этом за счет применения не жесткого материала крышки, например, поролона или резины, а также упругих резиновых жгутов механизма крепления с регулируемым натягом (в зависимости от точек крепления штифтов на контейнере) достигается необходимое уплотнение груза, не позволяющее отдельным его элементам перемещаться внутри контейнера в процессе перевозки, в том числе одного плода относительно другого [98].

Лабораторные эксперименты, проведенные с имитатором крышки (ячеистая упаковка для яиц), показали хорошую сохранность продукции при приложении вибрационной нагрузки, характерной для перевозки продукции с места сбора на склад [97].

Передовые технологии в области электроники, сенсорной техники и программного обеспечения определяют характер агротехнических инноваций и приведут к увеличению автоматизации рабочих процессов в

растениеводстве с целью организовать работу более эффективно, качественно, точно, экологично и экономически целесообразно [41].

Приоритетное развитие получит разработка инновационных технологий, обеспечивающих значительное увеличение урожайности, продуктивности и ресурсосбережения в сельском хозяйстве [40, 41].

### **Выводы по четвертой главе**

1. Определено, что годовой экономический эффект от использования тракторного прицепа 2ПТС-4 с разработанными устройствами СПК для ВП картофеля и яблок составляет 27585,63 и 34822,92 рублей соответственно при объеме ВП картофеля навалом 639 тонн в год и яблок в контейнерах 460 тонн в год, что достигается за счет снижения эксплуатационных затрат и уменьшения повреждений продукции. При этом производительность ВП увеличивается на 10,1 – 10,5 %.

2. 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 устойчивость машинно-тракторного агрегата и плавность его хода, а также снизить повреждения продукции при продольных ускорениях агрегата за счет непрерывного изменения 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, яблок) в выполненных ячейках крышки, а не по плоскости, что не позволяет элементам груза перемещаться внутри контейнера в процессе перевозки (патент на изобретение №2532829); самосвальный кузов для перевозки легкоповреждаемой продукции, способствующий повышению сохранности продукции при разгрузке кузова за счет формирования регулируемой порционной выгрузки, а также исключения скольжения продукта по стенкам кузова и перегородок (патент на изобретение №2584041).

3. 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 эффективность и расширить функциональное назначение данного устройства за счет введения вспомогательного оборудования для рациональной 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 кузов 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 двулучевого 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 существенных их повреждений 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, Александровского 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 влияния прицепов при движении ТС, а так же уменьшения повреждений сельскохозяйственных грузов рекомендуется использовать тягово-цепное 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.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.С. 901137 СССР, МПК51 В 62 D 37/04. Устройство горизонтальной стабилизации транспортного средства / Суляев А.С., Филаретов В.Ф. (SU); заявитель и патентообладатель Дальневосточный ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт им. В.В. Куйбышева - № 2932616/27-11; заявл. 07.05.1980; опубл. 30.01.1982, бюл. №4. – 3 с.
2. А.С. 1197908 СССР, МПК51 В 62 D 1/100. Прицепное транспортное средство / Глущенко А.Д., Сливинский Е.В.(SU); заявитель и патентообладатель Ташкенский ордена трудового красного знамени институт инженеров железнодорожного транспорта - № 3735632; заявл. 11.03.1984; опубл. 15.12.1985. – 2 с.
3. А.С. 1298107 СССР, МПК51 В60Р 1/28. Кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемых сельскохозяйственных продуктов / Спивак А.В., Литвин М.В., Кривописк Л.Г.(SU); заявитель и патентообладатель Головное специализированное конструкторское бюро по комплексам машин для механизации работ в садах, виноградниках, питомниках и ягодниках Кишиневского производственного объединения «Плодсельхозмаш» - № 3969253/29-11; заявл. 24.10.1985; опубл. 23.03.1987, бюл. №11.– 3 с.
4. А.С. 1498649 СССР, МПК51 В65G 65/02. Самосвальнй кузов транспортного средства для перевозки сельскохозяйственной продукции / Рамфопуло П.С., Хатиашвили А.Г. (SU); заявитель и патентообладатель / Рамфопуло П.С., Хатиашвили А.Г. - № 4339893/27-11; заявл. 07.12.1987; опубл. 07.08.1989, бюл. №29 – 7 с.
5. А.С. 1664644 СССР, МПК51 В 62 D 37/00, В 60 Р 1/00. Устройство для стабилизации положения кузова транспортного средства / Гамаюнов П.П., Белов О.А., Савенков И.В., Федотов А.М. (SU); заявитель и патентообладатель Саратовский институт механизации сельского

хозяйства им. М.И. Калинина - № 4651170/11; заявл. 12.01.1989; опубл. 23.07.91, бюл. №27. – 3 с. : ил.

6. Адамовский, Э.В. Сохранность грузов при перевозке. Новое в жизни, науке и технике / Э.В. Адамовский // Транспорт. – 1988. - №4 – С. 63.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.)
12. Балашов, В.М. Контейнеры лучше ящиков / В.М. Балашов // Садоводство. – 1970. - №9. - С. 12-13
13. Березенко, Н.В. Инновационное развитие картофелеводства в России / Н.В. Березенко, О.В. Слинько // Техника и оборудование для села. – 2013. - № 3. -С. 46-48.
14. Беренштейн, И.Б. Внутрихозяйственная и междугородная транспортировка плодов / И.Б. Беренштейн // Труды ВНИИ сад. им. И.В. Мичурина, Вып. 17. – Мичуринск, 1973. – С. 263-270
15. Беренштейн, И.Б. Исследование некоторых физико-механических свойств яблок / И.Б. Беренштейн // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1974. - №1. - С. 55-57
16. Беренштейн, И.Б. Определение оптимальной высоты наполнения контейнеров плодами / И.Б. Беренштейн, Баженов В.М. // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии - 1975 - №1. - С. 42-44
17. Беренштейн, И. Б. Применение механизации в интенсивных садах / И. Б. Беренштейн // Консервная и овощесушильная промышленность – 1975 - №2. - С. 30.
18. Беренштейн, И. Б. Применение пакетов и контейнеров в хозяйствах Крыма / И. Б. Беренштейн, И. И. Баккал // Садоводство – 1975 - №8. - С. 6-7.

19. Беренштейн, И. Б. Некоторые вопросы организации уборки урожая плодов с применением контейнеров и пакетов / И. Б. Беренштейн // В кн.: "Пути повышения урожайности плодовых и овощных культур" - Одесса, 1976. - С. 36-40.
20. Беренштейн, И.Б. Исследования статистических нагрузок на плоды в контейнерах / И.Б. Беренштейн // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1977. - №9. - С. 47-48.
21. Беренштейн, И. Б. Технологические и технико-эксплуатационные основы механизации транспортирования и послеуборочной обработки плодов в промышленном садоводстве: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 05.20.01 / И. Б. Беренштейн – Ереван: НПО «Армсельхозмеханизация», 1979. – 42 с.
22. Беренштейн, И.Б. Заготовки, транспортирование и хранение плодов / И.Б. Беренштейн, Р.Я. Ципруш – М.: Агропромиздат, 1988. – 143 с.
23. Бидерман, В.Л. Теория механических колебаний: Учебник для вузов. / В.Л. Бидерман - М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.
24. Билибина, Н.Ф. Расчет экономической эффективности внедрения новой техники на автомобильном транспорте. М.: Транспорт 1989, 233с.
25. Борновский, В.И. Исследование качества перевозок грузов автомобильным транспортом и методов его повышения: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.И. Борновский – М: 1980. – 17с.
26. 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 РГАТУ. – 2012. - №2. – С. 37 – 40.
27. 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.

28. Буряков, А.Т. Комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ / А.Т. Буряков – М.: Россельхозиздат, 1976. – 168 с.

29. Бычков, В.В. Инновационные технологии и комплексы машин для механизации садоводства / В.В. Бычков, Г.И. Кадыкало // В сборнике: Научно-практические достижения и инновационные пути развития производства продукции садоводства для улучшения структуры питания и здоровья человека. Материалы научно-практической конференции. 3-я Всероссийская выставка "День садовода - 2008"; редкол.: отв. ред.: А. В. Гудковский и др.. Мичуринск, 2008. С. 114-131.

30. Бычков, В.В. Ресурсосберегающие технологии и технические средства для механизации садоводства / В. В. Бычков, Г. И. Кадыкало, И. А. Успенский // Садоводство и виноградарство. – 2009. - №6. – С. 38 – 42.

31. 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.

32. Бычков, В.В. Инновационная технология в садоводстве и её техническое обеспечение / В.В. Бычков, В.И. Донецких, М.Т. Упадышев, В.Г. Селиванов // Техника и оборудование для села. 2013. № 11 (197). С. 22-25

33. Бычков, В.В. Технические средства для механизации уборочных и транспортных работ в садоводстве / В.В. Бычков, Ю.А. Утков, Г.И. Кадыкало // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 4. С. 46-48.

34. Бычков, В.В. Новые специализированные машины для механизации садоводства / В.В. Бычков, Г.И. Кадыкало // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 1. С. 52-56.



35. 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

36. 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 БГАТУ. – 2012. - №4. – С. 84 – 87.

37. 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

38. 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.

39. 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.

40. 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>

41. 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>

42. Варламов, Г. П. Состояние и тенденции развития конструкций машин для погрузки и транспортировки плодов и тары, применяемой в садоводстве и виноградарстве / Г. П. Варламов [и др.] - М.: ЦНИИТЭИ, 1977. – С. 5-39.

43. Варламов, Г. П. Механизация погрузочно-разгрузочных работ. / Г. П. Варламов, А. В. Четвертаков // Садоводство - 1983 - №9. - С. 14-16.

44. Василенко, П.М. Элементы методики математической обработки результатов экспериментальных исследований / П.М. Василенко - М.: 1958. - 217 с.

45. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин - М.: Колос, 1987. - 159 с.

46. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов / Е.С. Вентцель. - 6-е изд. - М.: Высшая школа, 1999. - 576 с.
47. Верещагин, Н.И. Комплексная механизация возделывания, уборки и хранения картофеля. / Н.И. Верещагин, К.А. Пшеченков - М.: Колос, 1977 - 212с.
48. Верещагин, Н.И. Основы процесса и средств механизации картофеля, снижающих повреждение картофеля. Дис. докт. техн. наук в форме научного доклада – М.:1991.-33с.
49. Верещагин, Н.И. Современные машинные технологии производства картофеля / Н.И. Верещагин - Техника и оборудование для села, №8, 2004, с. 16 – 19; №9, 2004, с. 12 – 14 (продолжение).
50. Верещагин, Н.И. Динамические характеристики клубней картофеля / Н.И. Верещагин - Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, №3, 2007 г., стр.69 – 76.
51. Верещагин, Н.И. Современные машинные технологии для производства картофеля / Н.И. Верещагин, В.В. Зубков, С.С. Туболев - Техника и оборудование для села, № 7, 2009, с. 16.
52. Верещагин, Н.И. Методические рекомендации к курсовому проекту «Методы и средства испытаний сельскохозяйственной техники и технологий» / Н.И. Верещагин, А.Г. Левшин - М.: МГАУ, 2012 – 50 с.
53. 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

54. 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.

55. Волков, Б.Г. Работы по созданию средств механизации трудоемких процессов в интенсивном садоводстве и виноградарстве / Б.Г. Волков // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1980. - №12. - С. 22-24

56. Галкин, С.Н. Агротехнические и технологические параметры автомобилей с.-х. назначения / С.Н. Галкин, Т.Д. Дзоценидзе, А.Г. Левшин, Н.Е. Евтюшенков // Тракторы и сельхозмашины - 2011. - №5. – С. 3-6

57. Гамаюнов, П.П. Возможность повышения эксплуатационных показателей транспортных агрегатов посредством применения стабилизирующего устройства / П.П. Гамаюнов, Д.В. Сивицкий // Проблемы экономичности и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания: Материалы Межгосударственного научно-технического семинара. Вып. №16 – ФГОУ ВПО СГАУ – Саратов – 2004 – С.6-7.

58. Гамаюнов, П. П. Повышение устойчивости движения автотракторных транспортных средств за счет стабилизации управляемых колес / П. П. Гамаюнов, Д. В. Сивицкий // Проблемы транспорта и транспортного строительства. Сборник научных трудов. Часть 1. – Саратов : Изд-во СГТУ, 2005. – С.18-22.

59. Гамаюнов, П.П. Эффективность и исследование динамики торможения тракторно-транспортного агрегата / П.П. Гамаюнов, С.А. Алексеев, Е.П. Гамаюнова, С.В. Шаров // Вестник развития науки и образования. 2011. № 2. С. 28-31.

60. Гамаюнов, П.П. Перспективы развития тракторов и улучшение их использования на транспортных работах / П.П. Гамаюнов, А.М. Гамаюнов, С.А. Алексеев, Е.П. Гамаюнова, С.В. Шаров // Научная жизнь. 2011. № 2. С. 25-28.

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

62. Гамаюнов, П.П. Эффективность использования энергетических способностей автомобилей на транспортных работах / П.П. Гамаюнов, С.А. Алексеев // Научное обозрение. - 2014. - № 11-1. С. 46-49.

63. Гамаюнов, П.П. Повышение устойчивости автотракторного поезда на базе тракторов МТЗ «Беларусь» («Беларус») / П.П. Гамаюнов, С.А. Алексеев // Научное обозрение. 2014. № 12-1. С. 422-424.

64. Гамаюнов, П.П. Повышение поперечной устойчивости автомобильного поезда при движении / П.П. Гамаюнов, С.А. Алексеев, В.М. Головин // Научная мысль. 2015. № 2. С. 216-219.

65. Гамаюнов, П.П. Повышение эксплуатационных качеств тракторного поезда за счет улучшения его эргономических свойств / П.П. Гамаюнов, С.А. Алексеев // Научное обозрение. - 2015. - № 24. - С. 111-113.

66. Гапич, Д.С. Теоретическая оценка тягово-сцепных характеристик колесных тракторов / Д.С. Гапич, И.А. Несмиянов, Е.В. Ширяева // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 7. С. 19-22.

67. Гапич, Д.С. Некоторые проблемы определения технических характеристик горизонтальных стабилизаторов нагрузки МТА и пути их решения / Д.С. Гапич // В сб.: Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию образования ВолГАУ – Волгоград: ВолГАУ. 2014. С. 8-11.

68. Герасимов, Н. И. Технология уборки плодов и транспортировки их из сада. / Н. И. Герасимов, Я. З. Жилицкий // Сборник научных трудов ВНИИ садоводства им. И.В.Мичурина. – Мичуринск., 1978. – вып. 26 – С. 113.

69. Голиков А.А. Изыскание перспективных способов снижения повреждений клубней при машинной уборке картофеля / А.А. Голиков, Н.И. Верещагин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №01(105). С. 356 – 366. – IDA [article ID]: 1051501019. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/19.pdf>, 0,688 у.п.л.

70. Гольд, Б.В. Прочность и долговечность автомобиля. / Б.В. Гольд, Е.П. Оболенский, Ю.Г. Стефанович, О.Ф. Трофимов. Под ред. Б.В. Гольда – М.: Машиностроение, 1974. – 328 с.

71. Гольдяпин, В.Я. Эффективная сельскохозяйственная техника компании CLAAS для АПК / В.Я. Гольдяпин // Техника и оборудование для села. 2012. № 11 (184). С. 17-22.

72. Горшенин, В.И. Коэффициенты трения плодов по различным материалам / В.И. Горшенин // Краткие тезисы докладов второй Всесоюзной конференции молодых ученых по садоводству. - Мичуринск, 1976. - С. 198-201.

73. Горячкин, В. П. О силе тяги тракторных плугов: Собр. соч. Т.2. / В. П. Горячкин – М. : Колос, 1965. – 459 с. : ил.

74. ГОСТ 7194-81. Картофель свежий. Правила. Приемки и методы определения качества. М.: Издательство стандартов, 1981. – 20 с.

75. ГОСТ 23728-88. Техника сельскохозяйственная, методы экономической оценки. М.: Издательство стандартов, 1989.

76. Гулямов, З.Н. Совершенствование автотранспортного обслуживания АПК на примере автотранспортного обслуживания

плодоовощного хозяйства Ташкентской области: автореф. дис. ... канд. техн. наук / З.Н. Гулямов – Ташкент, 1999. – 18 с.

77. Гуськов В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов. М.: Машиностроение. 1966. 195с.

78. Гячев, Л.В. Динамика машинно-тракторных и автомобильных агрегатов. / Л.В. Гячев – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1976. - 185 с.

79. Дженкинс, Г. Спектральный анализ и его приложения. Выпуск 1 (Пер. с англ. В.Ф. Писаренко) / Г. Дженкинс, Д. Ваттс / М.: Изд-во «Мир» – 1971. – 316 с.

80. Дзоценидзе, Т.Д. Создание новой линейки специализированного автомобильного транспорта сельскохозяйственного назначения / Т.Д. Дзоценидзе, А.Г. Левшин, А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков, С.Н. Галкин, В.Н. Сорокин, П.В. Середа // Технология колесных и гусеничных машин – Technology of Wheeled and Tracked Machines - 2012. - №1. – С. 29-35.

81. Дзоценидзе, Т.Д. Функциональное назначение автомобилей для сельских поселений / Т.Д. Дзоценидзе, А.Г. Левшин, А.Ю. Н.Е. Евтюшенков, М.А. Козловская, А.Е. Мягков // Тракторы и сельхозмашины - 2012. - №4. – С. 8-11.

82. Дзоценидзе, Т.Д. Специализированный автомобильный транспорт сельскохозяйственного назначения: монография / Т.Д. Дзоценидзе, С.Н. Галкин, А.Г. Левшин, М.А. Козловская, В.Н. Сорокин, П.В. Середа; ООО «НИИКА». – М.: Металлургиздат, 2013. – 368 с.: ил.

83. Дзоценидзе, Т.Д. Формирование инновационной транспортной инфраструктуры АПК / Т.Д. Дзоценидзе, Н.Е. Евтюшенков, Г.С. Бисенов // Сельскохозяйственные машины и технологии - 2013. - №4. – С. 44-45.

84. Дидманидзе, О. Н. Автотранспортные и тракторные перевозки. Учебник для сельскохозяйственных вузов. / О. Н. Дидманидзе и [др.] – М.: УМЦ «ТРИАДА», 2005. – 552 с.

85. Динамика системы «дорога - шина - автомобиль — водитель» / Под ред. А. А. Хачатурова. - М.: Машиностроение, 1976. - 535 с.
86. Дорожные условия и режимы движения автомобилей / Под ред. проф. В.Ф. Бабкова. - М.: Транспорт, 1976. - 224 с.
87. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб.. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
88. Дуброва, П. Ф. Экономика и организация промышленного садоводства / П. Ф. Дуброва и [др.] – М.: Колос, 1986. - 159 с.
89. Дьяченко, В.С. Хранение картофеля, овощей и плодов. / В.С. Дьяченко – М.: Агропромиздат, 1987. – 134 с.
90. Дьяченко, В. С. Повышение сохранности и качества овощной продукции / В.С. Дьяченко // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1990. - №1. - С. 35-37.
91. Евтюшенков, Н.Е. Разработка рациональных транспортно-технологических процессов // Техника в сельском хозяйстве. – 1991. - №5. – С. 20-23
92. Евтюшенков, Н.Е. Перспективы транспорта для села до 2010 г. // Техника и оборудование для села. – 2005. - №1. – С. 9-12
93. Ежевский, А.А. Техническая и технологическая обеспеченность сельскохозяйственного производства России на 2013-2020 годы / А.А. Ежевский // Сельскохозяйственные машины и технологии - 2014. - №1. – С. 3-6.
94. Ерохин, М.Н. Анализ потребности крупных сельскохозяйственных предприятий в автомобильном транспорте / М.Н. Ерохин, А.Г. Левшин, Т.Д. Дзоценидзе, В.Т. Водяников, В.А. Абаев // Технология колесных и гусеничных машин – Technology of Wheeled and Tracked Machines - 2012. - №1. – С. 10-14.
95. Жигарев, В. П. Приближенный метод аналитического расчета динамической системы эквивалентной подвеске автомобиля при



случайных возмущениях / В.П. Жигарев, А.А. Хачатуров // — В кн.: Теоретическая механика, строительная техника, высшая математика - М. : 1969. - С. 28-36.

96. Жигарев, В. П. Исследование плавности хода автомобиля и выбор некоторых его параметров: автореф. дис.... канд. техн. наук. / В. П. Жигарев. - М.: МАДИ, 1969. - 40 с.

97. 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.).

98. 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.

99. Жуковский, Н.Е. Избранные сочинения. Т. 1, 2. / Н.Е. Жуковский – М.-Л.: ОГИЗ, Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948. – 234с.: ил.

100. Заводнов, А. В. Обеспечение сохранности клубней картофеля при ударном взаимодействии с рабочими органами сельскохозяйственных машин. / А. В. Заводнов, В. С. Заводнов // Технологическое и техническое обеспечение производства продукции растениеводства: Научные труды ВИМ, Том 141, Часть 1. - М., 2002. – С. 212-214.

101. Заводнов, В.С. О повреждаемости плодов и овощей при транспортировке / В.С. Заводнов // Садоводство и виноградарство Молдавии – 1965 – N 6. – С. 48-51

102. Заводнов, В.С. Исследование причин повреждаемости плодов при транспортировке / В.С. Заводнов // Говорят молодые ученые: Доклады на первой Московской областной конференции молодых ученых. Московский рабочий, Том II – М., 1966. - С. 392-399.

103. Заводнов, В. С. Деформация мякоти плодов при транспортировании. / В.С. Заводнов // Тр. ВНИИ Механизации сельск. хоз-ва - М., 1966. - С. 69-82.
104. Заводнов, В.С. Исследование физико-механических свойств овощей и фруктов и условий их перевозки в сельском хозяйстве: автореф. дис... канд. техн. наук. / В.С. Заводнов - Волгоград : Волгоградский СХИ, 1968. – 22 с.
105. Заводнов, В.С. Исследование плавности хода транспортных средств методами статистической динамики. / В.С. Заводнов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. - №11. - С. 9-12
106. Закин Я.Х. О причине возникновения виляния прицепов. — Автомобильная промышленность, 1959, №11. с. 9-12.
107. Зязев, В.А. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом. / В.А. Зязев, М.С. Капланович, В. И. Петров - М.: Транспорт, 1979 - 253 с.
108. Иванченко, В. И. Влияние дальности перевозок на качество клубней картофеля / В. И. Иванченко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2000. - № 3. - С.27-28.
109. Измайлов, А.Ю. Стратегия транспортного обеспечения сельского хозяйства /А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков // Сельскохозяйственные машины и технологии - 2008. - №2. – С. 14-19.
110. Измайлов, А.Ю. Эффективность новых транспортных технологий в АПК /А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков // Сельскохозяйственные машины и технологии - 2009. - №2. – С. 32-37.
111. Измайлов, А.Ю. Прогноз транспортного обеспечения сельскохозяйственного производства /А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков // Сельскохозяйственные машины и технологии - 2010. - №1. – С. 16-20.
112. Измайлов, А.Ю. Развитие транспортной и погрузочно-разгрузочной техники в сельском хозяйстве /А.Ю. Измайлов, Н.Е.

Евтюшенков, А.Ю. Васильев // Сельскохозяйственные машины и технологии - 2010. - №2. – С. 14-18.

113. Измайлов, А.Ю. Автотранспорт для перевозки сельскохозяйственных грузов /А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков // Сельскохозяйственные машины и технологии - 2011. - №2. – С. 19-23.

114. Измайлов, А.Ю. Инновационное развитие транспортной сферы агропромышленного комплекса: монография / А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков, Т.Д. Дзоценидзе, А.Г. Левшин, С.Н. Галкин. – М.: ГНУ ВИМ, 2011 – 230 с.

115. Измайлов, А.Ю. Инновационный подход в развитии транспортной инфраструктуры агропромышленного комплекса / А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенков, Т.Д. Дзоценидзе, А.Г. Левшин, С.Н. Галкин, В.Н. Сорокин, П.В. Серeda // Технология колесных и гусеничных машин – Technology of Wheeled and Tracked Machines - 2012. - №1. – С. 23-28.

116. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов ГКИНП (ГНТА) – 03 – 010 – 02 – 2003. – 24 с.

117. Каверин, В.А. О причинах механических повреждений плодов и овощей при транспортировании. / В.А. Каверин // Консервация и овощесушильная промышленность. – 1976. - №9. - С. 17-19

118. Каплац, Т. Перевозкам урожая - высокую организованность / Т. Каплац // Автомобильный транспорт Казахстана. - 1982. - №6 – С. 2-4.

119. Каптюшин, Г.К. Конструкция, основы теории, расчет и испытания тракторов / Г.К. Каптюшин, С.П. Баженов - М.: Агропромиздат, 1990 – 510 с.

120. Кацыгин, В. В. Некоторые проблемы сельскохозяйственного транспорта Нечерноземной зоны и возможные пути их решения / В. В. Кацыгин, Н. А. Черноморец // Труды ЦНИИМЭСХ – М., 1972. – Вып. 11. – С. 14-25.

121. Киселев, С.Н. Основные направления развития Российского сельскохозяйственного машиностроения / С.Н. Киселев // Сельскохозяйственные машины и технологии - 2013. - №2. – С. 14-16.
122. Князьков, В. В. Сбор и транспортировка яблок. / В. В. Князьков, Ю. Я. Сычев // Садоводство – 1974 - №7. - С. 59-61.
123. Кожуханцев А.И. О влиянии колебаний колесного трактора на снижение его тягово-динамических показателей. // Тракторы и сельхозмашины. 1977. №7. С. 10-11
124. Колчин, Н.Н. Основные тенденции развития высокопроизводительной техники для картофелеводства / Н. Н. Колчин [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. - №4. – С. 46 – 51.
125. Колчин, Н.Н. Вступление России в ВТО: проблемы и перспективы российского картофелеводства / Н.Н. Колчин, К.А. Пшеченков, С.Б. Прямов // Картофель и овощи. - 2012. - № 7. - С. 2.
126. Колчин, Н.Н. Снижение уровня повреждений картофеля и овощей в машинных технологиях / Н.Н. Колчин, В.П. Елизаров // Сельскохозяйственные машины и технологии - 2013. - №6. – С. 18-21.
127. Колчин, Н.Н. Инновационные машинные технологии производства картофеля и овощей в ЗАО «ОЗЕРЫ» / Н.Н. Колчин, К.А. Пшеченков., С.Б. Прямов // 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. 29-35.
128. Колчина, Л.М. Технологии и оборудование для производства картофеля: справочник / Л.М. Колчина – М. : Изд-во Росинформагротех. – 2014. – 164 с.
129. Колянда, Н.К. Математическая модель изменения товарных качеств плодов и овощей при транспортировании / Н.К. Колянда, И.Б.

Беренштейн, В.С. Лубкин // Консервация и овощесушильная промышленность - 1977. - №5. - С. 32-34

130. Комплекс машин для уборки плодов в садах / Г. П. Варламов, Ю. Я. Сычев. // Тракторы и сельхозмашины – 1980 - № 5. – С. 23-25.

131. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2020 года - М. : ВИМ. – 2013. – 88 с.

132. Концепция развития садоводства Российской Федерации на период до 2025 г / Куликов И.М. [и др.] – М. : Изд-во ВНИИ садоводства и питомниководства, 2010. – 48 с.

133. Кормаков, Л. Ф. Организация использования транспорта в сельском хозяйстве / Л. Ф. Кормаков - М.: Колос, 1976.

134. Котелянец В.И. Экономика и организация транспорта в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1989, 295с.

135. Кузнецов Н.Г. Некоторые аспекты прогнозирования тягово-сцепных свойств колесных сельскохозяйственных тракторов / Н.Г. Кузнецов, Д.С. Гапич, Е.В. Ширяева // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 11. С. 17.

136. Кузнецов Н.Г. Особенности прогнозирования тягово-сцепных свойств колесных с.-х. тракторов / Н.Г. Кузнецов, Д.С. Гапич, Е.В. Ширяева // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 11. С. 19-21.

137. Кузнецов Н.Г. Прогнозирование тягово-сцепных свойств тракторов с колесной формулой 4К4 / Н.Г. Кузнецов, Д.С. Гапич // В сб.: Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию образования ВолГАУ – Волгоград: ВолГАУ. 2014. С. 19-23.

138. Кузнецов Н.Г. Автоматизация расчета технических характеристик горизонтальных стабилизаторов нагрузки МТА / Н.Г. Кузнецов, Д.С. Гапич // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 4. С. 36-38.

139. Кутьков Г.М. Теория трактора и автомобиля. Учебник для ВУЗов. М.: Колос. 1996. 287с.
140. Лебедев, О. В. Надежность транспортных средств при выгрузке. / О.В. Лебедев, А.А. Шермухамедов, Ф.М. Матмурадов. // Тракторы и сельскохозяйственные машины - 2000 - №12. - С. 36-37.
141. Литвинов, А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
142. Ломинадзе, А. Б. Разработка технологии затаривания и устройства по снижению повреждений яблок при закладке в крупнообъемную тару: дис.... канд. техн. наук. / А. Б. Ломинадзе - М., 1990. - 177 с.
143. Лялин, В. А. Повышение уровня сохранности сельскохозяйственной продукции в процессе доставки автомобильным транспортом: дис. ... канд. техн. наук. / В. А. Лялин - М., 1981. - 198 с.
144. Ляпунов, А.М. Общая задача об устойчивости движения. / А.М. Ляпунов - М.: Физмашгиз, 1959. - 213с.
145. Майстренко, Д.И. Контейнер для яблок. / Д.И. Майстренко, В.Н. Выдряков // Садоводство – 1974. - №8. - С. 25.
146. Мартынов, В. А. Перевозка плодов внутри хозяйства / В. А. Мартынов // Садоводство - 1975 - №8. - С. 8
147. Мартынов, В.А. Планирование и использование тракторов, автомобилей на перевозке плодов в совхозе "Агроном" Липецкой области. / В. А. Мартынов // Сб. науч. трудов ВНИИ садоводства им. И.В.Мичурина - Мичуринск, 1975. - вып. 20 - С. 252-256.
148. Мартышко, В.Н. Контейнер-накопитель для бестарной перевозки яблок с разгрузочным устройством  
(<http://www.atticus.su/content/view/1028/1073/>)
149. Мартышко, В.Н. Обоснование технологии и выбор технических средств для бестарной внутрихозяйственной транспортировки

яблок: дис ... канд. техн. наук. / Мартышко В.Н. – Киев : Украинский НИИ садоводства, 1986. – 185 с.

150. Махароблидзе, Р.М. Исследование деформации и разрушения корнеплодов ударной нагрузкой. / Р.М. Махароблидзе // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск: Урожай, 1965. - Т.XV. - С.4-44

151. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Роцин Г.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. 2-ое издание, перераб. и доп. Л.: Колос. Ленинград. отд., 1980. 168 с.

152. Методика определения оптовых цен на новую машиностроительную продукцию производственно-технического назначения. М.: Прейскурантиздат. 1997. 29 с.

153. Механизация работ в садоводстве / Я.З. Жилицкий, Н.П. Лосев, Ю.А. Марков и др. – М.: Колос, 1973. – 352 с.

154. 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

155. Многокритериальная модель перевозок сельскохозяйственных грузов // Весщ Акад. аграр. Навук Беларусь – 1996. - №1 - С. 21 - 24.

156. Мохач, М. Уборка, товарная обработка и хранение плодов. (Перевод с венгерского) / М. Мохач, Т. Томчани, Ш. Перечи / – М.: Колос, 1968. – 464 с.

157. Незаконова, О. Б. Сортвые особенности формирования показателей качества клубней картофеля на различных по механическому составу почвах : авто-реф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Незаконова Ольга Борисовна. - Самохваловичи, Минский р-н, 2013г.

158. Нелюбова, А. Н. Техника для садов и виноградников (Парижский салон) / А. Н. Нелюбова [и др.] // Тракторы и сельхозмашины – 1981 - №1. - С. 32
159. Новые технологии и технические средства для механизации работ в садоводстве / М.И. Куликов и др. - М.: Росинформагротех, 2012. - 164 с.
160. Нормативно-справочные материалы для экономической оценки сельскохозяйственной техники. М.: ЦНИИТЭИ, 1983, 297 с.
161. О составе затрат и единичных нормах амортизационных отчислений. М.: Финансы и статистика, 1995, 208 с.
162. ОСТ 37.001.471-88 Управляемость и устойчивость автотранспортных средств. Методы испытаний – Введ. 1988–06–10 – М. : Министерство автомобильной промышленности СССР, 1988. – 49 с.
163. Официальный сайт компании "СоюзБелАгро-Сервис" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://souzbelagro.ru>
164. Официальный сайт машиностроительного завода "Тонар" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tonar.info>
165. Официальный сайт открытого акционерного общества "Управляющая компания холдинга "Бобруйскагромаш" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bobruiskagromach.com>
166. Официальный сайт ООО «Гранд-Авто» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.avto-grand.com>
167. Официальный сайт Сделано у нас - Нам есть чем гордиться! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sdelanounas.ru>
168. Официальный сайт Russisch Startseite - Fliegl Agrartechnik [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fliegl-agrartechnik.de>
169. ОСТ 10.13.1-2000. Испытания сельскохозяйственной техники. Транспортные средства. Методы оценки функциональных показателей. – Введ. 2000-06-05 - М.: Минсельхозпрод России, 2000. – 38 с.



170. Павлов, Л. Прогрессивные виды тары / Л. Павлов // Садоводство – 1974 - №1. - С. 26-28.

171. 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.

172. Панкова, Е.А. Совершенствование агрегата для машинной контурной обрезки плодовых деревьев: дис... канд. техн. наук: 05.20.01. / Е.А. Панкова. – Рязань, 2012. – 193с.

173. Пат 2127198 РФ, МПК51 В 60 D 1/14. Тягово-сцепное устройство для соединения тягача с колесным прицепом / Цыпцын В.И., Гамаюнов П.П., Нехорошев В.В., Мандрик И.И., Мандрик П.И. (RU); заявитель и патентообладатель Цыпцын В.И., Гамаюнов П.П., Нехорошев В.В., Мандрик И.И., Мандрик П.И. - № 97119827/28; заявл. 02.12.1997; опубл. 10.03.1999, бюл. № 28. – 7 с. : ил.

174. Пат 2213015 РФ, МПК51 В 60 D 1/14. Тягово-сцепное устройство / Гамаюнов П.П., Гамаюнов А.М., Погорелов С.В., Сивицкий Д.В. (RU); заявитель и патентообладатель Гамаюнов П.П., Гамаюнов А.М., Погорелов С.В., Сивицкий Д.В. - № 2002107788/28; заявл. 26.03.2002; опубл. 27.09.2003, бюл. № 11. – 5 с. : ил.

175. Пат 48894 РФ, МПК51 В60R 9/00 Навесное перегрузочное устройство для автомобилей / Рябчиков Д.С., Борычев С.Н., Аникин Н.В., Чекмарев В.Н., Успенский И.А., Бышов Н.В., Бышов Д.Н. (RU); заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П.А.Костычева. - № 2005114775/22; заявл. 14.05.2005; опубл. 10.11.2005, бюл. № 31. – 2 с. : ил.

176. Пат 81152 РФ, МПК51 В 62 D 37/00 Устройство для стабилизации положения транспортного средства / Минякин С. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Аникин Н. В., Гречихин С. Ю., Рембалович Г. К. (RU); заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт

механизации агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства. - № 2008139805; заявл. 07.10.2008; опубл. 10.03.2009, бюл. № 7. – 2 с. : ил.

177. Пат 93754 РФ, МПК51 В 60 R 9/00 Навесное перегрузочное устройство для автомобилей / Кулик С.Н., Успенский И.А., Борычев С.Н., Рябчиков Д.С., Федяев А.Н., Юхин И.А. (RU); заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства. - № 2009120468/22; заявл. 29.05.2009; опубл. 10.05.2010, бюл. № 13. – 2 с. : ил.

178. Пат 96547 РФ, МПК51 В 62 D 1/00. Прицепное транспортное средство для перевозки сельскохозяйственных грузов / Безруков Д.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Кокорев Г.Д., Пименов А.Б., Юхин И.А., Николотов И.Н. (RU); заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева - № 2010100253/22; заявл. 11.01.2010; опубл. 10.08.2010, бюл. № 22. – 2 с. : ил.

179. Пат 105233 РФ, МПК51 В 60 Р 1/28 Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции / Успенский И.А., Булатов Е.П., Рембалович Г.К., Кокорев Г.Д., Юхин И.А. (RU), заявитель и патентообладатель федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева - № 2010119314; заявл. 13.05.2010; опубл. 10.06.2011, бюл. № 16. – 2 с. : ил.

180. Пат 2519304 РФ, МПК51 В 62 D 37/00 Устройство стабилизации кузова транспортного средства / Успенский И.А., Симдянкин А.А., Юхин И.А., Жуков К.А., Бышов Н.В., Борычев С.Н., Ильченко А.Ю., Павлов В.А. (RU), заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» - № 2012157940; заявл. 28.12.2012; опубл. 10.06.2014, бюл. № 16. – 9 с. : ил.

181. Пат 2532829 РФ, 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., Жуков К.А., Бышов Н.В., Борычев С.Н. (RU), заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» - № 2013113331; заявл. 27.03.2013; опубл. 10.11.2014, бюл. № 31. – 7 с. : ил.

182. Пат 154410 РФ, МПК51 В60D1/00. Тягово-сцепное устройство с пневмокомпенсатором колебаний / Симдянкин А.А., Попов А.С., Успенский И.А., Юхин И.А., Бышов Н.В., Борычев С.Н. (RU); заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU) - № 2015101808/11; заявл. 22.01.2015; опубл. 20.08.2015, бюл. № 23. – 2 с. : ил.

183. 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.]; - Опубл. 20.04.2016, бюл. № 11.

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

185. Певзнер, Я.Н. Теория устойчивости автомобиля / Я. Н. Певзнер – М.: Мажгиз, 1947. – 178 с.

186. Перевозки и подъемно-транспортные средства в сельском хозяйстве. Пер. с нем. М.Н. Серебряного – М.: Колос, 1978. – 327 с.

187. 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

188. 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.

189. Перчаткин, Ю. В. Состояние и направление развития прицепных тракторных средств сельскохозяйственного назначения / Ю. В. Перчаткин // Научные труды ВНИИ механизации сельского хозяйства. – М., 2000. – С. 178-182.

190. Повороженко, П.В. Разработка методов оценки влияния различных факторов на сохранность перевозимых грузов: автореф. дис.... канд. техн. наук. / П.В. Повороженко - М., 1980. - 27 с.

191. 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

192. 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.

193. 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

194. 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

195. 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.

196. Погорелов, С.В. Повышение устойчивости прямолинейного движения тракторных поездов посредством использования тягово-сцепного устройства с регулятором курсового угла: дис ... канд. техн. наук: 05.20.03. / С.В. Погорелов. – Саратов: ФГОУ ВПО СГАУ, 2005. – 193 с.

197. 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.

198. 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.

199. 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.

200. Пронин, С. Н. Эффективность поточной технологии уборки плодов / С. Н. Пронин // Садоводство - 1983 - №9 - С. 2...4.

201. Протасов, В.Т. Механизация погрузочно-транспортных работ при вывозке плодов из сада. / В.Т. Протасов, В.И. Перепелица // – Сборник научных работ НИЗИСНП, М.: 1973, т.6, С. 97-101

202. Прудовский, Б. Д. Математические методы оптимальной организации перевозок сельскохозяйственных грузов. / Б. Д. Прудовский - М.: Транспорт, 1975, 120 с.

203. Прямов, С.Б. Эффективность уборки картофеля и овощей машинами разных типов / С.Б. Прямов, К.А. Пшеченков, С.В. Мальцев, Н.Н. Колчин // Картофель и овощи. 2012. № 4. С. 5

204. Прямов, С. Б. Эффективность уборки картофеля в зависимости от типа уборочных машин. В сборнике "Современное состояние и перспективы развития картофелеводства. Материалы IV научно-практической конференции" / С. Б. Прямов, К. А. Пшеченков, С. В. Мальцев. - Чебоксары, 2012. - С. 216-217.

205. Прямов, С.Б. Эффективность уборки картофеля комбайнами различных типов / С.Б. Прямов, К.А. Пшеченков, С.В. Мальцев, Е.А. Симаков, Н.Н. Колчин // Картофель и овощи. - 2014. - № 9. - С. 26-29.

206. Пустовалов, В.С. Совершенствование технологического процесса вывозки яблок из сада и обоснование параметров вибрационной установки для уплотнения их в контейнерах: дис.... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.С. Пустовалов – Мичуринск: Всесоюзный ордена трудового красного знамени НИИ садоводства им. И.В. Мичурина, 1984. – 195 с.

207. 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

208. Пшеченков, К. А. Интенсивная технология производства картофеля: Сборник / К. А. Пшеченков. – М.: Моск. Рабочий, 1987. – 160 с.

209. Пшеченков, К. А. Научные основы технологий механизированного возделывания и уборки картофеля. : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Пшеченков Константин Александрович. - М., 1991. - 85 с.

210. Пшеченков, К. А. Технологии возделывания и уборки картофеля в России. В книге "Состояние и перспективы развития продовольственной системы России (на примере картофельного

комплекса)" / К. А. Пшеченков, В.Н. Зейрук, С. В. Мальцев. – М.: Экономика, 2016. - С. 237-253.

211. Разоренов, Н.А. Исследование устойчивости движения тракторного поезда на базе трактора класса 14 кН: дис ... канд. техн. наук. 05.20.03 / Н.А. Разоренов – Минск: 1979. – 208 с.

212. Раюшкина, А.А. Повышение сохранности плодоовощной продукции при ее доставке потребителям автомобильным транспортом: дис.... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.А. Раюшкина – Волгоград: Волгоградский ГТУ, 2004. – 200 с.

213. 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.

214. Рембалович, Г.К. Инновационные решения уборочно-транспортных технологических процессов и технических средств в растениеводстве / Г. К. Рембалович, Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский, Н. А. Рязанов, Р. В. Безносюк, Е. П. Булатов / 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. 455 – 460

215. Рокар, И. Неустойчивость в механике. / И. Рокар. - М.: Изд. Иностранной литературы, 1959. - 287с.

216. Ротенберг, Р. В. Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода / Р. В. Ротенберг – М. : Машиностроение, 1972. - 329 с.

217. Светлицкий, В.А. Статистическая механика и теория надежности: Учеб. пособие для вузов / В.А. Светлицкий. - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. – 504 с.

218. Свидетельство на полезную модель 25723 РФ, МПК 51 В 62 D 37/04. Устройство для стабилизации движения транспортного средства /



Чекмарев В.Н., Борычев С.Н., Лунин Е.В., Бышов Н.В., Успенский И.А., Фомин С.Л. (RU); заявитель и патентообладатель Рязанская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. П.А. Костычева - № 2002106053/20; заявл. 15.03.2002; опубл.20.10.2002 – 3 с. : ил.

219. Селиванов, В.Г. Повышение надежности технологического процесса и технических средств машинной уборки картофеля по параметрам качества продукции / Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, В.Г. Селиванов [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2012. - № 3. -С. 6-8.

220. Селиванов, В.Г. Перспективные направления и технические средства для снижения повреждений клубней при машинной уборке картофеля / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, В.Г. Селиванов [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2013. - №8 - С. 22-24.

221. Семенов, М. Ф. Математические модели и методы решения задач оптимизации сезонных грузоперевозок: автореф. дис.... канд. техн. наук. / М. Ф. Семенов - Якутск, 1999. - 15 с.

222. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года: монография / Федоренко В.Ф. [и др.] - М: Изд. ВИМ, 2012. Том 1. Растениеводство – 304 с.

223. Современная техника для АПК и перспективы её модернизации / Н.И. Верещагин, Г.Д. Кокорев, С.В. Колупаев и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №06(120). С. 147 – 172. – IDA [article ID]: 1201606008. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/08.pdf>, 1,625 у.п.л.

224. Средства механизации погрузочно-разгрузочных работ в садоводстве. / И. М. Брутер [и др.] // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии - 1980 - №3. - С. 62.

225. Темирханов, Б. Э. Кузов для бестарной перевозки плодов / Б. Э. Темирханов // Плодоовощное хозяйство. – 1987. - № 2. - С. 53 - 54.
226. Темирханов, Б.Э. Модель транспортного средства для сохранной перевозки плодов с нежной кожицей / Б.Э. Темирханов, А.М. Абдулгалимов // Тракторы и сельскохозяйственные машины – 1994. - № 3. - С. 56-58
227. Темирханов, Б. Э. Технологические и технические решения по повышению эффективности погрузочно-разгрузочных и транспортных процессов при уборке плодов, овощей, винограда: дис. ... докт. техн. наук. / Б. Э. Темирханов - Махачкала, 1994. - 420 с.
228. 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
229. 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.
230. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике: монография / Федоренко В.Ф. [и др.] - М: Изд. Росинформагротех, 2015. – 248 с.
231. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением перспективных решений в конструкции и обслуживании

комбайнов: коллективная монография / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Верещагин Н.И. и др. – Рязань: Изд. ФГБОУ ВО РГАТУ, 2015. – 304 с.: ил.

232. Тракторные поезда / П. П. Артемьев [и др.]; под ред. В. В. Гуськова. – М. : Машиностроение, 1982. – 183 с. : ил.

233. Тракторы. Теория. / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев и др.. Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, - 1988 – 374с.

234. Транспортные средства для перевозки плодов / И. М. Брутер [и др.] // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии – 1980 - №9. – С. 59.

235. Туболев, С. С. Технология производства картофеля. Научные труды / С. С. Туболев, К. А. Пшеченков. - М.: ВНИИКХ, 1975. - №22. - С. 110-121.

236. Туболев, С. С. Применение машинных технологий производства картофеля в России / С. С. Туболев // Картофель и овощи. - 2007. - № 5. - С. 2–4.

237. Туболев, С. С. Развитие машинных технологий производства картофеля в России / С.С. Туболев, Н.Н. Колчин, К.А. Пшеченков, В.И. Старовойтов, Н.И. Верещагин, С.И. Шеломенцев // Достижения науки и техники АПК. - 2007. - № 7. - С. 28-31.

238. Туболев, С.С. Высокопроизводительный комплект для уборки картофеля / С.С. Туболев, Н.Н. Колчин, К.А. Пшеченков, С.Б. Прямов, В.Н. Сидоров // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 10. С. 11-16

239. Туболев, С. С. Машинные технологии и техника для производства картофеля / С. С. Туболев, С. И. Шеломенцев, К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук. - М.: Агрспас, 2010. - 311 с.

240. Тульчеев, В.В. Конкурентоспособность и импортозамещение картофеля и продуктов его переработки в Российской Федерации / В.В. Тульчеев, Е.А. Симаков, К.А. Пшеченков, С.Б. Прямов, О.М. Ягфаров // Достижения науки и техники АПК. - 2013. - № 2. - С. 58-60.

241. 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.

242. 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.

243. Успенский, И.А. Совершенствование транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок на селе / И.А. Успенский, И.А. Юхин, Е.В. Лунин, К.А. Жуков и др. // Сборник научных трудов преподавателей и аспирантов Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. Материалы научно-практической конференции 2012г., Рязань, 2012, с. 59-65

244. 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

245. Успенский, И.А. Предпосылки к разработке универсальных транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / И. А. Успенский, И. А. Юхин, К.А. Жуков / Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: материалы международной научно-практической конференции ППС, научных сотрудников и аспирантов СПбГАУ, Ч.1, Санкт-Петербург – Пушкин, 24 – 26 января 2013г. – Спб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – с. 397-399

246. 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.

247. 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.

248. 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

249. 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.

250. 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

251. Утков, Ю.А. Современные тенденции создания технических средств, улучшающих условия труда в промышленном садоводстве России / Ю.А. Утков, Р.А. Филиппов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 31-37.

252. Утков, Ю.А. Новые направления развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения для промышленного садоводства России / Ю.А. Утков, В.В. Бычков // Сборник научных докладов ВИМ. 2012. Т. 1. С. 408-415.

253. Утков, Ю.А. Этапы создания специализированных технических средств для садоводства / Ю.А. Утков, В.В. Бычков, Г.И. Кадыкало // Плодоводство и ягодоводство России. 2010. Т. 25. С. 299-317.

254. Федоренко, В.Ф. Технологическая модернизация растениеводства на основе инновационной техники / В.Ф. Федоренко // В сборнике: Фундаментальные основы научно-технической и технологической модернизации АПК (ФОНТиТМ-АПК-13): материалы Всероссийской научно-практической конференции. редколлегия: И.Г. Асылбаев ответственный за выпуск, А.В. Неговора, Т.А. Седых, С.Г. Мударисов, Р.С. Аипов, Ю.А. Янбаев. Уфа: Изд-во: Башкирский ГАУ. – 2013. - С. 47-58.

255. Федоренко, В.Ф. Анализ качества сельскохозяйственной техники / В.Ф. Федоренко, М.Н. Хлепитько // Техника и оборудование для села. 2014. № 1. С. 2-5.

256. Федоренко, В.Ф. Тракторы сельскохозяйственного назначения за рубежом: тенденции развития и инновационные разработки / В.Ф. Федоренко, В.Я. Гольдяпин // Техника и оборудование для села. 2016. № 1. С. 2-7.

257. Федоренко, В.Ф. Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства за рубежом (по материалам международной выставки "Agritechnica-2015", научно аналитический обзор): монография / В.Ф. Федоренко, В.Я. Гольдяпин, Н.П. Мишуров - М.: Изд-во Росинформагротех, 2016. - 220 с.

258. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента. М.: Наука 1971. 312с.

259. Федоров, Г.А. Инженерная геодезия / Г.А. Федоров. – М.: Высшая школа, 2004. – 464 с.: ил.
260. Фомин, С.Д. Стабилизация курсовой устойчивости управляемого движения машинно-тракторного агрегата / С.Д. Фомин, В.И. Пындак, Д.С. Гапич // Тракторы и сельхозмашины. 2015. №10. С. 13-17.
261. Фомин, С.Л. Совершенствование транспортного агрегата для механизированного вывоза плодов из сада: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01, 05.20.03 / С.Л. Фомин - Рязань, 2003 - 175 с.
262. Хачатрян, Х.А. Вопросы механизации уборки и транспортировки плодов / Х.А. Хачатрян – Ереван, Айстан, 1967. – 187 с.
263. Хачатрян, Х.А. Явления вибрации при перевозке плодов / Х.А. Хачатрян, Г.В. Гарджуманян // Изв. с.-х. наук, Вып 1. – Ереван, 1967. – С. 42-51.
264. Хачатуров, А.А. Динамическая система шина – дорога – автомобиль – водитель / А.А. Хачатуров – М.: Машиностроение, 1980. – 645 с.
265. Цвик, Б.В. Состав уборочно-транспортного комплекса / Б.В. Цвик и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. - № 10. – С. 6-8.
266. Чекмарев, В.Н. Устройство для стабилизации движения транспортного средства. / В.Н. Чекмарев // Сельский механизатор -2004. - №5. - С.40.
267. Чекмарев, В.Н. Этапы изучения вопросов устойчивости автомобиля / В.Н. Чекмарев, И.А. Успенский, Н.В. Бышов / Сб.: Энергосберегающие технологии использования и ремонта машинно-тракторного парка. Рязань. – 2004. - С. 132-133.
268. Чекмарев, В.Н. Повышение эффективности эксплуатации транспортных средств в сельском хозяйстве (на примере перевозки картофеля): дис.... канд. техн. наук. / В.Н. Чекмарев - Саранск, 2004. - 144 с.

269. Черноиванов, В.И. Интеллектуальная сельскохозяйственная техника: монография / Черноиванов В.И., Ежевский А.А., Федоренко В.Ф. - М.: Изд-во Росинформагротех, 2014. - 124 с.
270. Четвертаков, А.В. Теоретическое и экспериментальное исследование упаковки яблок с уплотнением вибрацией: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В. Четвертаков – Саратов, 1968. – 29 с.
271. Четвертаков, А.В. О производительности вильчатого погрузчика на вывозке плодов из междурядий сада. / А.В. Четвертаков, В.А. Юшин // Краткие тезисы доклада второй Всесоюзной конференции молодых ученых по садоводству – Мичуринск: ВНИИ садоводства им. И.В.Мичурина, 1976 - С. 183-186.
272. Четвертаков, А. В. Анализ механизированных технологий вывозки плодов из сада. / А. В. Четвертаков, В. А. Юшин // Садоводство - 1977 - №8. - С. 16.
273. Чудаков, Е. А. Расчет автомобиля. / Е.А. Чудаков - М.: Машгиз, 1947. - 586 с.
274. Чудаков, Е.А. Теория автомобиля / Е.А. Чудаков – М.: АН СССР, 1961. – 241 с.
275. Чудаков, Д. А. Основы теории расчёта трактора и автомобиля. / Д. А. Чудаков - М.: Колос, 1972, с. 188...210.
276. Чумаченко, В.К. Комплекс машин для интенсивного садоводства / В. К. Чумаченко // Садоводство – 1984 - №7. - С. 7-9.
277. Шатманов, О. Т. Совершенствование работы автомобильного подвижного состава при сельскохозяйственных перевозках: на примере Чуйской области: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О. Т. Шатманов - Бишкек, 2000. - 18 с.
278. Шафран, П.К. Борьба с потерями картофеля, плодов и овощей при заготовках / П.К. Шафран, А.А. Конова // – 2-е изд.; перераб. и доп., М.: Колос, 1980 – 38 с.



279. Шилова, Е.П. Автомобили, прицепы и полуприцепы / Е. П. Шилова и [др.] // Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства: учеб. пособие. – М.: ФГНУ «Росинформагротех». – 2003. – Ч.1. – С. 106-193.
280. Шпилько А.В., Драгайцев В.И., Тулапин П.А. и др. Методика определения экономической эффективности технологии и сельскохозяйственной техники. М.: ВНИИЭСХ, 1998, 219 с.
281. Шурихт, Р. Производство плодов. Технология, экономика, организация / Пер. с нем. Г. Н. Мирошниченко; Под ред. В. И. Демьянова.— М.: Колос, 1984.— 303 с.
282. Шутов, А.И. Разработка элементов компьютерного моделирования поперечной устойчивости автомобиля / А.И. Шутов, С.Н. Фатьянов // Вестник КГТУ, Выпуск 39. Транспорт. – Красноярск: ИНЦ КГТУ, 2005. –С.47-52.
283. Эллис, Д.Р. Управляемость автомобиля. Перевод с английского. / Д.Р. Эллис - М.: Машиностроение, 1975. - 216с.
284. 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
285. 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

286. 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
287. 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
288. Юхин, И.А. Погрузочно-разгрузочное устройство / С.Н. Кулик, Д.С. Рябчиков, И.А. Юхин // Сельский механизатор №10, 2009, С. 30-31
289. Юхин, И.А. Результаты экспериментальных исследований устройства поддрессоривания грузовой платформы / И.А. Юхин // Вестник РГАТУ №4, 2009, с.45-47
290. 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
291. 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
292. Юхин, И.А. Агрегат для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции с устройством стабилизации положения кузова: дис. ... канд. техн. наук / И.А. Юхин – Рязань: 2011. – 148 с.

293. 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

294. 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

295. 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

296. 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.

297. 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.

298. 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.

299. Юшин, В. А. Вывозка плодов в контейнерах из интенсивного сада / В. А. Юшин // Садоводство и виноградарство Молдавии - 1986 - №9. - С. 51.

300. Яковлев, Н.В. Высшая геодезия / Н.В. Яковлев. – М.: Изд-во «Недра», 1989. – 445 с.: ил.

301. Якубовский Э.Я. Физико-механические свойства плодов. С. «Садоводство», вып. 21, К.: «Урожай», 1974. С. 22-27 (на украинском языке).

302. Якубовский Э.Я. Исследование процесса выгрузки плодов из тары способом высыпания и обоснование параметров опорожнителя контейнеров: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Киев, 1978. – 23 с.

303. Яценко, Н. Н. Плавность хода грузовых автомобилей / Н. Н. Яценко, О. К. Прутчиков – М. : Машиностроение, 1969. - 217 с.

304. Яценко, Н.Н. Колебания автомобиля при торможении / Н.Н. Яценко, А.А. Енаев – Иркутск: Изд-во Иркут. Ун-та, 1989 – 246с.

305. AT HARVEST TIME. American Fruit Grower, January, 1984, Vol. 104, №.1, p. 49.

306. Bazzocchi P. Cassoni palettizzati. - Italia agr., 1970, v.107, №5, p.455-464.

307. Clyde A.W. Cushion Hitch Development. / A.W. Clyde. Agr. Engineering. 1949 - №4.

308. Chesson J.H., O'Brien M. Analysis of mechanical vibration of fruit during transportation. - ASAE.St.Joseph, Mich., 1971, V.14, №2, p.222-224.
309. Corey Fred P. The 1964 Apple Crop... Opportunity for business. - Fruit Grower, 1964, №10, p.14-16.
310. Elewatori meccanico - idraulici in frutticoltura. "Macchine e motori agricole", 1975, №7, p. 33-36.
311. Erdmann R, Gatke R. Aussatellen von Grosskisten mit dem "rabo 240/245" bei der Apfelernte. - Gartenbau, 1982, Jg.29. H.10, S. 309-311.
312. Fankhauser F., Papst F., Papst U. Die "rollende" Grosskiste. - Schweiz.Z. Obst-Weinbau, 1974, Jg.110, H.24, S.657-662.
313. Fohr main areas for Graven Tasker says John Hope / Des: Diesel Equip Superintendent, 1993, № 7.
314. Friearich König. Die Grobkiste im Erwerbsobstbau. "Sesseres Obst", 1975, V.20, №8, S. 138-141.
315. Grossmenn, B.Lange Hubgerät "rabo-1000" – Mechanisierungsmittel für die Apfelproduktion. - Gartenbau, 1979, Jg.26, H.11, S. 336-337.
316. Hanna M.A., Mohsenin N.N. Pack handling of apples. - Agr.Eng. Ren., 1972, v.17, N2, p.154-167.
317. How "Applejack" is made. - Fruit Grower, 1968, N4, p.24.
318. König F. Transport probleme in der Obstwirtschaft. "Besseres Obst", 1974, t.19 s. 20-23.
319. Kraus R. Bessere Nutzung betrieblicher Transportreser Ven.-Dt. Gartenbau, 1980, 34, s. 1616-1625.
320. Lange B. Einfluss der Art Verkaufsverpackung auf Transportashäden bei Äpfeln. - Gartenbau, 1973, H. 11, S. 333-334
321. Les emballages pour fruits. - Fruit belge, 1973, an.41, N361, p.80.
322. Mancassola S. Due realta molto diverse del freddo su strada / Freddo, 1998, № 3.

323. Mc. Donnell P.F. Containers and handling equipment for apple harvesting. - *Form Food Res.*, 1976, Vol.7, №4, p. 80-81.
324. Montag J. Lebensmittel — transporte: Coole Aussichten / Bus – Fahrt, 1996, № 7.
325. Moser E. Transportverfahren im Obstbau-Handtechnik, 1982, 37, 10; 446...448.
326. New ideas about farm transport. - *Farm Mechanisation*, 1965, v.17, N186, p.20.
327. O'Brien M., Claypool L.L., et. Causes of fruit bruising on transport trucks. – *Hilgardia*, 1963, №6, vol. 35. p.113-124.
328. O'Brien M., I.P. Gentry, Gibbs R.C., et. Vibrating characteristics of fruits as related, to in transit injury. – *Transactions of the ASAE*, 1965№2, vol. 8.
329. O'Brien M. Bulk handling and transportation of fruits and vegetables. - *Proc.Internat.Horticult.Congress. Tell-Aviv*, 1972, p.405-411.
330. O'Brien M., Singh R. P. Minimizing fuel energy use in fruit and vegetable food production and transportation / "Beyond Energy Crisis: Opportunity and Challenge. 3 rd Int. Conf. Energy Use Manag., Berlin (West), Oct. 26 - 30, 1981, Vol. 3", Oxford 1.a., 1981, 1741-1744.
331. Ortiz-Canavate J., Laveda J. Metodos y rendimientos en el transporte de fruta desde el campo a la central nortofruticola. *An. inst. Nac. Investig. Agr, ser. Tecnol. agrar. Madrid*, 1974, №1, p. 33-88.
332. Patent №2790432 (France) Dispositif de correction d'assiette pour bennes de gros tonnage. / Bennes Maupu SA, Maupu Francois Noel. 08.09.2000.

# **П Р И Л О Ж Е Н И Я**

**ДОГОВОР № 45<sup>2</sup>.**

о гранте «Молодые новаторы аграрной России»

09 апреля 2010 г.

Некоммерческая организация Ассоциация образовательных учреждений АПК и рыболовства, именуемая в дальнейшем «Грантодатель» в лице генерального директора Боярского Виталия Николаевича, действующего на основании Устава, с одной стороны, и гражданина РФ Юхина Ивана Александровича, именуемого «Грантополучатель», заключили настоящий договор о нижеследующем:

**1. Предмет договора:**

1.1. Грантодатель безвозмездно передаёт денежные средства (далее – Грант) для целевого использования Грантополучателем, а Грантополучатель обязуется принять Грант и распорядиться им исключительно в соответствии с целями, условиями и в порядке, закрепленными настоящим договором.

1.2. Грант предоставляется с целью реализации Грантополучателем социально значимого проекта «Молодые новаторы аграрной России». Цель: создание эффективной системы поддержки молодых ученых - аграриев, занятых разработкой перспективных инновационных проектов в сельскохозяйственной отрасли народного хозяйства.

**2. Размер Гранта и порядок выплаты.**

Общая сумма Гранта составляет 50 (пятьдесят) тысяч рублей, который передается Грантополучателю в соответствии с утвержденной сметой расхода по Гранту и планом для реализации проекта.

**3. Права и обязанности.**

3.1. Грантодатель обязуется передать Грант в мае 2010г. в размере 50 (пятьдесят) тысяч рублей за вычетом всех удержаний, предусмотренных законодательством РФ, в соответствии с протоколом победителей – лауреатов конкурса.

3.2. Грантодатель не вправе вмешиваться в деятельность Грантополучателя, связанную с реализацией настоящего Договора. Не считаются вмешательством в деятельность Грантополучателя утвержденные настоящим Договором мероприятия, в рамках которых Грантодатель осуществляет



контроль за целевым использованием Гранта и надлежащим выполнением календарного плана работ.

3.3. Грантодатель контролирует реализацию проектов, эффективность работы над проектами, а также расходование полученного Гранта исключительно на реализацию проекта.

3.4. Грантодатель запрашивает у Грантополучателя финансовые и иные документы, касающиеся реализации проектов, утверждает отчеты о ходе реализации проекта и расходовании гранта.

3.5. Грантодатель отказывается от договора Гранта в случае непредставления Грантополучателем документов, касающихся расходования полученного Гранта, в случае нецелевого расходования Гранта, а также в случае представления недостоверных либо фальсифицированных документов.

3.6. Грантодатель принимает от Грантополучателя отчетную документацию о ходе реализации проекта, расходовании Гранта и иную документацию, касающуюся использования Гранта, а также оценивает её полноту и достоверность.

3.7. Грантодатель проводит проверку документов, представленных грантополучателем в подтверждение расходования Гранта исключительно на реализацию проекта, а также проверку фактической реализации проекта.

3.8. Грантодатель принимает в отношении настоящего договора Гранта предусмотренные законодательством Российской Федерации и настоящим договором меры воздействия, направленные на устранение нарушений и обеспечение выполнения договора Гранта

#### **4. Права и обязанности Грантополучателя.**

4.1. Грантополучатель обязуется обеспечить использование Гранта исключительно на цели, определенные настоящим договором и в соответствии с конкурсной документацией, представленной на конкурс для получения Гранта.

4.2. Грантополучатель обязуется не изменять произвольно назначение статей расходов, утвержденных настоящим Договором сметы расходов.

4.3. Грантополучатель обязуется обеспечить использование Гранта исключительно на цели, определенные настоящим договором.

4.4. Грантополучатель обязуется предоставить отчет об использовании Гранта с подлинниками документов, подтверждающих расходы (чеки, счета, накладные и другие документы), в течение двух месяцев со дня получения средств.

4.5. Грантополучатель обязуется обеспечивать меры к сохранению втайне сведений, имеющих конфиденциальный характер.

#### **5. Отчетность и контроль.**

5.1. Финансовый отчет об использовании средств Гранта предоставляется Грантодателю до 1 сентября 2010 года.

5.2. Контроль за использованием финансовых средств, а также за выполнением работ осуществляет Грантодатель на основе отчетов настоящего Договора и первичных учетных документов.

#### **6. Ответственность сторон.**

Стороны несут имущественную ответственность за ненадлежащее выполнение своих обязанностей по настоящему Договору в соответствии с законодательством Российской Федерации.

#### **7. Досрочное расторжение договора.**

Договор может быть расторгнут досрочно в случае нарушения Грантополучателем положений, предусмотренных пунктом 5 договора, Грантодатель вправе в одностороннем порядке отказаться от исполнения настоящего договора, предупредив Грантополучателя за 14 дней до такого отказа. По истечении 14 дней с момента получения Грантополучателем предупреждения настоящий договор считается расторгнутым. В случае досрочного прекращения настоящего договора Грантополучатель обязан в течение пяти дней с момента прекращения договора возвратить грант Грантодателю.

#### **8. Изменение (дополнение) договора.**

Изменение (дополнение) договора производится по соглашению сторон в письменной форме.

#### **9. Разрешение споров.**

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

9.1. В случае возникновения споров по настоящему договору стороны примут меры к разрешению их путем переговоров.

### 10. Заключительные положения.

Настоящий договор вступает в силу с момента подписания.

Настоящий договор составлен в двух экземплярах, имеющих одинаковую юридическую силу.

Реквизиты и подписи сторон:

Грантодатель Некоммерческая организация «Ассоциация образовательных учреждений АПК и рыболовства» ИНН 7713201714 КПП 771301001 Р/с 4070381030001001410 АКБ «ИРС» (ЗАО) г.Москва К/с 30101810000000000544 127550 г.Москва, Лиственничная аллея, д.16А, корп.3 тел. 977-68-44	Грантополучатель Юхин Иван Александрович Гражданин РФ  Паспорт 6106 №396802 Кем выдан Октябрьским РОВД гор. Рязани 22.03.2007  Место прописки с почтовым индексом 390037, г. Рязань, ул. Тимакова, д. 6, кв. 65 Тел. 8-(4912)-32-35-29
--	---



Генеральный директор

В.Н.Боярский

аспирант ФГОУ ВПО РГАТУ

*Юхин*

И.А.Юхин

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

### ДОГОВОР № 32

на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР)

г. Рязань

«31» января 2012 г.

Общество с ограниченной ответственностью «НАНИТ», именуемое в дальнейшем «Заказчик», в лице директора Верещагина Николая Михайловича, действующей на основании Устава, с одной стороны и гражданин РФ Юхин Иван Александрович, именуемый в дальнейшем «Исполнитель», с другой стороны, именуемые в дальнейшем «Стороны», заключили настоящий Договор о нижеследующем:

#### 1. Предмет Договора

1.1. Исполнитель обязуется по заданию Заказчика выполнить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по теме: «Разработка универсального транспортного агрегата для использования на внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции» (далее - Работы) и передать Заказчику результаты Работ, а Заказчик обязуется принять их и оплатить.

1.2. Научные, технические, экономические и другие требования к результатам Работ определены Техническим заданием (приложение № 1).

1.3. Срок начала выполнения Работ по настоящему Договору 1 февраля 2012 г. Срок сдачи Работ по настоящему Договору 31 января 2013 г.

Сроки выполнения отдельных этапов Работ определяются Календарным планом (приложение № 2), являющимся неотъемлемой частью настоящего Договора.

#### 2. Цена Договора и порядок оплаты

2.1. За выполнение Исполнителем принятых на себя обязательств качественно и в срок Заказчик обязуется выплатить ему вознаграждение в размере 210 000 руб. (Двести десять тысяч рублей).

2.2. Заказчик оплачивает Исполнителю выполнение работ равными долями по этапам, указанным в Календарном плане (приложение №2), являющимся неотъемлемой частью настоящего Договора, в течение 10 (десяти) календарных дней с даты подписания Сторонами акта сдачи-приемки работ, выполненных по каждому отдельному этапу настоящего Договора.

#### 3. Порядок сдачи и приемки Работ

3.1. По окончании Работ или их этапов Исполнитель представляет Заказчику результаты Работ, оформленные в соответствии с приложениями № 1 и № 2 к настоящему Договору.

3.2. В течение 30 (тридцати) календарных дней после выполнения Исполнителем условий пункта 3.1 настоящего Договора, Заказчик направляет Исполнителю подписанный акт сдачи-приемки или мотивированный отказ от приемки Работ.

3.3. В случае мотивированного отказа Заказчика от приемки Работ, Сторонами составляется двухсторонний акт с перечнем необходимых доработок и сроков их выполнения. Исполнитель обязан провести указанные доработки за свой счет при условии, что они не выходят за пределы предмета настоящего Договора.

#### 4. Права и обязанности Сторон

4.1. Исполнитель обязан:

4.1.1. Выполнить Работы в соответствии с требованиями настоящего Договора и передать Заказчику результаты Работ в предусмотренные настоящим Договором сроки по акту сдачи-приемки.

Результаты Работ должны отвечать требованиям законодательства Российской Федерации и соответствующим государственным стандартам.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

4.1.2. Устранять недостатки в выполненных Работы своими силами и за свой счет.

4.1.3. Немедленно приостановить Работы, поставив об этом в известность Заказчика в течение 5 (пяти) календарных дней, если в процессе выполнения Работ Исполнитель устанавливает невозможность получения ожидаемого результата или нецелесообразность дальнейшего проведения Работ, их этапа.

В этом случае Стороны обязаны в течение 10 (десяти) календарных дней с даты приостановления Работ принять решение об изменении условий настоящего Договора или его расторжении с оформлением дополнительного соглашения к настоящему Договору. При этом, в случае расторжения Договора, Заказчик обязан возместить Исполнителю выполненную часть Работ.

4.2. Заказчик обязан:

4.2.1. Передавать Исполнителю необходимую для выполнения Работ информацию.

4.2.2. Принять и оплатить Работы, выполненные по настоящему Договору.

4.3. В случае досрочного выполнения Исполнителем Работ, их этапа, Заказчик вправе досрочно их принять и оплатить.

4.4. Заказчик вправе проверять ход и качество выполняемых Работ по настоящему Договору.

### **5. Возникновение, принадлежность и передача прав на результаты Работ**

5.1. Право собственности на результаты Работ, включая все права на результаты интеллектуальной деятельности, в том числе исключительные права, полученные в результате выполнения Работ по настоящему Договору, принадлежат Исполнителю.

5.2. Права авторов на получение авторского вознаграждение и участие в процессе правовой охраны и использования результатов работ, определяются соглашением между правообладателем и авторами.

5.3. Использование и передача результатов Работ по настоящему Договору третьим лицам и их условия определяются Заказчиком в соответствии п. 5.2. настоящего договора.

5.4. Право подачи заявок на получение охранных документов на созданные в результате выполнения Работ по настоящему Договору результаты интеллектуальной деятельности принадлежит Заказчику в соответствии п. 5.2. настоящего договора.

5.5. В случае получения при выполнении Работ по настоящему Договору результатов интеллектуальной деятельности, способных к правовой охране, Исполнитель письменно уведомляет об этом в месячный срок Заказчика. Заказчик определяет в трехмесячный срок порядок получения их правовой охраны и сообщает об этом Исполнителю.

5.6. Исполнитель гарантирует, что:

- при выполнении Работ по настоящему Договору он не нарушает исключительных прав на объекты интеллектуальной собственности, которые принадлежат третьим лицам;
- результаты Работ по настоящему Договору не нарушают исключительных прав третьих лиц.

5.7. Исполнитель обязан получить согласие Заказчика на использование при выполнении Работ объектов интеллектуальной собственности, принадлежащих ему самому или Соисполнителям.

### **6. Конфиденциальность**

6.1. Исполнитель обязан в полном объеме обеспечить конфиденциальность сведений, касающихся предмета настоящего Договора, хода его исполнения и полученных результатов (далее - Конфиденциальные сведения).

6.2. Исполнитель не несет ответственности в случае передачи Конфиденциальных сведений государственным органам, имеющим право затребовать их в соответствии с законодательством Российской Федерации.



## **7. Ответственность Сторон**

7.1. За неисполнение или ненадлежащее исполнение обязательств по настоящему Договору Стороны несут ответственность в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

7.2. В случае нарушения сроков выполнения Исполнителем Работ, предусмотренных Календарным планом, Исполнитель уплачивает пени в размере 0,1 % от цены этапа Работ за каждый день просрочки, но не более 10 % от цены этапа Работ:

7.3. Исполнитель обязан возместить Заказчику убытки, причиненные Заказчику в результате нарушения исключительных прав третьих лиц на объекты интеллектуальной собственности при выполнении Работ по настоящему Договору и при осуществлении Заказчиком прав в отношении результатов Работ.

## **8. Разрешение споров**

8.1. Все споры, возникающие при исполнении настоящего Договора, решаются Сторонами путем переговоров, включая обмен письмами, телеграммами, факсимильными сообщениями.

8.2. Если Стороны не придут к соглашению путем переговоров, все споры рассматриваются в претензионном порядке. Срок рассмотрения претензии три недели с даты получения претензии.

8.3. В случае невозможности разрешения споров и разногласий в претензионном порядке, спор подлежит рассмотрению в установленном законодательством Российской Федерации порядке.

## **9. Порядок внесения изменений, дополнений в Договор и его расторжения**

9.1. В настоящий Договор могут быть внесены изменения и дополнения, которые оформляются дополнительными соглашениями к настоящему Договору.

9.2. Настоящий Договор может быть досрочно расторгнут по основаниям, предусмотренным законодательством Российской Федерации и настоящим Договором.

9.3. Заказчик, решивший расторгнуть настоящий Договор, должен направить Исполнителю письменное уведомление о намерении расторгнуть настоящий Договор не позднее, чем за 30 (тридцать) календарных дней до предполагаемой даты расторжения настоящего Договора. Настоящий Договор считается расторгнутым с даты, указанной в уведомлении о расторжении. При этом Заказчик обязан оплатить документально подтвержденные расходы Исполнителя, связанные с выполнением Работ до даты получения уведомления о расторжении настоящего Договора.

9.4. В случае досрочного расторжения настоящего Договора по основаниям, предусмотренным законодательством Российской Федерации и настоящим Договором, Исполнитель обязуется в течение 10 (десяти) календарных дней вернуть Заказчику полученную предоплату за вычетом документально подтвержденных расходов Исполнителя, связанных с выполнением Работ по настоящему Договору. В случае досрочного расторжения настоящего Договора по причинам ненадлежащего выполнения Работ, при котором полученные результаты не соответствуют требованиям настоящего Договора, невозможности их доработки Исполнитель обязуется в течение 10 (десяти) календарных дней со дня получения письменного уведомления о расторжении настоящего Договора вернуть полученную предоплату Заказчику.

## **10. Срок действия Договора**

10.1. Настоящий Договор вступает в силу с даты его подписания Сторонами и действует до момента выполнения Сторонами своих обязательств.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

### 11. Прочие условия

11.1. Стороны обязаны уведомлять друг друга обо всех изменениях, касающихся их юридических адресов, платежных реквизитов, а также о реорганизации, ликвидации.

11.2. Настоящий Договор составлен в трех экземплярах, имеющих одинаковую силу, по одному экземпляру для каждой из Сторон и один экземпляр для Фонда содействия развитию малых форм предприятий в НТС.

11.3. Все приложения к настоящему Договору являются его неотъемлемыми частями.

11.4. К настоящему Договору прилагаются:

11.4.1. Техническое задание (приложение № 1);

11.4.2. Календарный план (приложение № 2);

11.4.3. Смета расходов на выполнение НИОКР (приложение № 3);

11.4.4. Расшифровка статьи "Заработная плата" и "Начисление на заработную плату" (приложение № 4).

### 13. Адреса и платежные реквизиты Сторон

**Заказчик:**

Общество с ограниченной  
ответственностью «Нанопульсные  
технологии»  
(ООО «НАНИТ»)

Адрес: 390023, г. Рязань, пр. Яблочкова,  
д.5, к.1

ИНН/КПП 6230061270 623001001

Р/с № 40702810900000003762, в  
Прио-Внешторгбанк (ОАО) г. Рязань  
корр/с №3010181050000000708,  
БИК 046126708

**Исполнитель:**

Юхин Иван Александрович  
Паспорт серии 6106 № 396802  
Выдан Октябрьским РОВД гор. Рязани  
22.03.2007г.  
место жительства г. Рязань, ул. Тимакова,  
дом №6, кв. 65  
Страх.свид. № 144-503-937 50  
Реквизиты банка (название, ИНН, Р/с,  
Корр.счет, БИК, Лиц. Счет): Рязанское отделение  
№ 8606 Сбербанка России (ОАО),  
ИНН 7707083893,  
Р/с № 47422 810 4 5300 99 21000,  
Корр.счет № 30101810500000000614,  
БИК 046126614,  
Лиц. Счет 40817810653002448154  
Тел. служ.: 8-4-912-35-38-74  
Моб. тел. 89038344318

от Заказчика

Директор

ООО «НАНИТ»



/Верещагин Н.М./

\_\_\_\_\_ 2012 г.

Исполнитель

Юхин И.А. /Юхин И.А./

« 31 » января 2012 г.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

### ДОГОВОР № 14

на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР)

г.Рязань

«29» марта 2013 г.

Общество с ограниченной ответственностью «Высоковольтные системы коммутации» (ООО «ВСК»), именуемое в дальнейшем «Заказчик», в лице директора Сереегина Андрея Александровича, действующего на основании Устава, с одной стороны и гражданин РФ Юхин Иван Александрович, именуемый в дальнейшем «Исполнитель», с другой стороны, именуемые в дальнейшем «Стороны», заключили настоящий Договор о нижеследующем:

#### 1. Предмет Договора

1.1. Исполнитель обязуется по заданию Заказчика выполнить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по теме: «Разработка и исследование инновационных решений в технологиях и технике для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции растениеводства» (далее - Работы) и передать Заказчику результаты Работ, а Заказчик обязуется принять их и оплатить.

1.2. Научные, технические, экономические и другие требования к результатам Работ определены Техническим заданием (приложение № 1).

1.3. Срок начала выполнения Работ по настоящему Договору 1 апреля 2013 г. Срок сдачи Работ по настоящему Договору 31 марта 2014 г.

Сроки выполнения отдельных этапов Работ определяются Календарным планом (приложение № 2), являющимся неотъемлемой частью настоящего Договора.

#### 2. Цена Договора и порядок оплаты

2.1. За выполнение Исполнителем принятых на себя обязательств качественно и в срок Заказчик обязуется выплатить ему вознаграждение в размере 200 000 руб. (Двести тысяч рублей).

2.2. Заказчик оплачивает Исполнителю выполнение работ равными долями по этапам, указанным в Календарном плане (приложение №2), являющимся неотъемлемой частью настоящего Договора, в течение 10 (десяти) календарных дней с даты подписания Сторонами акта сдачи-приемки работ, выполненных по каждому отдельному этапу настоящего Договора.

#### 3. Порядок сдачи и приемки Работ

3.1. По окончании Работ или их этапов Исполнитель представляет Заказчику результаты Работ, оформленные в соответствии с приложениями № 1 и № 2 к настоящему Договору.

3.2. В течение 30 (тридцати) календарных дней после выполнения Исполнителем условий пункта 3.1 настоящего Договора, Заказчик направляет Исполнителю подписанный акт сдачи-приемки или мотивированный отказ от приемки Работ.

3.3. В случае мотивированного отказа Заказчика от приемки Работ, Сторонами составляется двухсторонний акт с перечнем необходимых доработок и сроков их выполнения. Исполнитель обязан провести указанные доработки за свой счет при условии, что они не выходят за пределы предмета настоящего Договора.

#### 4. Права и обязанности Сторон

4.1. Исполнитель обязан:

4.1.1. Выполнить Работы в соответствии с требованиями настоящего Договора и передать Заказчику результаты Работ в предусмотренные настоящим Договором сроки по акту сдачи-приемки.

Результаты Работ должны отвечать требованиям законодательства Российской Федерации и соответствующим государственным стандартам.



4.1.2. Устранять недостатки в выполненных Работах своими силами и за свой счет.

4.1.3. Немедленно приостановить Работы, поставив об этом в известность Заказчика в течение 5 (пяти) календарных дней, если в процессе выполнения Работ Исполнитель устанавливает невозможность получения ожидаемого результата или нецелесообразность дальнейшего проведения Работ, их этапа.

В этом случае Стороны обязаны в течение 10 (десяти) календарных дней с даты приостановления Работ принять решение об изменении условий настоящего Договора или его расторжении с оформлением дополнительного соглашения к настоящему Договору. При этом, в случае расторжения Договора, Заказчик обязан возместить Исполнителю выполненную часть Работ.

4.2. Заказчик обязан:

4.2.1. Передавать Исполнителю необходимую для выполнения Работ информацию.

4.2.2. Принять и оплатить Работы, выполненные по настоящему Договору.

4.3. В случае досрочного выполнения Исполнителем Работ, их этапа, Заказчик вправе досрочно их принять и оплатить.

4.4. Заказчик вправе проверять ход и качество выполняемых Работ по настоящему Договору.

## **5. Возникновение, принадлежность и передача прав на результаты Работ**

5.1. Право собственности на результаты Работ, включая все права на результаты интеллектуальной деятельности, в том числе исключительные права, полученные в результате выполнения Работ по настоящему Договору, принадлежат Исполнителю.

5.2. Права авторов на получение авторского вознаграждения и участие в процессе правовой охраны и использования результатов работ, определяются соглашением между правообладателем и авторами.

5.3. Использование и передача результатов Работ по настоящему Договору третьим лицам и их условия определяются Заказчиком в соответствии п. 5.2. настоящего договора.

5.4. Право подачи заявок на получение охранных документов на созданные в результате выполнения Работ по настоящему Договору результаты интеллектуальной деятельности принадлежит Заказчику в соответствии п. 5.2. настоящего договора.

5.5. В случае получения при выполнении Работ по настоящему Договору результатов интеллектуальной деятельности, способных к правовой охране, Исполнитель письменно уведомляет об этом в месячный срок Заказчика. Заказчик определяет в трехмесячный срок порядок получения их правовой охраны и сообщает об этом Исполнителю.

5.6. Исполнитель гарантирует, что:

- при выполнении Работ по настоящему Договору он не нарушает исключительных прав на объекты интеллектуальной собственности, которые принадлежат третьим лицам;

- результаты Работ по настоящему Договору не нарушают исключительных прав третьих лиц.

5.7. Исполнитель обязан получить согласие Заказчика на использование при выполнении Работ объектов интеллектуальной собственности, принадлежащих ему самому или Соисполнителям.

## **6. Конфиденциальность**

6.1. Исполнитель обязан в полном объеме обеспечить конфиденциальность сведений, касающихся предмета настоящего Договора, хода его исполнения и полученных результатов (далее - Конфиденциальные сведения).

6.2. Исполнитель не несет ответственности в случае передачи Конфиденциальных сведений государственным органам, имеющим право затребовать их в соответствии с законодательством Российской Федерации.

## **7. Ответственность Сторон**

7.1. За неисполнение или ненадлежащее исполнение обязательств по настоящему Договору Стороны несут ответственность в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

7.2. В случае нарушения сроков выполнения Исполнителем Работ, предусмотренных Календарным планом, Исполнитель уплачивает пению в размере 0,1 % от цены этапа Работ за каждый день просрочки, но не более 10 % от цены этапа Работ:

7.3. Исполнитель обязан возместить Заказчику убытки, причиненные Заказчику в результате нарушения исключительных прав третьих лиц на объекты интеллектуальной собственности при выполнении Работ по настоящему Договору и при осуществлении Заказчиком прав в отношении результатов Работ.

## **8. Разрешение споров**

8.1. Все споры, возникающие при исполнении настоящего Договора, решаются Сторонами путем переговоров, включая обмен письмами, телеграммами, факсимильными сообщениями.

8.2. Если Стороны не придут к соглашению путем переговоров, все споры рассматриваются в претензионном порядке. Срок рассмотрения претензии три недели с даты получения претензии.

8.3. В случае невозможности разрешения споров и разногласий в претензионном порядке, спор подлежит рассмотрению в установленном законодательством Российской Федерации порядке.

## **9. Порядок внесения изменений, дополнений в Договор и его расторжения**

9.1. В настоящий Договор могут быть внесены изменения и дополнения, которые оформляются дополнительными соглашениями к настоящему Договору.

9.2. Настоящий Договор может быть досрочно расторгнут по основаниям, предусмотренным законодательством Российской Федерации и настоящим Договором.

9.3. Заказчик, решивший расторгнуть настоящий Договор, должен направить Исполнителю письменное уведомление о намерении расторгнуть настоящий Договор не позднее, чем за 30 (тридцать) календарных дней до предполагаемой даты расторжения настоящего Договора. Настоящий Договор считается расторгнутым с даты, указанной в уведомлении о расторжении. При этом Заказчик обязан оплатить документально подтвержденные расходы Исполнителя, связанные с выполнением Работ до даты получения уведомления о расторжении настоящего Договора.

9.4. В случае досрочного расторжения настоящего Договора по основаниям, предусмотренным законодательством Российской Федерации и настоящим Договором, Исполнитель обязуется в течение 10 (десяти) календарных дней возвратить Заказчику полученную предоплату за вычетом документально подтвержденных расходов Исполнителя, связанных с выполнением Работ по настоящему Договору. В случае досрочного расторжения настоящего Договора по причинам ненадлежащего выполнения Работ, при котором полученные результаты не соответствуют требованиям настоящего Договора, невозможности их доработки Исполнитель обязуется в течение 10 (десяти) календарных дней со дня получения письменного уведомления о расторжении настоящего Договора возвратить полученную предоплату Заказчику.

## **10. Срок действия Договора**

10.1. Настоящий Договор вступает в силу с даты его подписания Сторонами и действует до момента выполнения Сторонами своих обязательств.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

### 11. Прочие условия

11.1. Стороны обязаны уведомлять друг друга обо всех изменениях, касающихся их юридических адресов, платежных реквизитов, а также о реорганизации, ликвидации.

11.2. Настоящий Договор составлен в трех экземплярах, имеющих одинаковую силу, по одному экземпляру для каждой из Сторон и один экземпляр для Фонда содействия развитию малых форм предприятий в НТС.

11.3. Все приложения к настоящему Договору являются его неотъемлемыми частями.

11.4. К настоящему Договору прилагаются:

11.4.1. Техническое задание (приложение № 1);

11.4.2. Календарный план (приложение № 2);

11.4.3. Смета расходов на выполнение НИОКР (приложение № 3).

11.4.4. Расшифровка статьи "Заработная плата" и "Начисление на заработную плату" (приложение № 4).

### 13. Адреса и платежные реквизиты Сторон

#### Заказчик:

Общество с ограниченной ответственностью «Высоковольтные системы коммутации» (ООО «ВСК») Адрес: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д.59/1 ИНН/КПП 6230075812/623001001 Р/с № № 40702810500000005474 в Приор-Внешторгбанк (ОАО) г. Рязань корр/с №30101810500000000708, БИК 046126708

#### Исполнитель:

Юхин Иван Александрович Паспорт серии 6106 № 396802 Выдан Октябрьским РОВД гор. Рязани 22.03.2007г. место жительства г. Рязань, ул. Тимакова, дом №6, кв. 65 Страх.свид. № 144-503-937 50 Реквизиты банка (название, ИНН, Р/с, Корр.счет, БИК, Лиц. Счет): Рязанское отделение № 8606 Сбербанка России (ОАО), ИНН 7707083893, Р/с № 47422 810 4 5300 99 21000, Корр.счет № 30101810500000000614, БИК 046126614, Лиц. Счет 40817810653002448154 Тел. служ.: 8-4-912-35-38-74 Моб. тел. 89038344318

от Заказчика

Директор  
ООО «ВСК»



/Сережин А.А./

« 29 » 03 2013 г.

Исполнитель

 /Юхин И.А./

« 29 » марта 2013 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 81152

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ  
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

Патентообладатель(ли): *Государственное научное учреждение  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
механизации агрохимического и материально-  
технического обеспечения сельского хозяйства (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2008139805

Приоритет полезной модели 07 октября 2008 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных  
моделей Российской Федерации 10 марта 2009 г.

Срок действия патента истекает 07 октября 2018 г.

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной  
собственности, патентам и товарным знакам*



Б.П. Симонов

Автор(ы): *Минякин Сергей Викторович (RU), Успенский Иван Алексеевич (RU), Юхин Иван Александрович (RU), Аникин Николай Викторович (RU), Гречихин Сергей Юрьевич (RU), Рембалович Георгий Константинович (RU)*

1 0 2 3 1 0 0



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **81 152** (13) **U1**  
 (51) МПК  
**B62D 37/00** (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ (титульный лист)**

(21), (22) Заявка: 2008139805/22, 07.10.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
07.10.2008

(45) Опубликовано: 10.03.2009 Бюл. № 7

Адрес для переписки:  
 390025, г.Рязань, ул. Щорса, 38/11, ГНУ  
 ВНИМС, патентное бюро

(72) Автор(ы):

Минякин Сергей Викторович (RU),  
 Успенский Иван Алексеевич (RU),  
 Юхин Иван Александрович (RU),  
 Аникин Николай Викторович (RU),  
 Гречихин Сергей Юрьевич (RU),  
 Рембалович Георгий Константинович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное научное учреждение  
 Всероссийский научно-исследовательский  
 институт механизации агрохимического и  
 материально-технического обеспечения  
 сельского хозяйства (RU)

**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

(57) Формула полезной модели

1. Устройство для стабилизации положения кузова транспортного средства, содержащее дугообразные направляющие, закрепленные на раме транспортного средства поперек продольной оси последнего, ролики, установленные на направляющих и закрепленные посредством кронштейнов на кузове транспортного средства для обеспечения возможности углового поворота кузова, механизм перемещения кузова и датчик дестабилизирующих сил кузова, связанный с механизмом перемещения кузова, при этом механизм перемещения кузова выполнен в виде гидроцилиндра, закрепленного на раме транспортного средства и установленного шарнирно на оси в средней части рамы вертикального телескопического двуплечего рычага, одно плечо которого связано с серьгой, жестко присоединенной к днищу кузова, а другое - со штоком гидроцилиндра, датчик дестабилизирующих сил кузова выполнен центробежным и электрически связан с гидроцилиндром через электроуправляемый двухпозиционный гидрораспределитель, отличающееся тем, что двуплечий рычаг механизма перемещения кузова со стороны кинематической связи его со штоком гидроцилиндра снабжен упругими элементами, которые расположены симметрично относительно двуплечего рычага и выполнены в виде цилиндрических пружин сжатия.
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что каждый из упругих элементов состоит из двух пружин разной жесткости, охватывающих одна другую и имеющих разную высоту, причем высота пружины меньшей жесткости больше высоты пружины большей жесткости.
3. Устройство по пп.1 и 2, отличающееся тем, что охватывающая пружина каждого упругого элемента выполнена меньшей жесткости, а охватываемая - большей.

RU 81152 U1

RU 81152 U1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2519304

**УСТРОЙСТВО СТАБИЛИЗАЦИИ КУЗОВА  
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012157940

Приоритет изобретения 28 декабря 2012 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 14 апреля 2014 г.

Срок действия патента истекает 28 декабря 2032 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Б.П. Симонов*





ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Автор(ы): *Успенский Иван Алексеевич (RU), Симдянкин  
Аркадий Анатольевич (RU), Юхин Иван Александрович (RU),  
Жуков Кирилл Андреевич (RU), Бышов Николай  
Владимирович (RU), Борычев Сергей Николаевич (RU),  
Ильченко Артём Юрьевич (RU), Павлов Валентин  
Анатольевич (RU)*

RU 2519304 C1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 519 304** (13) **C1**(51) МПК  
B62D 37/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012157940/11, 28.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.12.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.12.2012

(45) Опубликовано: 10.06.2014 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU 1664644 A1, 23.07.1991. SU 1684153  
A1, 15.10.1991. RU 81152 U1, 10.03.2009. US  
4647053 A, 03.03.1987. US 2004/0108663 A1,  
10.06.2004

Адрес для переписки:

390044, г.Рязань, ул. Костычева, 5, кв. 7,  
Успенский И.А.

(72) Автор(ы):

Успенский Иван Алексеевич (RU),  
Симдянкин Аркадий Анатольевич (RU),  
Юхин Иван Александрович (RU),  
Жуков Кирилл Андреевич (RU),  
Бышов Николай Владимирович (RU),  
Борычев Сергей Николаевич (RU),  
Ильченко Артём Юрьевич (RU),  
Павлов Валентин Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

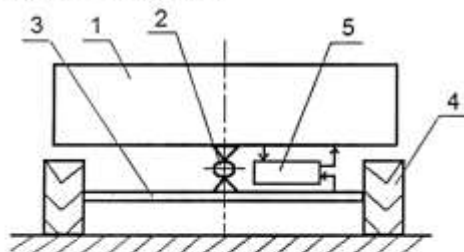
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Рязанский  
государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева"  
(ФГБОУ ВПО РГАТУ) (RU)

## (54) УСТРОЙСТВО СТАБИЛИЗАЦИИ КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

(57) Реферат:

Изобретение относится к транспортным средствам с подвижным в поперечном направлении кузовом. Устройство стабилизации кузова транспортного средства состоит из механизма обеспечения углового поворота кузова, механизма перемещения кузова и датчика дестабилизирующих сил. Механизм обеспечения углового поворота кузова выполнен в виде двух шарниров, установленных вдоль продольной оси кузова и соединенных одним концом с рамой, а другим - с кузовом. Механизм перемещения

кузова включает в себя преобразователь сигнала, на валу которого жестко закреплен диск с диаметрально установленным на его торце штифтом, шарнирно соединенным со штоком гидрораспределителя, связанного посредством шлангов с гидроцилиндром, корпус которого шарнирно соединен с рамой, а шток - с кузовом. Обеспечивается повышение надежности конструкции и снижение времени коррекции положения кузова. Изп. ф-лы, 5 ил.



Фиг.1

Стр.: 1

RU 2 519 304 C1

RU 2 519 304 C1

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 519 304** <sup>(13)</sup> **C1**

(51) Int. Cl.  
*B62D 37/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012157940/11, 28.12.2012

(24) Effective date for property rights:  
28.12.2012

Priority:

(22) Date of filing: 28.12.2012

(45) Date of publication: 10.06.2014 Bull. № 16

Mail address:

390044, g.Rjazan', ul. Kostycheva, 5, kv. 7, Uspenskij  
LA.

(72) Inventor(s):

Uspenskij Ivan Alekseevich (RU),  
Simdjankin Arkadij Anatol'evich (RU),  
Jukhin Ivan Aleksandrovich (RU),  
Zhukov Kirill Andreevich (RU),  
Byshov Nikolaj Vladimirovich (RU),  
Borychev Sergej Nikolaevich (RU),  
Il'chenko Artem Jur'evich (RU),  
Pavlov Valentin Anatol'evich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Rjazanskij  
gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij  
universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU  
VPO RGATU) (RU)

(54) **DEVICE FOR VEHICLE BODY STABILISATION**

(57) Abstract:

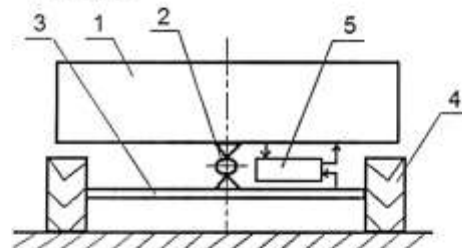
FIELD: transport.

SUBSTANCE: device for vehicle body stabilisation consists of body yaw providing mechanism, body moving mechanism and destabilising forces sensor. Body yaw providing mechanism is made in the form of two articulated joints installed along longitudinal axis of body and connected by one end with frame and by the other end - with body. Body moving mechanism includes signal converter on the shaft of which a disk with pin diametrically installed on its butt end is rigidly fixed. The pin is pivotally connected with rod of hydraulic control valve group connected by means of hoses with hydraulic cylinder the body of which is pivotally connected with frame and its rod is pivotally

connected with vehicle body.

EFFECT: design reliability improvement and reduction of body position correction time.

2 cl, 5 dwg



RU 2 5 1 9 3 0 4 C 1

RU 2 5 1 9 3 0 4 C 1

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 519 304 C1

Предлагаемое устройство относится к транспортным средствам с подвижным в поперечном направлении кузовом.

Известно устройство для повышения устойчивости движения транспортного средства, содержащее направляющие, закрепленные на раме, по которым при помощи гидроцилиндра может перемещаться кузов. Его перемещение осуществляется при работе системы автоматического управления от датчиков скорости и угла поворота руля пропорционально функции  $F=f(V^2/R)$  (Авторское свидетельство СССР №1412157, кл. В62D 37/04, опубл. 30.03.93).

К недостаткам устройства следует отнести сложность конструкции и существенное увеличение массы транспортного средства.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому объекту является устройство для стабилизации положения кузова транспортного средства, содержащее дугообразные направляющие, закрепленные на раме транспортного средства поперек продольной оси последнего, ролики, установленные на направляющих и закрепленные посредством кронштейнов на кузове транспортного средства для обеспечения возможности углового поворота кузова, механизм перемещения кузова и датчик дестабилизирующих сил кузова, связанный с механизмом перемещения кузова, при этом датчик дестабилизирующих сил кузова выполнен в виде элемента, заключенного в корпусе, закрепленном в средней части днища кузова посредством кронштейна и зажимного винта и снабжен рычагом и тягой ручного управления его положением относительно горизонтали. Механизм перемещения кузова выполнен в виде гидроцилиндра, закрепленного на раме транспортного средства и установленного шарнирно на оси в средней части рамы вертикального телескопического двухплечевого рычага, одно плечо которого связано с серьгой, жестко присоединенной к днищу кузова, а другое со штоком гидроцилиндра. Датчик дестабилизирующих сил кузова выполнен центробежным и электрически связан с гидроцилиндром через электроуправляемый двухпозиционный гидрораспределитель (Авторское свидетельство СССР №1664644, кл. В62D 37/00, В60P 1/00, опубл. 23.07.91).

К недостаткам данного устройства следует отнести существенное увеличение массы транспортного средства, высокая энергоемкость процесса перемещения кузова по дугообразным направляющим, ухудшение стабилизирующих характеристик при загрязнении дугообразных направляющих при эксплуатации кузова (особенно в осенне-весенний период).

Предлагаемое изобретение направлено на повышение надежности конструкции и снижение времени коррекции положения кузова по отношению к раме. Сущность: повышение надежности конструкции и снижение времени коррекции положения кузова за счет его шарнирного крепления на раме в двух позициях и образования замкнутой системы с обратной связью «кузов - груз - мостовая схема - преобразователь сигнала - гидрораспределитель - гидроцилиндр - кузов», когда сигнал рассогласования - различной полярности в зависимости от направления отклонения рамы в поперечной плоскости - с мостовой схемы передается на вход преобразователя сигнала, соединенного с гидрораспределителем, что позволяет осуществлять реверсивное движение управляемого гидрораспределителем штока гидроцилиндра, перемещающего кузов по отношению к раме в сторону, противоположную ее смещению по отношению к горизонтальной поверхности дороги.

Это достигается тем, что в устройстве стабилизации кузова транспортного средства, содержащем раму с колесами, соединенную механизмом обеспечения углового поворота с кузовом, который соединен с механизмом перемещения кузова и датчиком

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 519 304 C1

дестабилизирующих сил, согласно предлагаемому изобретению механизм обеспечения углового поворота кузова выполнен в виде двух шарниров, установленных вдоль продольной оси кузова и соединенных одним концом с рамой, а другим - с кузовом; механизм перемещения кузова включает в себя преобразователь сигнала, выполненный, например, в виде двигателя постоянного тока с встроенным редуктором, на валу которого жестко закреплен диск с диаметрально установленным на его торце штифтом, шарнирно соединенным со штоком гидрораспределителя, связанного посредством шлангов с гидроцилиндром, корпус которого шарнирно соединен с рамой, а шток - с кузовом; датчик дестабилизирующих сил содержит мостовую схему, состоящую из трех постоянных сопротивлений и одного переменного сопротивления (реостата), при этом реостат закреплен с возможностью горизонтального и вертикального перемещения на раме транспортного средства, его ползунок подвижно соединен скобой с грузом, подвешенным на ось, закрепленную на кузове, а выход мостовой схемы электрически связан с входом преобразователя сигнала.

15 Такое выполнение устройства стабилизации кузова транспортного средства обеспечивает повышение эффективности стабилизации в различных погодноклиматических условиях при снижении общей массы устройства.

Сопоставимый анализ с прототипом показывает, что заявленное устройство стабилизации положения кузова транспортного средства соответствует критерию «новизна», так как имеет существенные отличия от прототипа:

- 20 1. механизм обеспечения возможности углового поворота кузова выполнен в виде двух шарниров, установленных вдоль продольной оси кузова и соединенных одним концом с рамой, а другим - с кузовом;
- 25 2. механизм перемещения кузова включает в себя преобразователь сигнала, выполненный, например, в виде двигателя постоянного тока с встроенным редуктором, на валу которого жестко закреплен диск с диаметрально установленным на его торце штифтом, шарнирно соединенным со штоком гидрораспределителя, связанного посредством шлангов с гидроцилиндром, корпус которого шарнирно соединен с рамой, а шток - с кузовом;
- 30 3. датчик дестабилизирующих сил содержит мостовую схему, состоящую из трех постоянных сопротивлений и одного переменного сопротивления (реостата), при этом реостат закреплен с возможностью горизонтального и вертикального перемещения на раме транспортного средства, его ползунок подвижно соединен скобой с грузом, подвешенным на ось, закрепленную на кузове, а выход мостовой схемы электрически
- 35 связан с входом преобразователя сигнала.

Технический результат от использования устройства заключается в снижении поперечных колебаний кузова и, как следствие, повышении его устойчивости, что приведет к уменьшению повреждений перевозимого груза.

40 На фиг.1 представлен общий вид транспортного средства и расположение устройства стабилизации на нем:

- 1 - кузов;
- 2 - шарниры;
- 3 - рама;
- 4 - колеса;
- 45 5 - устройство стабилизации.

На фиг.2 представлен датчик дестабилизирующих сил:

- 6 - мостовая схема;
- 7 - скоба (не показана);

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 519 304 C1

8 - груз;

9 - ось;

$R_1, R_3, R_4$  - постоянные сопротивления;  $R_2$  - переменное сопротивление (реостата).

На фиг.3 представлена схема соединения ползунка реостата  $R_2$  со скобой 7 и грузом

5 8.

На фиг.4 представлена общая схема преобразователя сигнала:

10 - преобразователь сигнала;

11 - диск;

10 12 - штифт;

13 - шток гидрораспределителя;

14 - гидрораспределитель;

15 - шланги;

16 - гидроцилиндр;

15 17 - шток гидроцилиндра.

На фиг.5 представлен принцип работы устройства стабилизации:

а) подготовка к работе;

б) въезд транспортного средства на наклонную поверхность;

в) стабилизация положения кузова;

20 г) съезд колес транспортного средства с неровности на горизонтальную поверхность.

Устройство стабилизации кузова транспортного средства состоит из механизма обеспечения углового поворота кузова, механизма перемещения кузова и датчика дестабилизирующих сил.

25 Механизм обеспечения углового поворота кузова состоит из кузова 1, нежестко закрепленного посредством двух шарниров 2, расположенных вдоль его продольной оси, на раме 3 с установленными на ней колесами 4, и соединен с устройством стабилизации 5 положения кузова относительно рамы (фиг.1).

Устройство стабилизации 5 (фиг.2) содержит датчик дестабилизирующих сил, состоящий из мостовой схемы 6, включающей три постоянных сопротивления  $R_1, R_3,$

30  $R_4$  и переменное сопротивление (реостат)  $R_2$ , при этом реостат  $R_2$  закреплен с возможностью горизонтального и вертикального перемещения на раме 3 транспортного средства, а ползунком реостата  $R_2$  соединен скобой 7 с грузом 8, подвешенным на ось 9, закрепленную на кузове 1 (фиг.3).

35 Выход мостовой схемы 6 электрически связан с входом механизма перемещения кузова, включающего преобразователь сигнала 10, выполненный, например, в виде двигателя постоянного тока с встроенным редуктором, позволяющим осуществлять реверсивное движение вала в зависимости от полярности поступающего сигнала. На валу преобразователя сигнала 10 жестко закреплен диск 11, штифт 12 которого шарнирно соединен со штоком 13 гидрораспределителя 14 (фиг.4). Выход 40 гидрораспределителя 14 посредством шлангов 15 соединен с входом гидроцилиндра 16, корпус которого шарнирно соединен с рамой 3 транспортного средства, а его шток 17 шарнирно соединен с кузовом 1.

45 Таким образом, образуется замкнутая система с обратной связью по цепочке «кузов 1 - груз 8 - мостовая схема 6 - преобразователь сигнала 10 - гидрораспределитель 14 - гидроцилиндр 16 - кузов 1».

Работает устройство стабилизации следующим образом. На вход мостовой схемы 6 подается сигнал с бортовой сети автомобиля/трактора, транспортное средство размещается на горизонтальной площадке, и реостат  $R_2$  выставляется в положение,

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 519 304 C1

когда электрический сигнал рассогласования плеч  $R_1R_4$  и  $R_2R_3$ , выходящий с мостовой схемы 6, становится равным нулю. После этого устройство готово к работе (фиг.5а).

При движении колес 4 транспортного средства по пересеченной местности сигнал рассогласования мостовой схемы 6 становится отличным от нуля вследствие перемещения ползунка реостата  $R_2$ , соединенного скобой 7 с грузом 8, который стремится сохранить вертикальное положение на оси 9 из-за действия силы тяжести, направленной к центру Земли (фиг.5б). При этом раскачиванию груза 8 будет препятствовать сила трения (в том числе сила трения покоя) между ползунком и стержнем (проволокой) реостата  $R_2$ .

Сигнал рассогласования с выхода мостовой схемы 6 поступает на вход преобразователя сигнала 10, при этом в зависимости от его полярности, т.е. направления наклона кузова относительно исходной горизонтальной поверхности, ось преобразователя сигнала 10 с закрепленным на ней диском 11 будет поворачиваться по или против часовой стрелки. Поворот диска 11 будет вызывать перемещение шарнирно закрепленного на штифте 12 штока 13 гидрораспределителя 14, приводя к изменению давления в шлангах 15.

Изменение давления в шлангах 15 приводит к изменению положения штока 17 гидроцилиндра 16, соединенного с кузовом 1, до тех пор, пока кузов 1 не займет положение относительно рамы 3, в котором ползунок реостата  $R_2$ , соединенный скобой 7 с грузом 8, не вернется в исходное положение, характерное для расположения транспортного средства на горизонтальной поверхности (фиг.5в).

При съезде колес 4 транспортного средства с неровности на горизонтальную поверхность (фиг.5г) груз 8 через скобу 7 отклоняет ползунок реостата  $R_2$  в противоположную сторону, вызывая появление на выходе мостовой схемы 6 сигнала рассогласования противоположной полярности. Сигнал рассогласования с выхода мостовой схемы 6 поступает на вход преобразователя сигнала 10, при этом ось преобразователя сигнала 10 с закрепленным на ней диском 11 будет поворачиваться в противоположную сторону. Поворот диска 11 будет вызывать перемещение шарнирно закрепленного на штифте 12 штока 13 гидрораспределителя 14, приводя к изменению давления в шлангах 15. Изменение давления в шлангах 15 приводит к изменению положения штока 17 гидроцилиндра 16, соединенного с кузовом 1, до тех пор, пока кузов 1 не займет положение относительно рамы 3, в котором ползунок реостата  $R_2$ , соединенный скобой 7 с грузом 8, не вернется в исходное положение, характерное для расположения транспортного средства на горизонтальной поверхности (фиг.5а).

Таким образом, кузов 1 будет принимать горизонтальное положение вне зависимости от направления отклонения рамы 3 транспортного средства - реализуется система с обратной связью, позволяющая постоянно в течение его движения по пересеченной местности поддерживать кузов в горизонтальном положении. При этом небольшие неровности поверхности не будут восприниматься устройством стабилизации вследствие инерционности груза 8, а также наличия силы трения между ползунком и стержнем реостата  $R_2$ .

Предложенное техническое решение было апробировано в лабораторных условиях и показало хорошие результаты.

### Формула изобретения

1. Устройство стабилизации кузова транспортного средства, содержащее раму с колесами, соединенную механизмом обеспечения углового поворота относительно

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 519 304 C1

продольной оси, который выполнен в виде двух шарниров, установленных вдоль продольной оси кузова и соединенных одним концом с рамой, а другим - с кузовом, отличающееся тем, что механизм перемещения кузова включает в себя преобразователь сигнала, выполненный, например, в виде двигателя постоянного тока с встроенным редуктором, на валу которого жестко закреплен диск с диаметрально установленным на его торце штифтом, шарнирно соединенным со штоком гидрораспределителя, связанного посредством шлангов с гидроцилиндром, корпус которого шарнирно соединен с рамой, а шток - с кузовом.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что датчик дестабилизирующих сил содержит мостовую схему, состоящую из трех постоянных сопротивлений и одного переменного сопротивления (реостата), при этом реостат закреплен с возможностью горизонтального и вертикального перемещения на раме транспортного средства, его ползунок подвижно соединен скобой с грузом, подвешенным на ось, закрепленную на кузове, а выход мостовой схемы электрически связан с входом преобразователя сигнала.

15

20

25

30

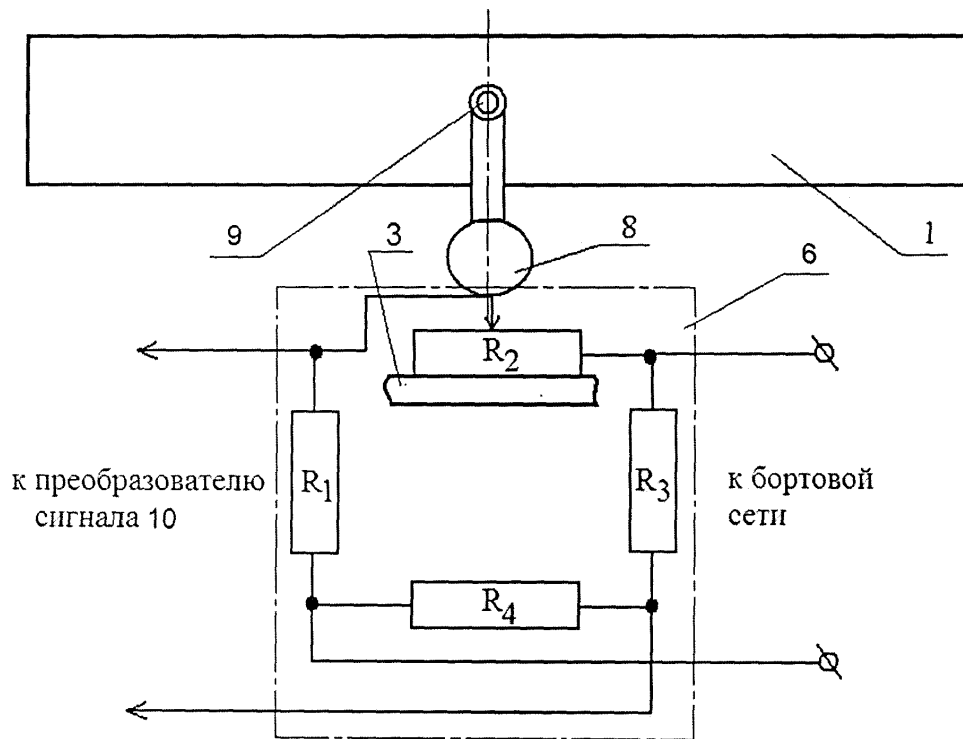
35

40

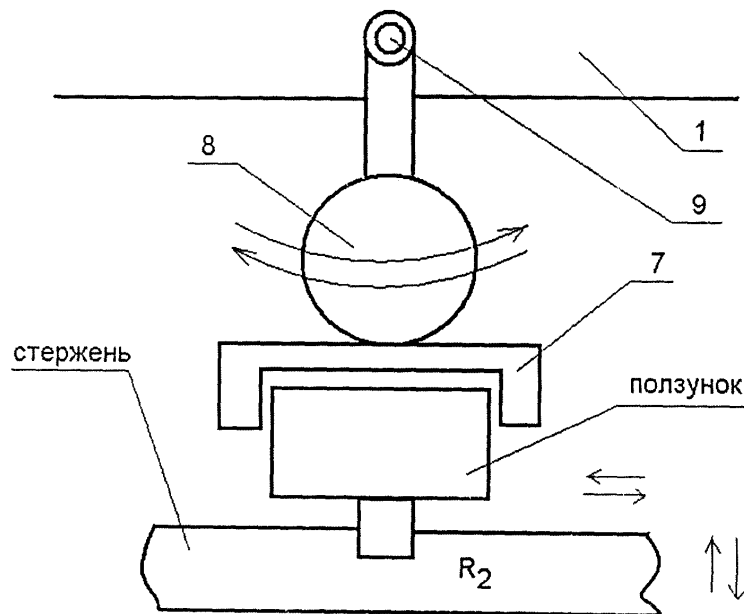
45



RU 2 519 304 C1

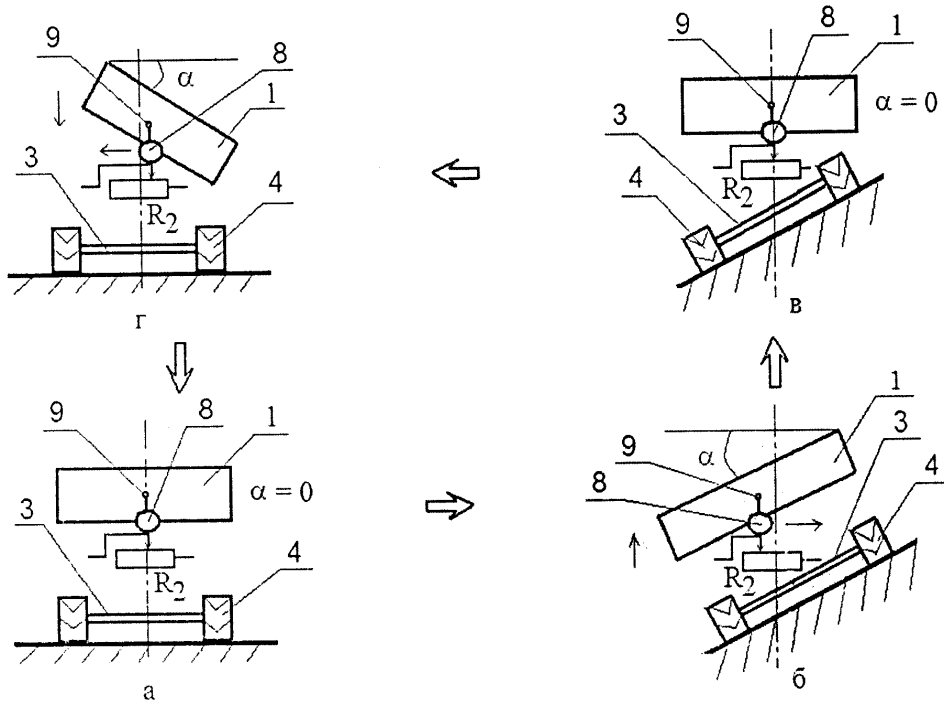
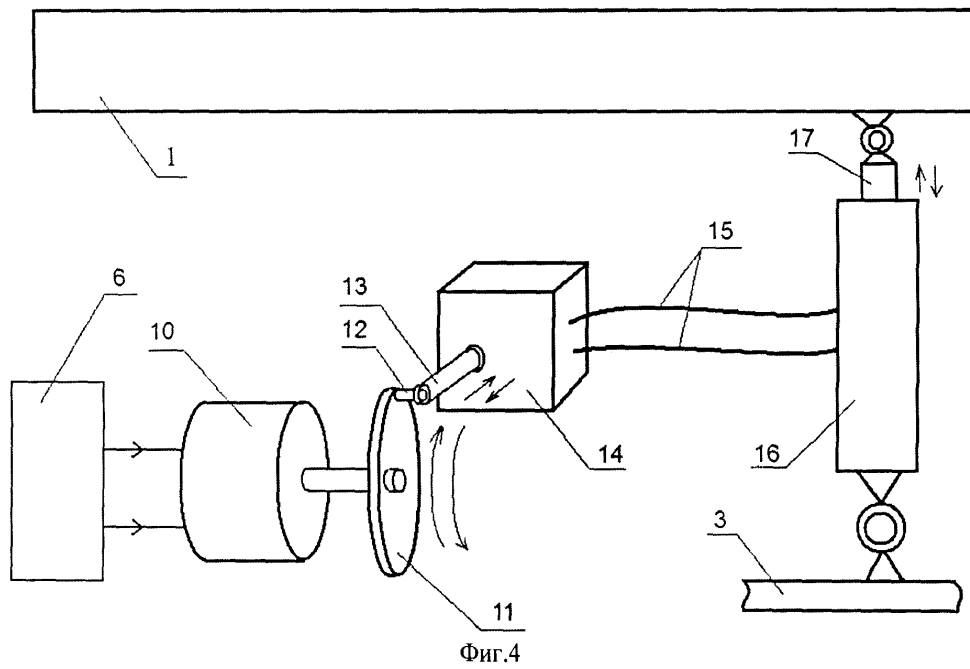


Фиг.2



Фиг.3

RU 2 519 304 C1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **93 754** <sup>(13)</sup> **U1**(51) МПК  
**B60R 9/00** (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ(титульный лист)

(21), (22) Заявка: 2009120468/22, 29.05.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.05.2009

(45) Опубликовано: 10.05.2010 Бюл. № 13

Адрес для переписки:  
390025, г.Рязань, ул. Щорса, 38/11, ГНУ  
ВНИМС, патентное бюро

(72) Автор(ы):

Кулик Сергей Николаевич (RU),  
Успенский Иван Алексеевич (RU),  
Борычев Сергей Николаевич (RU),  
Рябчиков Дмитрий Сергеевич (RU),  
Федяев Андрей Николаевич (RU),  
Юхин Иван Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное научное учреждение  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт механизации агрохимического и  
материально-технического обеспечения  
сельского хозяйства (RU)

## (54) НАВЕСНОЕ ПЕРЕГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

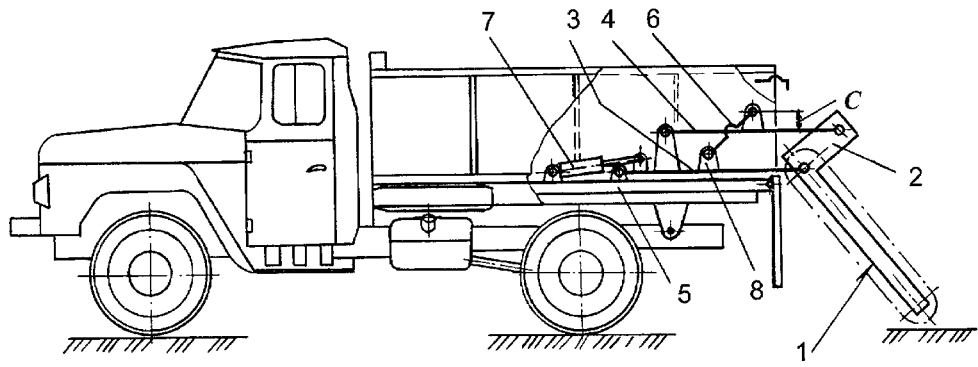
## (57) Формула полезной модели

Навесное погрузочное устройство для автомобилей, содержащее транспортер с приводом, смонтированный рамой на подвеске в задней части кузова с возможностью поворота и перемещения в продольной вертикальной плоскости, при этом подвеска транспортера включает шарнирно параллелограммный механизм из двух рычагов, раму транспортера и раму базовой машины, шарнирно установленные на рычагах поперечину и гидроцилиндр подъема, шарнирно связанный с одним из рычагов, причем каждый рычаг снабжен установленным на нем кронштейном, а шарниры поперечины размещены на кронштейнах и смещены относительно рычагов на величину, пропорциональную массе транспортера, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено рольгангом горизонтального перемещения груза, который соосно расположен транспортеру и смонтирован на горизонтально несущей тяге двух параллелограммных механизмов, последние размещены на общем основании с направляющими, в которых размещен ползун, и привод, кинематически связанный с ползуном винтовой парой, причем основание и ползун снабжены шарнирно связанными с ними поворотными звеньями, шарнирно связанными между собой горизонтально несущей тягой, при этом основание со своими поворотными звеньями и несущей тягой образуют один параллелограммный механизм, а ползун со своими поворотными звеньями и той же тягой образует второй параллелограммный механизм.

RU 93754 U1

RU 93754 U1

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б



RU 93754 U1

RU 93754 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU**<sup>(11)</sup> **96 547**<sup>(13)</sup> **U1**

(51) МПК  
**B62D 1/00** (2006.01)

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ (титульный лист)**

(21), (22) Заявка: 2010100253/22, 11.01.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
11.01.2010

(45) Опубликовано: 10.08.2010 Бюл. № 22

Адрес для переписки:  
390044, г.Рязань, ул. Костычева, 1, РГАТУ

(72) Автор(ы):

Безруков Дмитрий Васильевич (RU),  
Борычев Сергей Николаевич (RU),  
Успенский Иван Алексеевич (RU),  
Кокорев Геннадий Дмитриевич (RU),  
Пименов Андрей Борисович (RU),  
Юхин Иван Александрович (RU),  
Николотов Илья Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ФГОУ ВПО Рязанский государственный  
агротехнологический университет имени  
П.А. Костычева (RU)

**(54) ПРИЦЕПНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ**

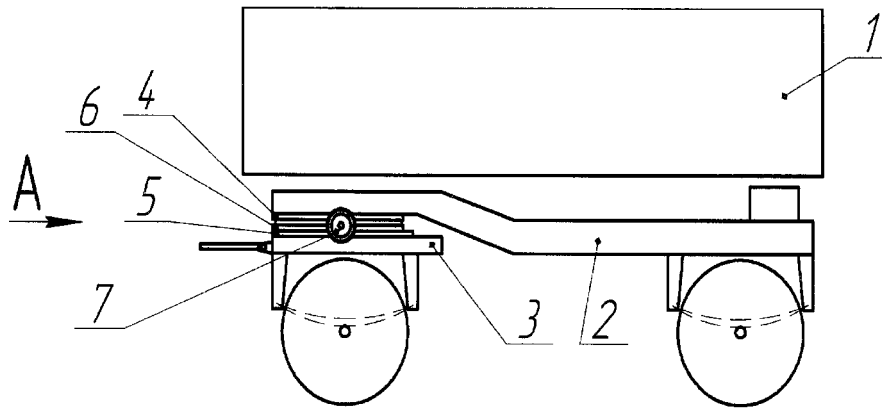
**(57) Формула полезной модели**

Устройство для фиксации прицепного транспортного средства, включающее кузов, расположенный на раме, снабженной верхним полукольцом поворотного круга, подкатную тележку, содержащую ось рулевых колес, нижнее кольцо поворотного круга и ее узел фиксации, отличающееся тем, что узел фиксации, расположенный на раме прицепного транспортного средства, состоит из фиксатора, закрепленного на штоке пневматической диафрагмы, связанной посредством воздухопровода с краном, приводящимся в действие электромагнитом, получающим сигнал от датчика и управляющим открытием крана, что обеспечивает подачу сжатого воздуха из ресивера.

RU 96547 U1

RU 96547 U1

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б



RU 9 6 5 4 7 U 1

RU 9 6 5 4 7 U 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **105 233** <sup>(13)</sup> **U1**  
(51) МПК  
**B60P 1/28** (2006.01)

**(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

<p>(21)(22) Заявка: <b>2010119314/11</b>, <b>13.05.2010</b></p> <p>(24) Дата начала отсчета срока действия патента: <b>13.05.2010</b></p> <p>Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: <b>13.05.2010</b></p> <p>(45) Опубликовано: <b>10.06.2011</b> Бюл. № <b>16</b></p> <p>Адрес для переписки: <b>390044, г.Рязань, ул. Костычева, 1, РГАТУ, патентный отдел</b></p>	<p>(72) Автор(ы): <b>Рембалович Георгий Константинович (RU), Булатов Евгений Павлович (RU), Кохарев Геннадий Дмитриевич (RU), Юхин Иван Александрович (RU), Успенский Иван Алексеевич (RU)</b></p> <p>(73) Патентообладатель(и): <b>Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (RU)</b></p>
--	--

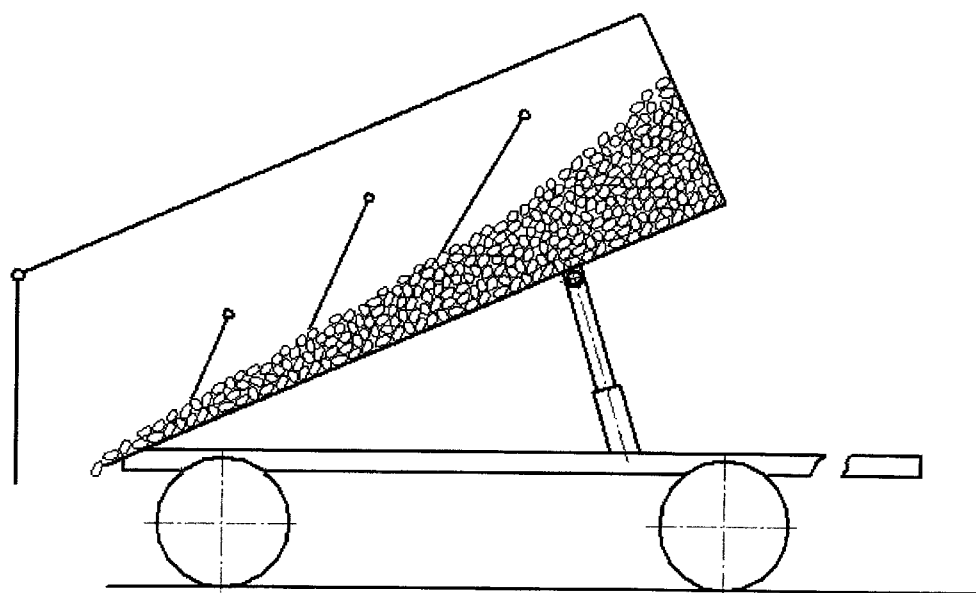
**(54) САМОСВАЛЬНЫЙ КУЗОВ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ  
ЛЕГКОПОВРЕЖДАЕМОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

(57) Формула полезной модели

1. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции, содержащий жестко закрепленные на днище неподвижные продольные перегородки, отличающийся тем, что в кузове расположены различные по высоте подвижные поперечные перегородки.
2. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции по п.1, отличающийся тем, что перегородки, различные по высоте, выполнены от заднего борта по возрастанию и закреплены с возможностью поворота на заданный угол.
3. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции по п.1, отличающийся тем, что каждая перегородка имеет закрепленную ось.
4. Самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции по п.1, отличающийся тем, что оси поперечных перегородок расположены на различном расстоянии от днища кузова.

RU 105233 U1

RU 105233 U1



RU 105233 U1

RU 105233 U1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **154 410** <sup>(13)</sup> **U1**

(51) МПК  
*B60D 1/00* (2006.01)  
*B60D 1/14* (2006.01)

(12) **ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015101808/11, 22.01.2015

(24) Дата начала отчета срока действия патента:  
22.01.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.01.2015

(45) Опубликовано: 20.08.2015 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 5, кв. 7,  
Успенский И.А.

(72) Автор(ы):

Симдянкин Аркадий Анатольевич (RU),  
Попов Алексей Сергеевич (RU),  
Успенский Иван Алексеевич (RU),  
Юхин Иван Александрович (RU),  
Бышов Николай Владимирович (RU),  
Борычев Сергей Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Рязанский  
государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева"  
(ФГБОУ ВПО РГАТУ) (RU)

(54) **ТЯГОВО-СЦЕПНОЕ УСТРОЙСТВО С ПНЕВМОКОМПЕНСАТОРОМ КОЛЕБАНИЙ**

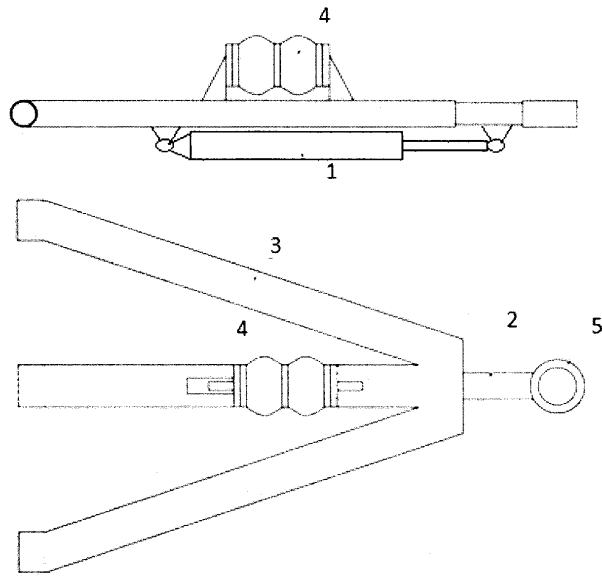
(57) Формула полезной модели

Тягово-сцепное устройство, содержащее сцепную петлю, дышло и шток, подвижно соединенные друг относительно друга, отличающееся тем, что подвижное соединение выполнено в виде гидроамортизатора, работающего на растяжение, и установленной оппозитно к нему - по отношению к штоку и дышлу - пневморессоры, работающей на сжатие, один конец которых жестко закреплен на штоке, другой - на дышле, при этом изменение давления в пневморессоре регулируется посредством двух клапанов - повышающего давление и понижающего его: повышающий клапан соединяет пневморессору с ресивером, давление в котором выше, чем в пневморессоре, а понижающий клапан - с атмосферой, оба клапана соединены с преобразователем-распределителем сигнала, который формирует управляющее воздействие на открытие повышающего или понижающего клапана на основании информации, приходящей с акселерометра, определяющего направление и абсолютное значение вектора ускорения вдоль траектории движения тягача.

RU 154410 U1

RU 154410 U1

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б



RU 154410 U1

RU 154410 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2532829

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ  
ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013113331

Приоритет изобретения 27 марта 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 12 сентября 2014 г.

Срок действия патента истекает 27 марта 2033 г.

*Врио руководителя Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Л.Л. Кирий*



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Автор(ы): *Успенский Иван Алексеевич (RU), Симдянкин  
Аркадий Анатольевич (RU), Юхин Иван Александрович (RU),  
Жуков Кирилл Андреевич (RU), Бышов Николай  
Владимирович (RU), Борычев Сергей Николаевич (RU)*

R U 2 5 3 2 8 2 9 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 532 829** <sup>(13)</sup> **C1**(51) МПК  
*B65D 85/34* (2006.01)  
*A01F 25/00* (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013113331/13, 27.03.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.03.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.03.2013

(45) Опубликовано: 10.11.2014 Бюл. № 31

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2019952 C1, 30.09.1994, SU 1712261  
A1, 15.02.1992, FR 2168269 A, 31.08.1973, US  
1889092 A, 29.11.1932, JP 2006-76578 A,  
23.03.2006

Адрес для переписки:

390044, г.Рязань, ул. Костычева, 5, кв. 7,  
Успенский И.А.

(72) Автор(ы):

Успенский Иван Алексеевич (RU),  
Симдянкин Аркадий Анатольевич (RU),  
Юхин Иван Александрович (RU),  
Жуков Кирилл Андреевич (RU),  
Бышов Николай Владимирович (RU),  
Борычев Сергей Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Рязанский  
государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева"  
(ФГБОУ ВПО РГАТУ) (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПЛОДОВООЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

(57) Реферат:

Устройство для транспортировки плодовоошной продукции содержит контейнер с крышкой, выполненной из нежесткого материала, обладающего демпфирующими свойствами. Внутренняя и внешняя поверхности крышки имеют ячеистую форму. В крышке выполнены отверстия, внутри которых проходят резиновые жгуты, заканчивающиеся кольцами, предназначенными для надевания на Г-образные штифты контейнера. Штифты установлены на боковых поверхностях контейнера под

отверстиями крышки несколькими горизонтальными рядами, что позволяет осуществлять натяг жгутов при закрытой крышке, перебрасывая кольца со штифтов одного ряда на другой. Изобретение обеспечивает снижение травмируемости продукции, а регулируемый натяг жгутов предотвращает ее перемещение внутри контейнера при его транспортировке как при неполном заполнении контейнера, так и в зависимости от неровностей дороги. 3 ил.

RU 2 5 3 2 8 2 9 C 1

RU 2 5 3 2 8 2 9 C 1



RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU**<sup>(11)</sup> **2 532 829**<sup>(13)</sup> **C1**

(51) Int. Cl.  
*B65D 85/34* (2006.01)  
*A01F 25/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013113331/13, 27.03.2013

(24) Effective date for property rights:  
27.03.2013

Priority:

(22) Date of filing: 27.03.2013

(45) Date of publication: 10.11.2014 Bull. № 31

Mail address:

390044, g Rjazan', ul. Kostycheva, 5, kv. 7, Uspenskij  
LA.

(72) Inventor(s):

Uspenskij Ivan Alekseevich (RU),  
Simdjankin Arkadij Anatolevich (RU),  
Jukhin Ivan Aleksandrovich (RU),  
Zhukov Kirill Andreevich (RU),  
Byshov Nikolaj Vladimirovich (RU),  
Borychev Sergej Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Rjazanskij  
gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij  
universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU  
VPO RGATU) (RU)

(54) **DEVICE FOR TRANSPORTING FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS**

(57) Abstract:

FIELD: packaging industry.

SUBSTANCE: device for transporting fruit and vegetable products comprises a container with a lid, made of non-rigid material having damping properties. The inner and outer surfaces of the lid have a honeycomb shape. In the lid the holes are made, in which the rubber bands extend, which end with rings designed for putting on L-shaped pins of the container. The pins are mounted on the side surfaces of the container under the holes of the lid in several horizontal

rows, which enables to strain the bands with the lid closed, throwing the rings from the pins of one row to the other.

EFFECT: invention provides reduction of damage of products, and the adjustable straining of the bands prevents their movement inside the container during transportation both in case of incomplete filling of the container, and depending on the irregularities of the road.

3 dwg

R U 2 5 3 2 8 2 9 C 1

R U 2 5 3 2 8 2 9 C 1

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 532 829 C1

Изобретение относится к пищевым технологиям и может быть использовано при транспортировке плодоовощной продукции в свежем виде.

Известен контейнер, включающий наружное ограждение в виде жестко соединенных рам, к которым прикреплены ограждающие элементы в виде жестких прутьев [1].

5 К недостаткам данного устройства следует отнести большую травмируемость продукции при транспортировке.

Наиболее близким к предлагаемому техническому решению является контейнер для подготовки плодов к транспортировке и хранению, включающий перфорированное наружное ограждение с дном и крышкой [2], в котором наружное ограждение выполнено  
10 в виде усеченной пирамиды, а над дном на съемных штоках с упорами по торцам натянуто съемное бесконечное светоотражающее полотнище, крышка выполнена в виде съемных штырей с фиксаторами, при этом последний выполнен в виде заостренного элемента, соединенного со штырем с помощью оси, а в противоположных стенках ограждения выполнены у нижней и верхней кромок отверстия, при этом отверстия у  
15 нижней кромки выполнены фигурной формы, образованной двумя расположенными одна над другой окружностями разного диаметра, диаметр нижней из которых равен диаметру штока, а диаметр верхней - диаметру упоров, причем съемные штыри выполнены с возможностью размещения в отверстиях у верхней кромки, съемные штоки - в отверстиях у нижней кромки.

20 К недостаткам данного устройства следует отнести повышенную травмируемость продукции при установке и, особенно, фиксации крышки.

Предлагаемое изобретение направлено на снижение травмируемости перевозимого груза. Сущность: снижение травмируемости достигается за счет выполнения крышки контейнера ячеистой формы, при этом размер и форма ячеек соответствуют размеру  
25 и форме перевозимого груза, материал крышки обладает демпфирующими свойствами, например резина, поролон и пр., а механизм крепления с регулируемым натягом позволяет достичь необходимого уплотнения груза, не позволяя ему перемещаться внутри контейнера в процессе перевозки, в том числе одного плода относительно другого.

30 Это достигается тем, что в устройстве для транспортировки плодоовощной продукции, содержащем контейнер, включающий перфорированное наружное ограждение с дном и крышкой, закрепляющейся на контейнере, согласно предлагаемому изобретению крышка выполнена из нежесткого материала, обладающего демпфирующими свойствами, а ее внутренняя и внешняя поверхности имеют ячеистую  
35 форму, при этом крепление крышки осуществляется упругими резиновыми жгутами, проходящими в отверстиях, выполненных в ее теле, и имеющими на концах кольца, надевающиеся на Г-образные штифты, установленные на боковых поверхностях контейнера под отверстиями крышки несколькими горизонтальными рядами, что позволяет осуществлять натяг жгутов при закрытой крышке, перебрасывая кольца  
40 жгутов со штифтов одного ряда на другой.

Такое выполнение устройства обеспечивает снижение травмируемости перевозимого груза за счет его распределения в ячейках крышки и регулируемого нежесткого контакта с ней.

45 Сопоставимый анализ с прототипом показывает, что заявленное устройство стабилизации положения кузова транспортного средства соответствует критерию «новизна», так как имеет существенные отличия от прототипа: крышка выполнена из нежесткого материала, обладающего демпфирующими свойствами; внутренняя и внешняя поверхности крышки имеют ячеистую структуру; механизм крепления

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 532 829 C1

представляет собой упругие резиновые жгуты, проходящие в отверстиях, выполненных в теле крышки, и имеющие на концах кольца, надевающиеся на Г-образные штифты, установленные на боковых поверхностях контейнера под отверстиями крышки несколькими горизонтальными рядами.

5 Технический результат от использования устройства заключается в снижении травмируемости перевозимого груза, например яблок, за счет их распределения в выполненных ячейках крышки, а не по плоскости - как в прототипе. При этом за счет применения нежесткого материала крышки, например поролона или резины, а также упругих резиновых жгутов механизма крепления с регулируемым натягом (в зависимости  
10 от точек крепления штифтов на контейнере) достигается необходимое уплотнение груза, не позволяющее ему перемещаться внутри контейнера в процессе перевозки, в том числе одного плода относительно другого.

На фиг.1 представлен общий вид устройства для транспортировки плодоовощной продукции:

15 1 - контейнер;  
2 - плоды;  
3 - крышка (А - поверхность с крупной ячейкой, Б - поверхность с мелкой ячейкой);  
4 - отверстие;  
5 - резиновые жгуты;  
20 6 - кольца;  
7 - штифты.

На фиг.2 представлен продольный разрез крышки (обозначения те же).

На фиг.3 представлен вид устройства сбоку (обозначения те же).

Устройство состоит (фиг.1) из контейнера 1, заполненного плодоовощной продукцией  
25 2, которая сверху накрывается крышкой 3, имеющей ячеистую форму поверхности: поверхность А предназначена для крупных плодов, поверхность Б - для мелких. В крышке 3 выполнены отверстия 4, внутри которых проходят резиновые жгуты 5, заканчивающиеся кольцами 6, предназначенными для надевания на Г-образные штифты 7 контейнера 1 (фиг.2). Штифты 7 установлены на боковых поверхностях контейнера  
30 1 под отверстиями 4 крышки 3 несколькими горизонтальными рядами друг под другом по всей длине контейнера 1, что позволяет осуществлять натяг жгутов 5 при закрытой крышке 3, перебрасывая кольца 6 со штифтов 7 одного ряда на другой (фиг.3). Регулируемый натяг жгутов 5 позволяет транспортировать плоды 2 как при неполном (на высоту крышки 3) заполнении контейнера 1, так и в зависимости от неровностей  
35 дороги, по которой происходит транспортировка.

Работает устройство следующим образом: в контейнер 1 загружается плодоовощная продукция 2. В зависимости от размера плодов 2 крышка 3 накрывает их стороной А или стороной Б - при крупных плодах используется крупная ячейка (сторона А), при  
40 мелких - сторона Б. За счет нежесткости материала крышки 3, выполненной, например, из вспененной резины, ячейки поверхности А или Б крышки 3 плотно охватывают плоды 2. С одной стороны контейнера 1 кольца 6 жгутов 5, проходящих в отверстиях 4 крышки 3, надеваются на Г-образные штифты 7, закрепленные на наружной поверхности контейнера 1. После чего с противоположной стороны контейнера 1  
кольца 6 жгутов 5 надеваются на Г-образные штифты 7 одного из рядов таким образом,  
45 чтобы обеспечить натяг жгутов 5, предотвращая перемещение плодоовощной продукции 2 внутри контейнера 1 при его транспортировке. При этом при неполном наполнении контейнера 1 (но не более чем на высоту крышки 3) или при плохой дороге натяг жгутов 5 можно увеличивать путем надевания колец 6 на нижестоящий ряд штифтов 7.

Стр.: 4



## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 532 829 C1

Разгрузка обеспечивается в обратном порядке: кольца 6 жгутов 5 снимаются со штифтов 7 с одной из сторон контейнера 1, и крышка 3 снимается или откидывается для разгрузки контейнера 1.

5 По сравнению с прототипом контейнер удобнее в эксплуатации, надежнее и позволяет наилучшим образом реализовать способ транспортировки плодов.

Лабораторные эксперименты, проведенные с имитатором крышки (ячеистая упаковка для яиц), показали высокую сохранность продукции при приложении вибрационной нагрузки, характерной для транспортировки продукции с поля на склад.

Источники информации

10 1. Сельскохозяйственный энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1989, с.234.

2. Патент РФ №4942853/13, А01F 25/00, В65D 85/34. Способ подготовки плодов к транспортировке и хранению и контейнер для его осуществления / Кобозев И.В. - Заявл. 07.06.1991. Оpubл. 30.09.1994.

15

### Формула изобретения

Устройство для транспортировки плодоовощной продукции, содержащее контейнер, включающий перфорированное наружное ограждение с дном и крышкой, закрепляющейся на контейнере, отличающееся тем, что крышка выполнена из  
20 нежесткого материала, обладающего демпфирующими свойствами, а ее внутренняя и внешняя поверхности имеют ячеистую форму, при этом крепление крышки осуществляется упругими резиновыми жгутами, проходящими в отверстиях, выполненных в ее теле, и имеющими на концах кольца, надевающиеся на Г-образные штифты, установленные на боковых поверхностях контейнера под отверстиями крышки  
25 несколькими горизонтальными рядами, что позволяет осуществлять натяг жгутов при закрытой крышке, перебрасывая кольца жгутов со штифтов одного ряда на другой.

30

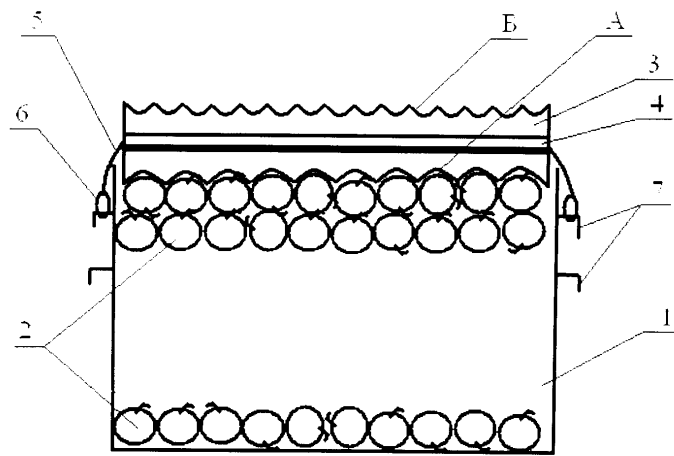
35

40

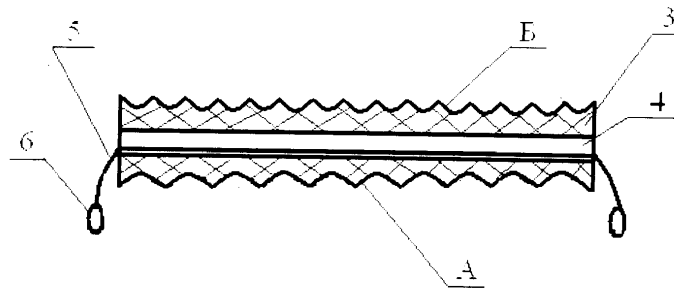
45

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 532 829 C1



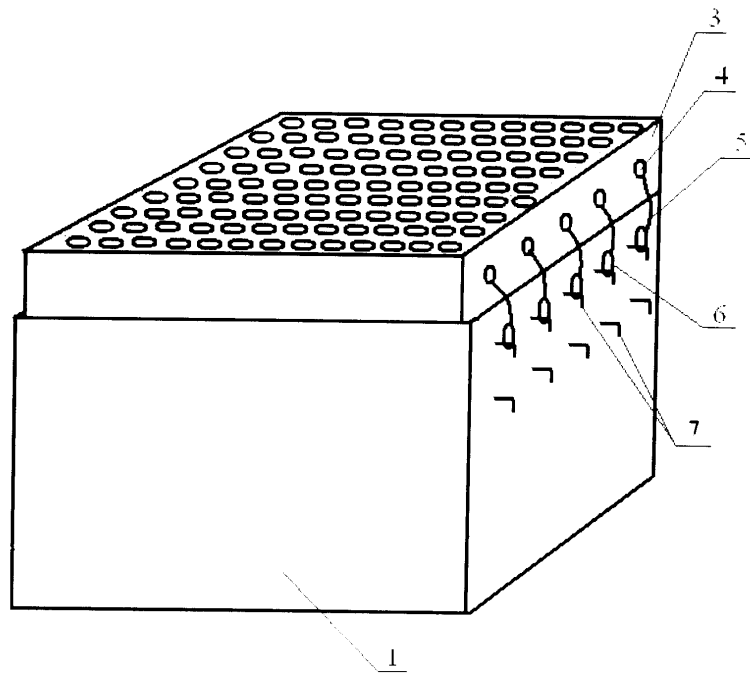
Фиг.1



Фиг.2

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 532 829 C1



Фиг.3

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 161488

**НАВЕСНОЕ ПЕРЕГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ  
САМОСВАЛЬНОГО КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО  
СРЕДСТВА**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015145901

Приоритет полезной модели 26 октября 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 04 апреля 2016 г.

Срок действия патента истекает 26 октября 2025 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

 Г.П. Иванев



Автор(ы): *Филюшин Олег Владимирович (RU), Полункин Андрей Алексеевич (RU), Голиков Алексей Анатольевич (RU), Успенский Иван Алексеевич (RU), Рембалович Георгий Константинович (RU), Юхин Иван Александрович (RU), Бышов Николай Владимирович (RU), Борычев Сергей Николаевич (RU), Кокорев Геннадий Дмитриевич (RU)*

В И 1 6 1 4 8 8 U 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) **RU** (11) **161 488** (13) **U1**(51) МПК  
*B60R 9/00* (2006.01)  
*B60P 1/00* (2006.01)**(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015145901/11, 26.10.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.10.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.10.2015

(45) Опубликовано: 20.04.2016 Бюл. № 11

Адрес для переписки:

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВО  
РГАТУ, Голиков А.А.

(72) Автор(ы):

Филюшин Олег Владимирович (RU),  
Полункин Андрей Алексеевич (RU),  
Голиков Алексей Анатольевич (RU),  
Успенский Иван Алексеевич (RU),  
Рембалович Георгий Константинович (RU),  
Юхин Иван Александрович (RU),  
Бышов Николай Владимирович (RU),  
Борьчев Сергей Николаевич (RU),  
Кокорев Геннадий Дмитриевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

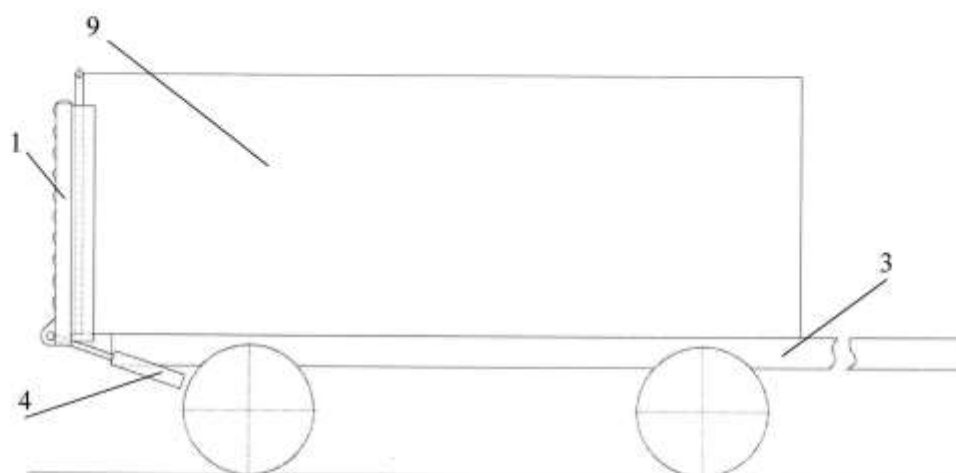
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Рязанский государственный  
агротехнологический университет имени  
П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)(54) НАВЕСНОЕ ПЕРЕГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ САМОСВАЛЬНОГО КУЗОВА  
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**(57) Формула полезной модели**

Навесное перегрузочное устройство для самосвального кузова транспортного средства, содержащее транспортер с приводом, смонтированным рамой на подвеске в задней части кузова с возможностью поворота в вертикальной плоскости, подвеска транспортера включает раму транспортера, раму базовой машины и гидроцилиндр подъема, отличающееся тем, что транспортер выполнен роликовым, ролики снабжены выступами из упругого материала, размещенными продольными рядами по всем их рабочим поверхностям на равном расстоянии друг от друга и имеющими форму усеченного конуса, причем частота вращения каждого последующего ролика выше частоты вращения предыдущего, а по краям роликового транспортера на раме закреплены упругие боковины.

RU 161488 U1

RU 161488 U1

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б



RU 161488 U1

RU 161488 U1

Стр. 2



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2584041

**САМОСВАЛЬНЫЙ КУЗОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ  
ЛЕГКОПОВРЕЖДАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015107218

Приоритет изобретения **02 марта 2015 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **18 апреля 2016 г.**

Срок действия патента истекает **02 марта 2035 г.**



*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Г.П. Ивлиев*



Автор(ы): *Успенский Иван Алексеевич (RU), Симдянкин  
Аркадий Анатольевич (RU), Юхин Иван Александрович (RU),  
Голиков Алексей Анатольевич (RU), Воронкин Николай  
Михайлович (RU)*

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) **RU** (11) **2 584 041** (13) **C1**(51) МПК  
B60P 1/28 (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015107218/11, 02.03.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
02.03.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 02.03.2015

(45) Опубликовано: 20.05.2016 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: UA 24050 A, 31.08.1998. RU 105233 U1,  
10.06.2011. SU 1689150 A1, 07.11.1991. US  
3094359 A1, 18.06.1963.

Адрес для переписки:

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 5, кв. 7,  
Успенский И.А.

(72) Автор(ы):

Успенский Иван Алексеевич (RU),  
Симдянкин Аркадий Анатольевич (RU),  
Юхин Иван Александрович (RU),  
Голиков Алексей Анатольевич (RU),  
Воронкин Николай Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Рязанский  
государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева"  
(ФГБОУ ВПО РГАТУ) (RU)

## (54) САМОСВАЛЬНЫЙ КУЗОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЛЕГКОПОВРЕЖДАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

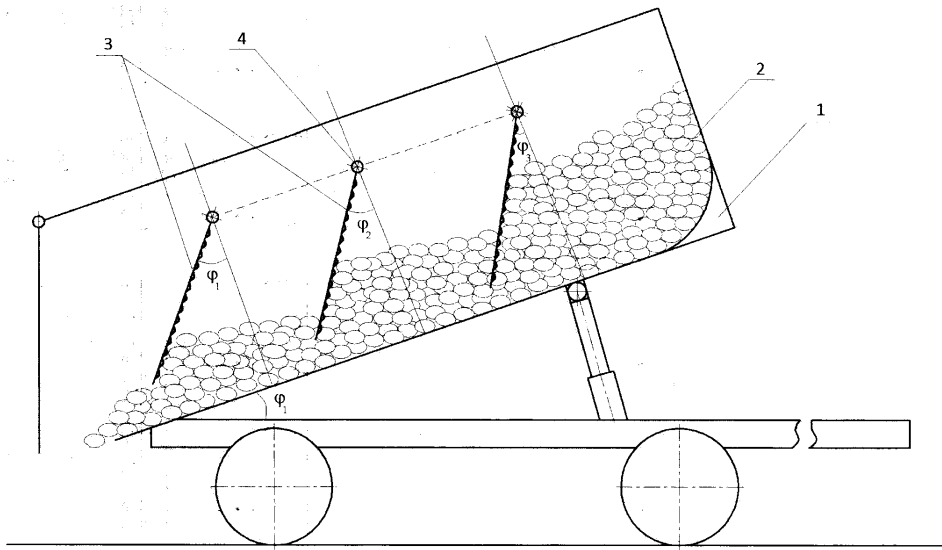
(57) Реферат:

Изобретение относится к самосвальным транспортным средствам для легкоповреждаемой продукции. Кузов (1) транспортного средства содержит перегородки (3), неподвижно закрепленные на свободно вращающихся в отверстиях боковых бортов осях (4). С наружной стороны одного из бортов кузова (1) на осях (4) выполнены консоли, угол наклона которых к вертикальной оси и длина увеличиваются от

заднего борта к переднему. Консоли подвижно соединены со штоком гидроцилиндра, корпус которого неподвижно соединен с тем же боковым бортом кузова (1). На внутренние поверхности кузова (1) и поперечные перегородки (3) нанесены нежесткие противоскользящие покрытия 8. Изобретение сокращает повреждения перевозимой продукции и повышает равномерность ее выгрузки. 4 ил.

RU 2 584 041 C 1

RU 2 584 041 C 1



Фиг.1

RU 2584041 C1

RU 2584041 C1

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 584 041** (13) **C1**

(51) Int. Cl.  
*B60P 1/28* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015107218/11, 02.03.2015

(24) Effective date for property rights:  
02.03.2015

Priority:

(22) Date of filing: 02.03.2015

(45) Date of publication: 20.05.2016 Bull. № 14

Mail address:

390044, g. Rjazan, ul. Kostycheva, 5, kv. 7, Uspenskij  
I.A.

(72) Inventor(s):

Uspenskij Ivan Alekseevich (RU),  
Simdjankin Arkadij Anatolevich (RU),  
Jukhin Ivan Aleksandrovich (RU),  
Golikov Aleksej Anatolevich (RU),  
Voronkin Nikolaj Mikhajlovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
professionalnogo obrazovanija "Rjazanskij  
gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij  
universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU  
VPO RGATU) (RU)

(54) **TIPPING BODY FOR TRANSPORTATION OF EASILY DAMAGED PRODUCTS**

(57) Abstract:

FIELD: transport.

SUBSTANCE: invention relates to dump transport facilities for easy damageable products. Body (1) comprises partition (3), rigidly fixed on freely rotating axes in openings of lateral sides of sideboard (4). On outer side of one of sideboards of body (1) on axes (4) cantilevers are made, which angle of inclination to vertical axis and length increase from rear sideboard to front. Cantilevers are movably connected with hydraulic cylinder rod with its housing rigidly connected with same lateral sideboard of body (1). On inner surface of body (1) and crosswise partitions (3) there are soft anti-slip coatings 8.

EFFECT: invention reduces damage of transported product and improves uniformity of its unloading.

1 cl, 4 dwg

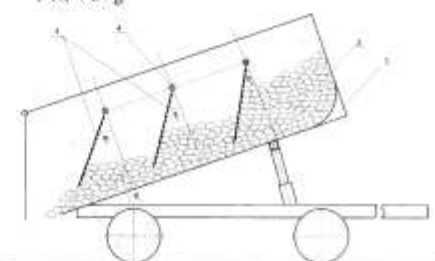


Fig. 1

RU 2 584 041 C 1

RU 2 584 041 C 1

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 584 041 C1

Изобретение относится к транспортным средствам с самосвальными кузовами и может быть использовано для перевозки легкоповреждаемых сельскохозяйственных грузов.

Известен самосвальный кузов транспортного средства [1], содержащий жестко закрепленные на днище передний и задний борта, накопитель продукции, смонтированный в верхней части кузова, откидные боковые борта, поперечные перегородки, жестко смонтированные в кузове, и продольные перегородки, установленные на валы, покрытые амортизирующим материалом, с индивидуальным приводом, смонтированные в одной горизонтальной плоскости в опорах, закрепленных на переднем и заднем бортах на уровне верхних кромок поперечных перегородок, при этом каждая продольная перегородка выполнена из размещенных между поперечными перегородками секций, которые жестко закреплены на валу с возможностью поворота из горизонтального положения вниз в вертикальное положение и фиксации в указанных положениях, а каждая секция образована рамкой, обтянутой амортизирующим материалом. К недостаткам данного изобретения следует отнести как сложность, так и энергоемкость конструкции привода продольных перегородок, что существенно снижает эксплуатационно-технологические характеристики самосвального кузова.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому объекту является кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемых сельскохозяйственных продуктов [2], содержащий шарнирно соединенные с верхними частями боковых бортов поперечные перегородки. В верхних частях боковых бортов закреплены продольные направляющие, в которых установлены с возможностью перемещения шарниры крепления поперечных перегородок, при этом последние последовательно соединены между собой и с передним бортом кузова гибкими связями, причем связь ближайшей к переднему борту поперечной перегородки с передним бортом выполнена упругой. К недостаткам данного изобретения следует отнести неравномерность выгрузки перевозимой продукции.

Предлагаемое изобретение направлено на повышение равномерности выгрузки продукции при снижении сложности конструкции кузова. Сущность: равномерность выгрузки продукции достигается за счет зонирования кузова с поочередным регулируемым открытием секций выгрузки; снижение травматичности отдельных единиц продукции достигается за счет предотвращения их скольжения вдоль стенок кузова и перегородок путем нанесения на стенки нежестких противоскользящих покрытий.

Это достигается тем, что в кузове транспортного средства, содержащем поперечные перегородки, соединенные с верхними частями боковых бортов с возможностью отклонения в вертикальной плоскости, согласно предлагаемому изобретению части осей поперечных перегородок, выходящие за границы одного из боковых бортов кузова, консольно и подвижно соединены со штоком гидроцилиндра, корпус которого жестко закреплен на этом же боковом борту - в одной плоскости с лямой перегородок, при этом угол наклона консолей по вертикали и их длина увеличиваются по мере приближения к переднему борту кузова, а на внутренние стенки кузова, включая боковые борта и перегородки, нанесены нежесткие противоскользящие покрытия.

Сопоставимый анализ с прототипом показывает, что заявленный самосвальный кузов для перевозки легкоповреждаемой продукции соответствует критерию «новизна», так как имеет существенные отличия от прототипа: регулировка открытия и закрытия перегородок осуществляется гидроцилиндром, корпус которого жестко закреплен на верхней части одного из боковых бортов - в одной плоскости с осями поперечных

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 584 041 C1

перегородок, а его шток подвижно соединен с консолями, выполненными на осях перегородок, выходящими за пределы борта кузова; угол наклона консолей по вертикали и их длина увеличиваются по мере приближения к переднему борту кузова; на стенки кузова и перегородки нанесены нежесткие противоскользящие покрытия.

5 Технический результат от использования устройства заключается в повышении сохранности продукции при разгрузке кузова за счет формирования регулируемой порционной выгрузки, а также исключения скольжения продукта по стенкам кузова и перегородок.

10 Указанный технический результат достигается наличием управляемых поперечных перегородок с возможностью фиксации объема выгружаемой продукции, что обеспечивает требуемую равномерность выгружаемого слоя.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 показана схема выгрузки:

1 - кузов;

15 2 - груз;

3 - перегородка;

4 - ось перегородки.

На фиг. 2 приведен вид сверху:

5 - консоль;

20 6 - шток гидроцилиндра;

7 - корпус гидроцилиндра.

На фиг. 3 показан вид А кузова сбоку (со стороны гидроцилиндра):

8 - нежесткое противоскользящее покрытие.

На фиг. 4 - сечение Б-Б кузова (обозначения те же).

25 Устройство содержит кузов 1, наполненный легкоповреждаемым продуктом 2, который равномерно по длине кузова 1 зонирован перегородками 3, неподвижно закрепленными на осях 4, которые свободно вращаются в подшипниках, установленных в отверстиях боковых бортов кузова 1. С наружной стороны одного из бортов кузова 1 на осях 4 выполнены консоли 5, угол наклона  $\alpha$  которых к вертикальной оси и длина 30 1 увеличиваются от заднего борта к переднему ( $l \geq l_2 \geq l_1$  и  $\alpha_3 \geq \alpha_2 \geq \alpha_1$ ). При этом консоли 5 подвижно соединены со штоком 6 гидроцилиндра, корпус 7 которого, находясь в одной плоскости с осями перегородок, неподвижно соединен с тем же боковым бортом кузова 1. На внутренние поверхности кузова 1 и поперечные зонирующие перегородки 3 нанесены нежесткие противоскользящие покрытия 8.

35 Самосвальный кузов работает следующим образом. В начальный момент разгрузки оператор открывает задний борт кузова 1 и начинает постепенно поднимать его вверх. В первую очередь начинает выгружаться та часть продукции 2, которая расположена у заднего борта до первой ближней к нему поперечной перегородки 3. По мере поднятия кузова 1 транспортное средство начинает движение в сторону, противоположную зоне 40 выгрузки продукции 2, а в корпусе гидроцилиндра 7 изменяется давление, что вызывает перемещение его штока 6 в направлении переднего борта кузова 1. Консольно закрепленные на штоке 6 оси 4 перегородок 3 начинают поворачиваться в подшипниках, установленных в бортах кузова 1, и отклоняют перегородки 3 в вертикальной плоскости в сторону зоны выгрузки продукции 2. Поскольку угол наклона  $\alpha$  консолей 5, 45 выполненных на осях 4, в вертикальной плоскости, а также их длина  $l$  уменьшаются по мере приближения к заднему борту кузова 1, то угол отклонения (двух, трех и более) перегородок 3 в вертикальной плоскости при одном и том же положении штока 6 будет различным - первой начнет приоткрываться зона, расположенная ближе к заднему

Стр.: 5

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 584 041 C1

борту кузова. Заданием углов наклона  $\alpha$  и длины  $l$  консолей 5 можно подобрать желаемый угол отклонения  $\varphi$  перегородок 3 в вертикальной плоскости с точки зрения равномерности выгрузки продукции 2.

По мере перемещения штока 6 углы отклонения перегородок 3 в вертикальной плоскости будут увеличиваться, и продукция 2 начнет перемещаться из поднимаемого (или уже поднятого на определенный угол) кузова 1 в зону выгрузки. Так как на внутреннюю поверхность кузова 1 и стенки перегородок 3 нанесено нежесткое противоскользкое покрытие 8, то при выгрузке отдельные части продукции 2 (например, плоды) не будут проскальзывать по отношению к бортам и стенкам перегородок 3 и, тем самым, не будут травмировать свою внешнюю оболочку, способствуя повышению сохранности. То есть возможен только процесс скольжения плодов продукции 2 друг относительно друга и качение плодов относительно внутренних стенок кузова 1 и перегородок 2.

Комбинация движения штока 6 гидроцилиндра, подъема кузова и движения транспортного средства позволит обеспечить практически любую равномерность слоя выгружаемой продукции 2 из кузова 1, полностью исключая ее сгуживание.

При опускании кузова 1 шток 6 гидроцилиндра возвращается в исходное положение, поворачивает консоли 5, выполненные на осях 4, и перегородки 3 занимают вертикальное положение, обеспечивая зонирование кузова 1. После чего оператор закрывает задний борт кузова 1, и транспортное средство готово для погрузки следующей партии продукции 2.

Предлагаемое схемно-конструктивное решение транспортного средства по сравнению с базовым, принятым за прототип, позволяет снизить повреждение продукции и улучшает его эксплуатационно-технологические характеристики.

Описанный самосвальный кузов конструктивно прост, обладает малой энергоемкостью и надежен в работе.

Источники информации

1. А.с. №1498649, опублик. 07.08.89, кл. В60Р 1/28.

2. А.с. №1298107, опублик. 23.03.87, кл. В60Р 1/28.

30

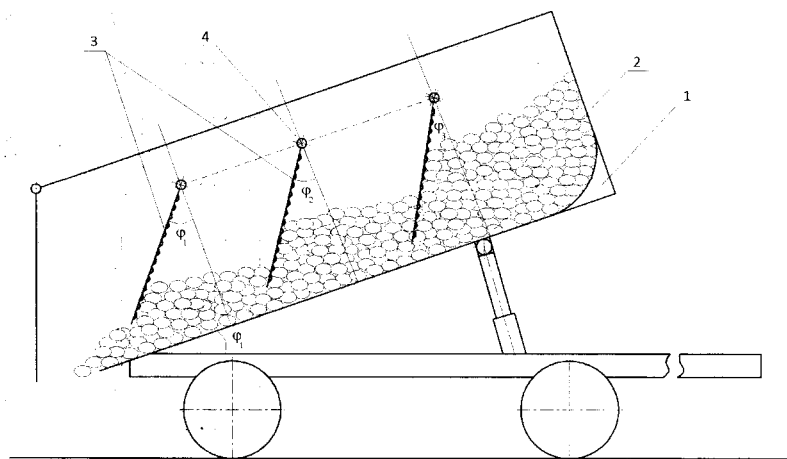
### Формула изобретения

Кузов транспортного средства, содержащий поперечные перегородки, соединенные с верхними частями боковых бортов с возможностью отклонения в вертикальной плоскости, отличающийся тем, что перегородки неподвижно закреплены на вращающихся в отверстиях боковых бортов кузова осях, которые с наружной стороны одного из боковых бортов выполнены с консолями, угол наклона которых к вертикальной оси и длина увеличиваются от заднего борта к переднему, при этом консоли подвижно соединены со штоком гидроцилиндра, корпус которого жестко закреплен на этом же боковом борту, а на внутренние стенки кузова, включая боковые борта и перегородки, нанесены нежесткие противоскользкие покрытия.

40

45

RU 2 584 041 C1

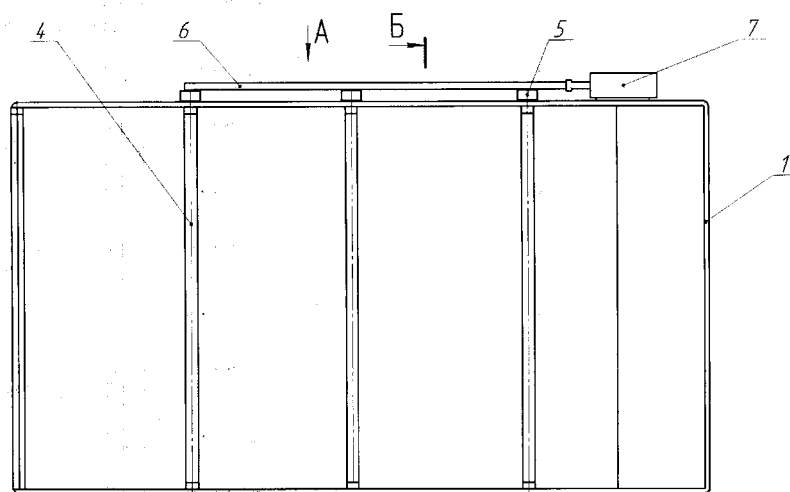


Фиг.1



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

RU 2 584 041 C1

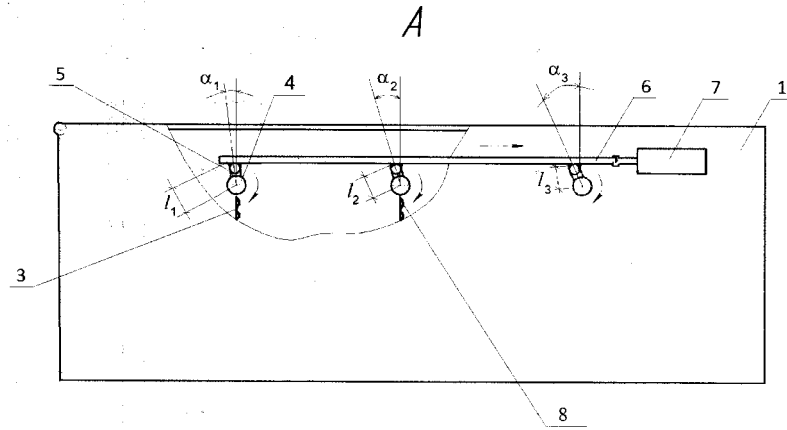


Б

Фиг.2

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

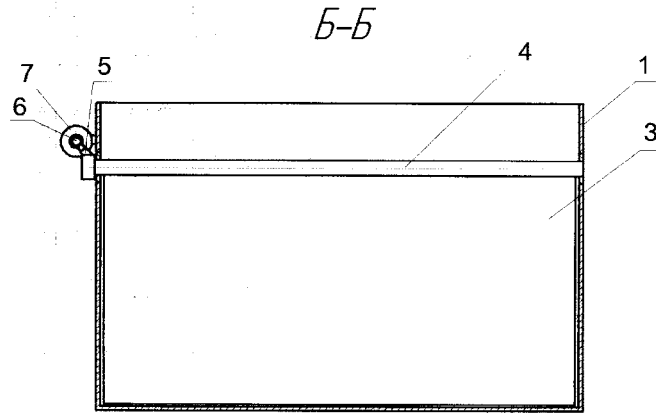
RU 2 584 041 C1



Фиг.3

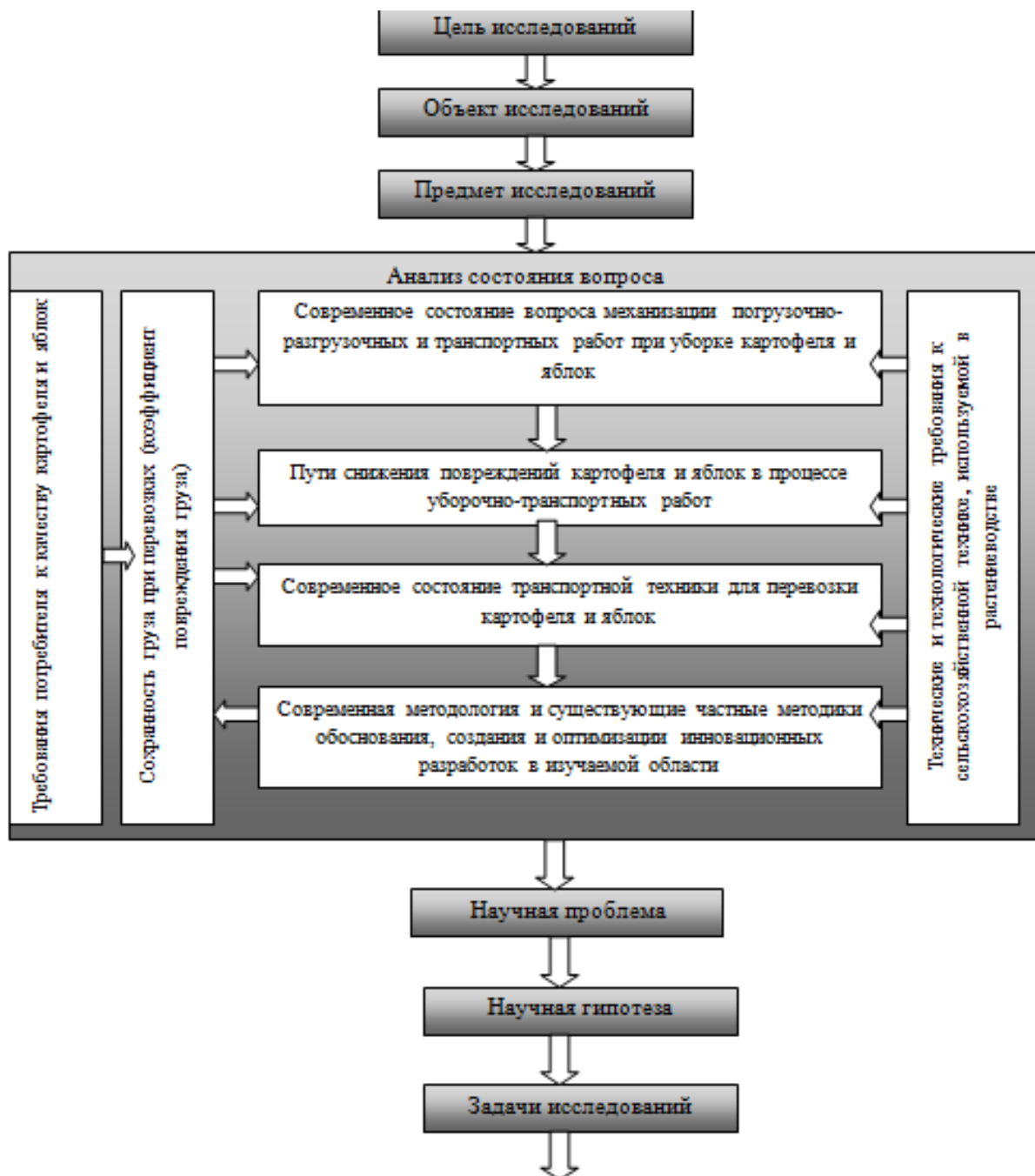
ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

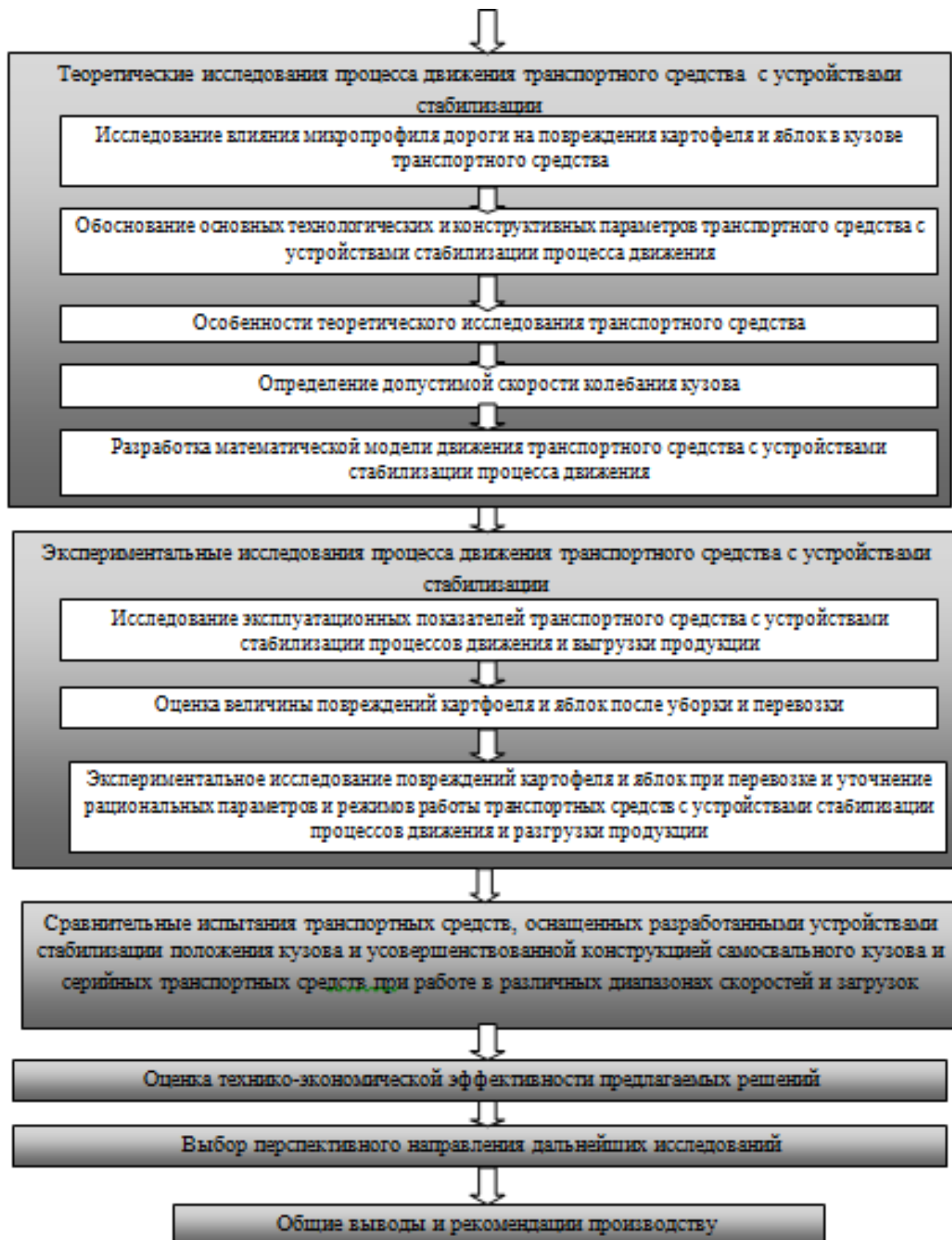
RU 2 584 041 C1



Фиг.4

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
МЕТОДОЛОГИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ





ПРИЛОЖЕНИЕ Г

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по научной работе  
Л.Н. Лазуткина  
20 15 г.

АКТ

**о внедрении законченной научно-исследовательской,  
опытно-конструкторской и технологической работы**

Мы, нижеподписавшиеся, представитель федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» в лице научного консультанта научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы

д.т.н., профессора Успенского Ивана Алексеевича

и представитель ООО «Каширинское» Александровского района  
(наименование организации, предприятия)  
Рязанской области

в лице генерального директора Мещерякова Вячеслава Анатольевича

составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы на тему: «Снижение повреждений картофеля и яблок на внутрихозяйственных перевозках стабилизацией транспортных средств»

выполненной кафедрой (лабораторией): Техническая эксплуатация транспорта

ФГБОУ ВО РГАТУ в 2011...2015 годах внедрены на ООО «Каширинское»  
(предприятие, организация)

Александровского района Рязанской области

путем сравнительных полевых испытаний серийного транспортного агрегата 2ПТС-4 и транспортного агрегата 2ПТС-4 с устройством стабилизации положения кузова,

(указать, каким образом внедрена работа)

базовыми элементами которого является разработанная группа комбинированных упругих элементов различной жесткости (патент на полезную модель №81152 опубл. 10.03.2009 Бюл. №7)



## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Г

Внедрение результатов исследований дало возможность предприятию (организации) получить следующий технико-экономический эффект:

1. Снижение величины повреждений яблок сорта Пепин шафранный, Антоновка обыкновенная и др. по сравнению с серийным транспортным агрегатом 2 ПТС-4 в 1,1...1,21 раза при этом средняя величина повреждений яблок при работе на различных режимах составляла:

-для серийного транспортного агрегата – 5,65 %;

- для транспортного агрегата с устройством стабилизации положения кузова – 4,78%;

2. Повышение производительности транспортного процесса – 10%.

3. Технико-экономический эффект от использования усовершенствованного транспортного агрегата 2ПТС-4 составил за период с 2011 по 2015 годы 174 115 рублей в ценах 2015 года при среднем годовом объеме перевозок яблок в контейнерах 460 тонн при средней урожайности яблок 11,5 т/га

Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению: \_\_\_\_\_

1. Совместно с кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО РГАТУ продолжить исследование и модернизацию транспортных средств для небольших садоводческих хозяйств, для которых садоводство не является единственным видом хозяйственной деятельности с целью снижения повреждений продукции при выполнении транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в сельском хозяйстве, повышении устойчивости машинно-тракторных агрегатов и плавности их хода.
2. Признать транспортный агрегат 2ПТС-4 с устройством стабилизации положения кузова, базовыми элементами которых является разработанная группа комбинированных упругих элементов различной жесткости целесообразным и экономически обоснованным

В научно-исследовательской работе принимали участие:

канд. техн. наук Юхин И.А. Юхин

аспирант Жуков К.А. Жуков

аспирант Попов А.С. Попов

аспирант Ахмедов Р.К. Ахмедов

Представитель ФГБОУ ВО РГАТУ,  
научный консультант работы

д.т.н., профессор

И.А. Успенский

М.П. «15» 12 2015 г.

Генеральный директор ООО  
«Каширинское» Александро-  
Невский район Рязанской области  
п. Каширин

Мещеряков В.А. Мещеряков

«Каширинское» (подпись)

М.П. «15» 12 2015 г.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Г

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по научной работе  
Л.Н. Лазуткина  
« 15 » / 20 15 г.

АКТ

### о внедрении законченной научно-исследовательской, опытно-конструкторской и технологической работы

Мы, нижеподписавшиеся, представитель федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» в лице научного консультанта научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы

д.т.н., профессора Успенского Ивана Алексеевича  
и представитель ООО «Каширинское» Александровского района  
(наименование организации, предприятия)

Рязанской области  
в лице генерального директора Мещерякова Вячеслава Анатольевича

составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы на тему: «Снижение повреждений картофеля и яблок на внутрихозяйственных перевозках стабилизацией транспортных средств»

выполненной кафедрой (лабораторией): Техническая эксплуатация транспорта

ФГБОУ ВО РГАТУ в 2011...2015 годах внедрены на ООО «Каширинское»  
(предприятие, организация)

Александровского района Рязанской области  
путем сравнительных полевых испытаний серийного транспортного агрегата 2ПТС-4 и транспортного агрегата 2ПТС-4 с устройством стабилизации положения кузова,  
(указать, каким образом внедрена работа)

базовыми элементами которого является разработанная группа комбинированных упругих элементов различной жесткости (патент на полезную модель №81152 опубл. 10.03.2009 Бюл. №7); с усовершенствованным самосвальным кузовом для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции с подвижными поперечными перегородками, расположенными на не равном расстоянии от днища кузова и закрепленными с возможностью поворота на заданный угол (патент на полезную модель №105233 опубл. 10.06.2011 Бюл. №16)



## ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Г

Внедрение результатов исследований дало возможность предприятию (организации) получить следующий технико-экономический эффект:

1. Снижение величины повреждений картофеля сорта «Рэд Скарлет» и др. по сравнению с серийным транспортным агрегатом 2 ПТС-4 в 1,1...1,21 раза при этом средняя величина повреждений картофеля при работе на различных режимах составляла:

-для серийного транспортного агрегата – 4,73 %;

- для транспортного агрегата с устройствами стабилизации процессов движения и разгрузки продукции - 3,81%;

2. Повышение производительности транспортного процесса – 9%.

3. Техничко-экономический эффект от использования усовершенствованного транспортного агрегата 2ПТС-4 составил за период с 2011 по 2015 годы 137 930 рублей в ценах 2015 года при среднем годовом объеме перевозок картофеля навалом 639 тонн при средней урожайности картофеля 21,3 т/га

Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению: \_\_\_\_\_

1. Совместно с кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО РГАТУ продолжить исследование и модернизацию транспортных средств для небольших садоводческих хозяйств, для которых садоводство не является единственным видом хозяйственной деятельности с целью снижения повреждений продукции при выполнении транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в сельском хозяйстве, повышении устойчивости машинно-тракторных агрегатов и плавности их хода.
2. Признать транспортный агрегат 2ПТС-4 с разработанными устройствами стабилизации процессов движения и разгрузки продукции целесообразным и экономически обоснованным

В научно-исследовательской работе принимали участие:

канд. техн. наук Юдов И.А. Юхин

аспирант Жуков К.А. Жуков


аспирант Попов А.С. Попов

аспирант Ахмедов Р.К. Ахмедов

Представитель ФГБОУ ВО РГАТУ,  
научный консультант работы  
\_\_\_\_\_ д.т.н., профессор

  
И.А. Успенский  
(подпись)  
М.П. «15» 12 2015 г.

Генеральный директор ООО  
«Каширинское» Александро-  
Невский район Рязанской области  
п. Каширин

  
В.А. Мещеряков  
(подпись)  
М.П. «15» 12 2015 г.

<p><b>S.A. B.P.S.P.</b>          SOCIETATEA PE ACȚIUNI          BIROUL PRINCIPAL SPECIALIZAT          DE PROIECTĂRI ÎN DOMENIUL COMPLEXILOR DE MAȘINI          PENTRU MECANIZAREA LUCRĂRILOR ÎN LIVEZI, VIL, PERENBERE          ȘI PLANTĂȚI DE ARBUȘTI FRUCTIFERE          Fondată în 1959</p>		<p><b>АО ГСКБ</b>          АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО          ГОЛОВНОЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ          КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ПО КОМПЛЕКСАМ МАШИН          ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ В САДАХ, ВИНОВАРНИКАХ,          ПИТОМНИКАХ И ЯГОДНИКАХ          Основана в 1959</p>
<p>Str. Uzinelor, 21, Chișinău, MD-2036, R.Moldova          Tel: (3732) 88-01-70; 88-01-71; 88-01-72          Fax: (3732) 47-14-92, E-mail: <a href="mailto:bp@bpbk.md">bp@bpbk.md</a>          CN 2251504016945 DC „Moldova Agroindbank” SA          Bileta M. Costin, or. Chișinău, c/b 280101710          C/1003600048853</p>	<p>Ул. Узинелор, 21, г. Кишинев, MD-2036, Молдова          Тел: (3732) 88-01-70; 88-01-71; 88-01-72          Факс: (3732) 47-14-92, E-mail: <a href="mailto:bp@bpbk.md">bp@bpbk.md</a>          Р/с 2251504016945 КБ „Молдова Агриндбанк” АО          филиал М.Костин, г. Кишинев, МФО 280101710          Ф/в 1003600048853</p>	

*N 355 of 13.05.2013*

### СПРАВКА

Выдана соискателю ученой степени доктора технических наук федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Юхину Ивану Александровичу в том, что результаты его исследований по снижению повреждений картофеля и яблок на внутрихозяйственных перевозках стабилизацией транспортных средств, включающие разработанные научно-обоснованные технические решения транспортных средств с устройствами стабилизации процессов движения и разгрузки перевозимой продукции (устройство стабилизации положения кузова, устройство для автоматического фиксирования прицепа при движении задним ходом, навесное перегрузочное устройство для автомобилей и конструкция самосвального кузова транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции) приняты акционерным обществом «Главное специализированное конструкторское бюро по комплексам машин для механизации работ в садах, виноградниках, питомниках и ягодниках» (АО ГСКБ, г. Кишинев, Республика Молдова) и будут использованы при разработке модернизированных транспортных средств для АПК.

Директор АО ГСКБ



Н.К. Павленко

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
САДОВОДСТВА И ПИТОМНИКОВОДСТВА»  
(ФГБНУ ВСТИСП)**

ИНН 7724074190/КПП 772401001, ОКПО 00669039  
115598, Москва, ул. Загорьевская, 4, тел. 8(495) 329-51-66, факс 8(495) 329-31-66  
E-mail: [vstisp@vstisp.org](mailto:vstisp@vstisp.org) Web-site: [www.vstisp.org](http://www.vstisp.org)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 года № \_\_\_\_\_ На № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 года

**СПРАВКА**

Выдана соискателю ученой степени доктора технических наук федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Юхину Ивану Александровичу в том, что результаты его исследований по повышению производительности перевозок и сохранению качества плодоовощной продукции при доставке с поля к местам хранения путем создания универсальных транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок, включающие разработанные инновационные технические решения (устройства стабилизации положения кузова, устройство для транспортировки плодоовощной продукции, усовершенствованные устройство фиксации прицепного звена и конструкция самосвального кузова для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции, а так же навесное перегрузочное устройство) приняты Сектором механизации трудоёмких процессов в садоводстве Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (РФ, г. Москва) и будут использованы при разработке универсальных транспортных средств.

Зав. директором по науке  
ФГБНУ ВСТИСП, к.с.-х.н.



*Л.А. Марченко*

Л.А. Марченко

Заведующий сектором механизации  
трудоёмких процессов в садоводстве  
ФГБНУ ВСТИСП, к.т.н.

*Г.И. Кадыкало*

Г.И. Кадыкало

24 августа 2015 г.



## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Е

**Методический совет федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева»**

### **ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 2**

«26» 09 2016 года

г. Рязань

Председатель Методического совета, профессор Борычева С.Н.  
Секретарь Методического совета Стишкова Е.В.  
Присутствует на заседании Методического совета 34 из 38 члена  
Методического совета.

#### **СЛУШАЛИ:**

Доцента кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» Юхина И.А.  
автора рекомендаций по снижению повреждений плодов в процессе  
транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в АПК (на примере яблок и  
картофеля).


#### **ПОСТАНОВИЛИ:**

Внедрить в образовательный процесс в качестве методического  
материала для подготовки выпускных квалификационных работ бакалавров,  
магистров и специалистов направлений подготовки 35.03.06 Агроинженерия  
(уровень бакалавриата) и 35.04.06 Агроинженерия (уровень магистратуры),  
специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства  
рекомендации по снижению повреждений плодов в процессе транспортных и  
погрузочно-разгрузочных работ в АПК (на примере яблок и картофеля)  
автора Юхина И.А.

Голосовали единогласно.

Председатель Методического совета

Секретарь Методического совета

 С.Н. Борычев

 Е.В. Стишкова



**ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА  
РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

ул. Есенина, д.9, Рязань, 390006. Тел. (4912) 93-91-89, факс: (4912) 21-06-69  
e-mail: [mshp@ryazagro.ru](mailto:mshp@ryazagro.ru) [http:// www.ryazagro.ru](http://www.ryazagro.ru)

*14-10.2016* № *СР/15-4383*

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

В федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Рязанский государственный  
агротехнологический университет  
имени П.А Костычева»  
(ФГБОУ ВО РГАТУ),

доценту кафедры технической  
эксплуатации транспорта  
к.т.н., доценту

**И.А. Юхину**

**Уважаемый Иван Александрович !**

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области рассмотрело рекомендации по снижению повреждений плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в АПК (на примере яблок и картофеля), созданные в ФГБОУ ВО РГАТУ.

В условиях реализации приоритетного национального проекта развития АПК и вступления России в ВТО автором рекомендаций выбрана весьма актуальная тема работы. Снижение повреждений плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ, особенно в небольших садоводческих хозяйствах, для которых садоводство не является единственным видом хозяйственной деятельности, актуально и жизненно важно как для сельскохозяйственных товаропроизводителей и потребителей продукции отечественного АПК, так и для продовольственной безопасности России в целом.

В соответствии с поставленной целью автору удалось решить следующие задачи:

-проанализировать научно-производственный опыт транспортирования картофеля и яблок, существующие методы стабилизации процессов движения и разгрузки транспортных средств;

-установить возможность снижения повреждений картофеля и яблок при повышении производительности внутрихозяйственных перевозок;

-разработать и внедрить устройство стабилизации положения кузова тракторно-транспортного агрегата и усовершенствованный самосвальный



## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Е

кузов для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции для стабилизации процессов движения и оптимизации технологического процесса разгрузки применительно к конкретным эксплуатационным условиям хозяйств Рязанской области;

-дать оценку технико-экономической эффективности применения тракторно-транспортных агрегатов с устройствами их стабилизации при движении и разгрузке картофеля и яблок на внутрихозяйственных перевозках в сравнении с серийными аналогами и рекомендации производству;


-выявить перспективные направления научных исследований, направленных на дальнейшую модернизацию транспортных средств для АПК.

На основе проведенных исследований представлены практические рекомендации по внедрению в сельскохозяйственное производство научно-обоснованных технических решений транспортных средств с устройствами стабилизации процессов движения и разгрузки перевозимой продукции.

Основные положения и результаты работы представляют значительный практический и научный интерес для АПК, в том числе 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 транспортного средства (патент на полезную модель РФ № 161488); тягово-сцепное устройство с пневмокомпенсатором колебаний (патент на полезную модель № 154410); устройство стабилизации кузова транспортного средства (патент на изобретение № 2519304); устройство для автоматического фиксирования прицепа при движении задним ходом (патент на полезную модель № 96547); устройство, способствующее снижению повреждений при транспортировке плодоовощной продукции в контейнерах в свежем виде от места сбора (патент на изобретение № 2532829) и самосвальный кузов для перевозки легкоповреждаемой продукции (патент на изобретение РФ № 2584041).

Вышеуказанные технические и технологические решения рекомендуются к внедрению в хозяйствах АПК Российской Федерации, а также на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения. Теоретические основы и результаты исследований по стабилизации процессов движения и оптимизации технологического процесса разгрузки рекомендуются к использованию научно-исследовательскими институтами, проектными организациями и конструкторскими бюро, а также к внедрению в учебном процессе образовательных учреждений, подведомственных Минсельхозу России.

  
**Заместитель Председателя  
Правительства Рязанской области**

 С.А. Дудукин

О.В. Колова  
(4912) 21-05-92

В федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Рязанский государственный  
агротехнологический университет  
имени П.А Костычева»  
(ФГБОУ ВО РГАТУ),

доценту кафедры «Техническая  
эксплуатация транспорта»  
к.т.н., доценту И.А. Юхину

Уважаемый Иван Александрович!

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный аграрный университет» рассмотрело рекомендации по снижению повреждений плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в АПК (на примере яблок и картофеля), созданные в ФГБОУ ВО РГАТУ.

Кандидатом технических наук, доцентом Юхиным И.А. - автором рекомендаций разработана актуальная тема. Уменьшения повреждения плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ, актуальны и жизненно важны как для сельскохозяйственных товаропроизводителей и потребителей продукции отечественного АПК.

Автором проведенных исследований: установлена возможность снижения повреждений картофеля и яблок при повышении производительности внутрихозяйственных перевозок; разработаны и внедрены устройство стабилизации положения кузова тракторно-транспортного агрегата и усовершенствованный самосвальный кузов для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции для стабилизации процессов движения и технологического процесса разгрузки применительно к конкретным эксплуатационным условиям хозяйств Рязанской области; выявлены перспективные направления научных исследований, направленных на дальнейшую модернизацию транспортных средств для АПК.

Положения и результаты работы представляют определенный практический и научный интерес для АПК страны и ВУЗов, подведомственных Министерству сельского хозяйства Российской Федерации.

Рекомендации одобрены методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный аграрный университет» и внедрены в учебный процесс.

Ректор ФГБОУ ВО Брянский ГАУ  
доктор с.-х. наук, профессор



Белоус Николай Максимович



## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Е

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕНЗЕНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»  
(ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА)

Пензенская область, 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30  
Телефон: (841-2) 62-83-59  
Факс: (841-2) 62-83-54  
Электронная почта: sba\_penza@mail.ru  
Сайт: <http://psgha.penza.net>

27.10.2016 № 181/01-08



Ministry of Agriculture of the Russian Federation

Federal State Budgetary Educational Institution  
of Higher Education  
«PENZA STATE  
AGRICULTURAL ACADEMY»  
(FSBEI HE Penza SAA)

30, Botanicheskaya st., Penza, 440014, Penza region  
Tel: (841-2) 62-83-59  
Fax: (841-2) 62-83-54  
E-mail: sba\_penza@mail.ru  
<http://psgha.penza.net>

В федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Рязанский государственный  
агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева»  
(ФГБОУ ВО РГАТУ),

доценту кафедры «Техническая  
эксплуатация транспорта»  
к.т.н., доценту И.А. Юхину

Уважаемый Иван Александрович!

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия» рассмотрело рекомендации по снижению повреждений плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в АПК (на примере яблок и картофеля), созданные в ФГБОУ ВО РГАТУ.

Роль транспорта в сельскохозяйственном производстве трудно переоценить. Он является связующим звеном в единой технологической цепи АПК. Развитие сельскохозяйственного производства неизбежно влечет за собой увеличение объема перевозок и грузооборота. Поэтому создание новых научно-обоснованных решений в конструкциях ТС для внутрихозяйственных перевозок, повышающих сохранность и производительность уборки картофеля и яблок в условиях АПК России, актуально и жизненно важно как для сельскохозяйственных товаропроизводителей и потребителей продукции отечественного АПК, так и для продовольственной безопасности России в целом.

Из проведенных исследований автора следует отметить теоретические основы и результаты экспериментов по стабилизации процессов движения и технологического процесса разгрузки плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в АПК, в том числе для садоводческих хозяйств.

Результаты и положения работы представляют большой практический и научный интерес для АПК страны и ВУЗов, подведомственных Министерству сельского хозяйства Российской Федерации.

Настоящие рекомендации одобрены методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия» и внедрены в учебный процесс.

Ректор ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА  
доктор техн. наук, профессор

Кухарев Олег Николаевич



В федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Рязанский государственный  
агротехнологический университет  
имени П.А Костычева»  
(ФГБОУ ВО РГАТУ),

доценту кафедры технической  
эксплуатации транспорта  
к.т.н., доценту И.А. Юхину

Уважаемый Иван Александрович!

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия» рассмотрело рекомендации по снижению повреждений плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в АПК (на примере яблок и картофеля), созданные в ФГБОУ ВО РГАТУ.

В условиях реализации приоритетного национального проекта развития АПК и вступления России в ВТО автором рекомендаций выбрана весьма актуальная тема диссертационного исследования. Снижение повреждений плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ, особенно в небольших садоводческих хозяйствах, для которых садоводство не является единственным видом хозяйственной деятельности, актуально и жизненно важно как для них самих, так и для потребителей продукции отечественного АПК, как впрочем, и для продовольственной безопасности России в целом.

В проведенных исследованиях автором разработаны рекомендации по внедрению в сельскохозяйственное производство научно-обоснованных технических решений по оснащению транспортных средств устройствами стабилизации процессов движения и разгрузки перевозимой продукции.

Основные научные положения и результаты работы представляют значительный практический и научный интерес для АПК страны в целом, так и для ВУЗов, учредителем которых является Министерство сельского хозяйства Российской Федерации.

Рекомендации одобрены и предложены для внедрения в учебный процесс вуза методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия».

Ректор ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

доктор военных наук, профессор



Балаян Олег Рубенович



**Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации**

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования

**«МИЧУРИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ)**

ул. Интернациональная, 101  
г. Мичуринск, Тамбовская обл., 393760  
тел. (47545) 5-31-37; факс (47545) 5-26-35;  
E-mail: [info@mgau.ru](mailto:info@mgau.ru)  
ОГРН 1026801063508  
ИНН 6827002894, КПП 682701001

№ \_\_\_\_\_  
На \_\_\_\_\_ № 13/1719 от 20.10.2016

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Рязанский государственный  
агротехнологический университет  
имени П.А Костычева»  
(ФГБОУ ВО РГАТУ),  
доценту кафедры «Техническая  
эксплуатация транспорта»  
к.т.н., доценту И.А. ЮХИНУ

Уважаемый ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ!

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет» рассмотрело рекомендации по снижению повреждений плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в АПК (на примере яблок и картофеля), созданные в ФГБОУ ВО РГАТУ.

В условиях реализации приоритетного национального проекта развития АПК и вступления России в ВТО автором рекомендаций выбрана весьма актуальная тема работы. Снижение повреждений плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ, особенно в небольших садоводческих хозяйствах, для которых садоводство не является единственным видом хозяйственной деятельности, актуально и жизненно важно как для сельскохозяйственных товаропроизводителей и потребителей продукции отечественного АПК, так и для продовольственной безопасности России в целом.

На основе проведенных исследований автором представлены рекомендации по внедрению в сельскохозяйственное производство научно-обоснованных технических решений транспортных средств с устройствами стабилизации процессов движения и разгрузки перевозимой продукции.

Основные положения и результаты работы представляют значительный практический и научный интерес для АПК страны и ВУЗов, подведомственных Министерству сельского хозяйства Российской Федерации.

Данные рекомендации одобрены методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет» и внедрены в учебный процесс.

Ректор ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ  
доктор с.-х. наук, профессор

К.Н. Лобанов  
8(47545)9 45 02

В.А. БАБУШКИН





МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
 УЧРЕЖДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «МОРДОВСКИЙ ИНСТИТУТ ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ АГРОБИЗНЕСА»

Адрес: 430904, Республика Мордовия,  
 г. Саранск, р.п. Ялга, ул. Пионерская, 33

факс: (8-8342) 25-37-40  
 ☎ 25-37-40; 25-37-35  
 e-mail: ipka-rm@mail.ru

В федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ), доценту кафедры технической эксплуатации транспорта к.т.н., доценту И.А. Юхину

**СПРАВКА** о внедрении

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Мордовский институт переподготовки кадров агробизнеса» рассмотрело рекомендации по снижению повреждений плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в АПК (на примере яблок и картофеля), созданные в ФГБОУ ВО РГАТУ.

При реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы, с учетом обеспечения продовольственной безопасности России в связи с санкциями западных стран, которые отразились на овощном рынке, автором рекомендаций выбрана весьма актуальная тема исследований. Снижение повреждений плодов в процессе транспортных и погрузочно-разгрузочных работ весьма перспективно, как в небольших садоводческих хозяйствах, для которых садоводство не является единственным видом хозяйственной деятельности, так и в малых, средних фермерских и крупных садоводческих хозяйствах.

Автором проведены исследования, включающие научно-обоснованные и широко апробированные рекомендации по внедрению в сельскохозяйственное производство технических решений по применению устройств стабилизации процессов движения и разгрузки перевозимой продукции на транспортных средствах.

Основные положения и результаты работы представляют несомненный практический и научный интерес для овощеводческих, садоводческих хозяйств, научных организаций работающих в этой сфере, послужат методическим пособием при подготовке и переподготовке специалистов АПК в ВУЗах, учреждениях дополнительного профессионального образования подведомственных Министерству сельского хозяйства Российской Федерации.

Рекомендации одобрены методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Мордовский институт переподготовки кадров агробизнеса» и внедрены в учебный процесс.

Ректор ФГБОУ ДПО МИПКА  
 доктор техн. наук, профессор



Чаткин М.Н.

## ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Е

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
САДОВОДСТВА И ПИТОМНИКОВОДСТВА»  
(ФГБНУ ВСТИСП)**

ИНН 7724074190/КПП 772401001, ОКПО 00669039  
115598, Москва, ул. Загорьевская, 4, тел. 8(495) 329-51-66, факс 8(495) 329-31-66  
E-mail: [vstisp@vstisp.org](mailto:vstisp@vstisp.org) Web-site: [www.vstisp.org](http://www.vstisp.org)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 года № \_\_\_\_\_ На №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 года

### СПРАВКА

Выдана соискателю ученой степени доктора технических наук федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» Юхину Ивану Александровичу в том, что результаты его законченной научно-квалификационной работы на тему «Повышение эффективности перевозок плодоовощной продукции на селе универсальными транспортными средствами» заслушаны и обсуждены на научно-практической конференции «Совершенствование технологий размножения и производства плодовых культур», посвящённая 85-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора Романа Петровича Кудрявца в рамках VI Международного форума «Дни сада в Бирюлеве», проходившем с 20 по 22 августа 2015 г. в Научно-информационном центре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (г. Москва) и рекомендуются к внедрению в небольшие садоводческие хозяйства и сельскохозяйственные предприятия, для которых садоводство не является единственным видом хозяйственной деятельности.

Зав. директора по науке  
ФГБНУ ВСТИСП, к.с.-х.н.



*Л.А. Марченко* Л.А. Марченко

Заведующий сектором механизации  
трудоемких процессов в садоводстве  
ФГБНУ ВСТИСП, к.т.н.

*Г.И. Кадыкало*

Г.И. Кадыкало

24 августа 2015 г.



XVIII Московский международный  
Салон изобретений и инновационных технологий



«АРХИМЕД-2015»

*ДИПЛОМ*

Решением Международного Жюри  
награждается

**СЕРЕБРЯНОЙ МЕДАЛЬЮ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего профессионального  
образования «Рязанский государственный  
агротехнологический университет имени П.А.Костычева»,  
г. Рязань

за разработку «Устройство для транспортировки  
плодоовощной продукции»

Председатель  
Международного Жюри,  
Президент Всероссийского  
общества изобретателей  
и рационализаторов

Ю. П. Димоненко

Президент Салона

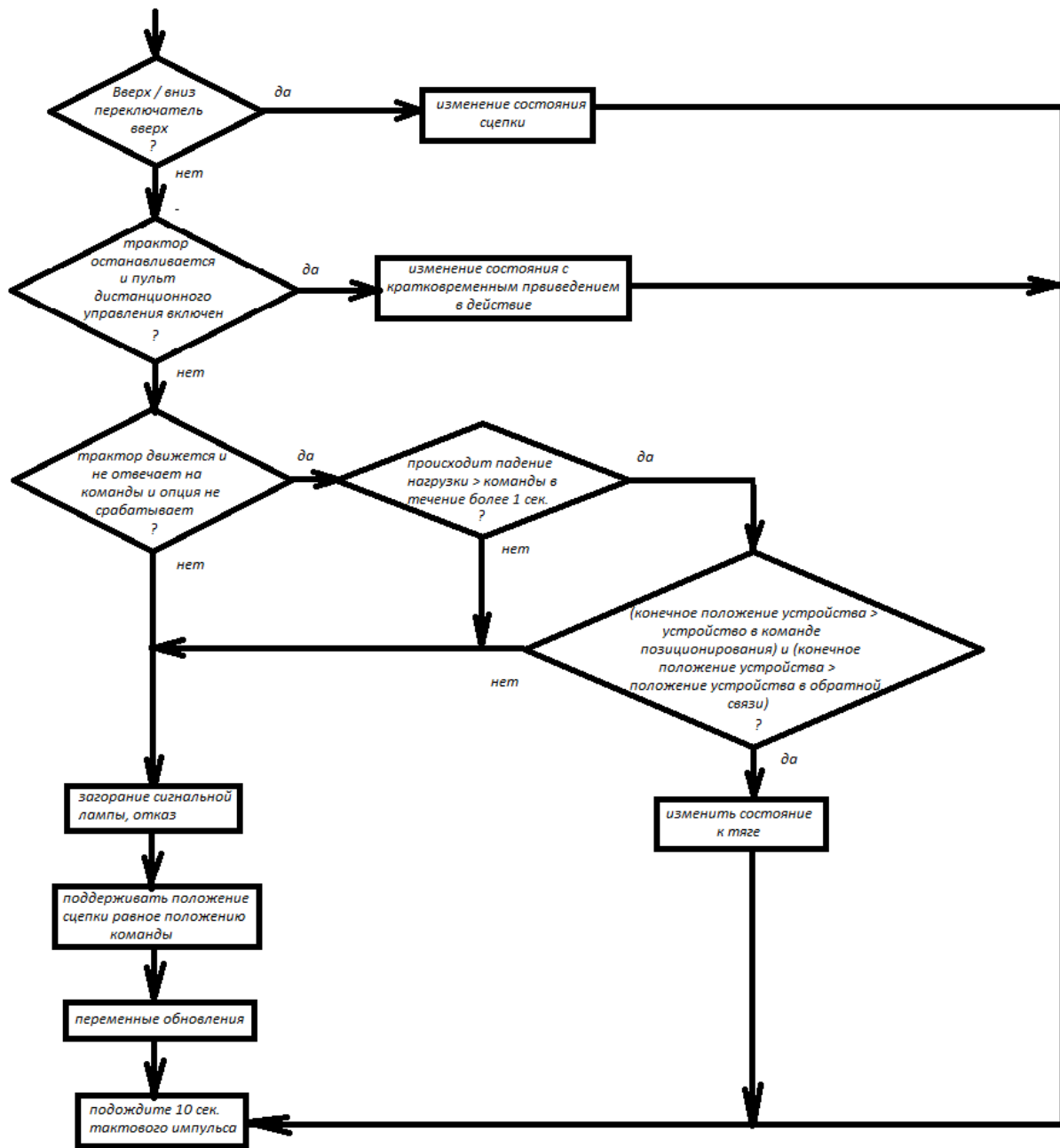
Л. И. Зозулин

Врио руководителя  
Федеральной службы  
по интеллектуальной  
собственности

Л. П. Кисий

Алгоритм сохранения качества (снижения потерь) плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах [207, 249]

<p><b>Повреждения плодоовощной продукции</b></p>	<p><b>Алгоритм снижения потерь плодоовощной продукции</b></p>
<p>Повреждения в процессе уборки</p>	<p>Подбор уборочной и сортировальной техники Квалификация работников</p>
<p>Повреждения при складировании и хранении на поле до вывоза</p>	<p>Своевременная отгрузка Предварительная подготовка груза к перевозке и дальнейшему хранению Строительство пунктов приема продукции, возможности ее товарной доработки прямо на плантациях (сортировка, очистка от примесей и др.)</p>
<p>Повреждения при выполнении погрузочно-разгрузочных работ</p>	<p>Укрупнение грузовых модулей – пакеты, контейнеры, бестарные перевозки Выбор погрузочно-разгрузочных средств Оборудование транспортных средств устройствами для механизированной погрузки и разгрузки, сменными кузовами Хранение на месте его выращивания с последующей отгрузкой по мере надобности в места потребления Строительство овощехранилищ или специальных устройств на местах сбора урожая Строительство пунктов приема продукции, возможности ее товарной доработки прямо на плантациях (сортировка, очистка от примесей и др.)</p>
<p>Повреждения при транспортировании</p>	<p>Выбор рациональных маршрутов движения Регулирование средней скорости транспортировки Выбор режимов движения Подбор автотранспортного средства Уменьшение поперечных колебаний кузова (сглаживание поверхности бортов, подрессоривание в поперечном направлении кузова транспортного средства, стабилизация положения кузова транспортного средства) Применение специальной тары и упаковки Определение способа укладки транспортной тары, штабелирования и ярусности расположения плодов</p>



Блок-схема оперативного управления системой сцепки

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Таблица 1 Распределение в процентном отношении вертикальной и горизонтальной составляющей общей скорости колебания грузовой платформы транспортного агрегата

Скорость движения ТА, км/ч	Вертикальная составляющая			Горизонтальная составляющая		
	$Z_k, \%$	$\psi, \%$	$\theta, \%$	$Y_k, \%$	$\varphi, \%$	$\theta, \%$
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



ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Таблица 1 – Результаты поперечного нивелирования междурядий

№ п/п	Высота нивелира <i>a</i> , см	Отсчет по рейке <i>b</i> , см	Величина превышения <i>h</i> , см	Номер междурядья
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	132	141	9	1
2	132	135	3	1
3	132	138	6	1
4	132	138	6	1
5	132	140	8	1
6	132	139	7	1
7	132	142	10	1
8	132	137	5	1
9	132	138	6	1
10	132	138	6	1
11	134	140	6	1
12	134	139	5	1
13	134	141	7	1
14	134	140	6	1
15	134	140	6	1
16	135	142	7	1
17	134	138	4	1
18	134	140	6	1
19	131	137	6	1
20	131	138	7	1
21	131	135	4	1
22	131	136	5	1
23	132	135	3	1
24	132	138	6	1
25	132	138	6	1
26	132	139	7	1
27	132	140	8	1
28	133	139	6	1
29	133	136	3	1
30	133	140	7	1
31	132	138	6	1
32	132	139	7	1
33	132	140	8	1
34	132	140	8	1
35	130	136	6	1
36	130	136	6	1
37	131	134	3	1

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
38	132	138	6	1
39	132	137	5	1
40	131	136	5	1
41	131	138	7	1
42	132	138	6	1
43	134	140	6	1
44	134	138	4	1
45	134	139	5	1
46	132	137	5	1
47	132	138	6	1
48	130	135	5	1
49	130	137	7	1
50	131	136	5	1
51	131	137	6	1
52	132	135	3	1
53	132	137	5	1
54	133	138	5	1
55	133	139	6	1
56	133	140	7	1
57	131	136	5	1
58	131	137	6	1
59	131	137	6	1
60	134	139	5	1
61	134	138	4	1
62	134	140	6	1
63	134	139	5	1
64	133	138	5	1
65	133	140	7	1
66	132	137	5	1
67	132	136	4	1
68	132	137	5	1
69	131	136	5	1
70	131	137	6	1
71	131	136	5	1
72	132	137	5	1
73	132	138	6	1
74	130	135	5	1
75	130	135	5	1
76	130	136	6	1
77	130	137	7	1
78	131	139	8	1

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
79	131	136	5	1
80	131	136	5	1
81	131	137	6	1
82	131	136	5	1
83	132	137	5	1
84	132	138	6	1
85	130	135	5	1
86	130	135	5	1
87	130	136	6	1
88	130	137	5	1
89	131	139	5	1
90	131	136	5	1
91	131	137	6	1
92	134	140	6	1
93	134	138	4	2
94	134	139	5	2
95	132	137	5	2
96	132	138	6	2
97	130	135	5	2
98	130	137	7	2
99	131	136	5	2
100	131	137	6	2
101	132	144	12	2
102	132	137	5	2
103	133	138	5	2
104	133	139	6	2
105	133	140	7	2
106	131	136	5	2
107	131	137	6	2
108	131	137	6	2
109	134	139	5	2
110	134	138	4	2
111	134	140	6	2
112	134	139	5	2
113	133	138	5	2
114	133	144	11	2
115	132	137	5	2
116	132	136	4	2
117	132	137	5	2
118	131	136	5	2
119	131	137	6	2

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
120	131	136	5	2
121	132	137	5	2
122	132	141	9	2
123	132	135	3	2
124	132	138	6	2
125	132	138	6	2
126	132	140	8	2
127	132	139	7	2
128	132	142	10	2
129	132	137	5	2
130	132	138	6	2
131	132	138	6	2
132	134	140	6	2
133	134	139	5	2
134	134	141	7	2
135	134	140	6	2
136	134	140	6	2
137	135	142	7	2
138	134	138	4	2
139	134	145	11	2
140	131	137	6	2
141	131	138	7	2
142	131	135	4	2
143	131	136	5	2
144	132	144	12	2
145	132	138	6	2
146	132	138	6	2
147	132	139	7	2
148	132	140	8	2
149	133	139	6	2
150	133	136	3	2
151	133	140	7	2
152	132	138	6	2
153	132	139	7	2
154	132	140	8	2
155	132	140	8	2
156	130	136	6	2
157	130	136	6	2
158	131	134	3	2
159	132	137	5	2
160	131	136	5	2

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
161	131	137	6	2
162	131	136	5	2
163	132	137	5	2
164	132	141	9	2
165	132	135	3	2
166	132	138	6	2
167	132	138	6	2
168	132	140	8	2
169	132	139	7	2
170	132	142	10	2
171	132	137	5	2
172	132	138	6	2
173	132	138	6	2
174	134	140	6	2
175	134	139	5	2
176	134	141	7	2
177	134	140	6	2
178	134	140	6	2
179	135	142	7	2
180	134	138	4	2
181	134	140	6	2
182	131	137	6	3
183	131	138	7	3
184	131	135	4	3
185	131	136	5	3
186	132	141	9	3
187	132	138	6	3
188	132	138	6	3
189	132	139	7	3
190	132	140	8	3
191	133	139	6	3
192	133	144	11	3
193	133	136	16	3
194	132	138	17	3
195	132	139	16	3
196	132	140	16	3
197	132	140	10	3
198	130	136	9	3
199	130	136	6	3
200	131	140	8	3
201	132	137	5	3

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
202	131	136	5	3
203	131	137	6	3
204	131	136	5	3
205	132	137	5	3
206	132	141	9	3
207	132	140	8	3
208	132	138	6	3
209	132	138	6	3
210	132	140	8	3
211	132	139	7	3
212	132	142	10	3
213	132	137	5	3
214	132	138	6	3
215	132	138	6	3
216	134	140	6	3
217	134	139	5	3
218	134	141	7	3
219	134	140	6	3
220	134	140	6	3
221	135	142	7	3
222	134	138	4	3
223	134	140	6	3
224	131	137	6	3
225	131	134	3	3
226	131	135	4	3
227	131	136	5	3
228	132	141	9	3
229	132	138	6	3
230	132	138	6	3
231	132	139	7	3
232	132	140	8	3
233	133	139	6	3
234	133	141	8	3
235	133	140	7	3
236	132	138	6	3
237	132	139	7	3
238	132	140	8	3
239	132	140	8	3
240	130	136	6	3
241	130	136	6	3
242	131	134	3	3

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
243	132	137	5	3
244	131	136	5	3
245	131	137	6	3
246	131	136	5	3
247	132	137	5	3
248	132	141	9	3
249	132	140	8	3
250	132	138	6	3
251	132	138	6	3
252	132	140	8	3
253	132	139	7	3
254	132	134	2	3
255	132	137	5	3
256	132	138	6	3
257	132	138	6	3
258	134	140	6	3
259	134	139	5	3
260	134	141	7	3
261	134	140	6	3
262	134	140	6	3
263	135	138	3	3
264	134	138	4	3
265	134	140	6	3
266	131	137	6	3
267	131	138	7	3
268	131	135	4	3
269	131	136	5	3
270	132	141	9	3
271	132	138	6	3
272	132	138	6	3
273	132	139	7	3
274	132	135	3	3
275	133	139	6	3
276	133	141	8	3
277	133	140	7	3
278	132	138	6	3
279	132	139	7	4
280	132	140	8	4
281	132	140	8	4
282	130	136	6	4
283	130	136	6	4

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
284	131	133	2	4
285	132	137	5	4
286	131	136	5	4
287	131	137	6	4
288	131	136	5	4
289	132	137	5	4
290	132	141	9	4
291	132	135	3	4
292	132	138	6	4
293	132	138	6	4
294	132	140	8	4
295	132	139	7	4
296	132	142	10	4
297	132	137	5	4
298	132	138	6	4
300	132	138	6	4
301	134	140	6	4
302	134	139	5	4
303	134	141	7	4
304	134	140	6	4
305	134	140	6	4
306	135	142	7	4
307	134	138	4	4
308	134	135	1	4
309	131	137	6	4
310	131	138	7	4
311	131	135	4	4
312	131	136	5	4
313	132	133	1	4
314	132	138	6	4
315	132	138	6	4
316	132	139	7	4
317	132	140	8	4
318	133	139	6	4
319	133	136	3	4
320	133	140	7	4
321	132	138	6	4
322	132	139	7	4
323	132	140	8	4
324	132	140	8	4
325	130	136	6	4



## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
326	130	136	6	4
327	131	134	3	4
328	132	137	5	4
329	131	136	5	4
330	131	137	6	4
331	131	136	5	4
332	132	137	5	4
333	132	141	9	4
334	132	135	3	4
335	132	138	6	4
336	132	138	6	4
337	132	140	8	4
338	132	137	5	4
339	132	135	3	4
340	132	137	5	4
341	132	138	6	4
342	132	138	6	4
343	134	140	6	4
344	134	139	5	4
345	134	139	5	4
346	134	140	6	4
347	134	140	6	4
348	135	142	7	4
349	134	138	4	4
350	134	137	3	4
351	131	137	6	4
352	131	138	7	4
353	131	135	4	4
354	131	136	5	4
355	132	135	3	4
356	132	138	6	4
357	132	138	6	4
358	132	137	5	4
359	132	140	8	4
360	133	139	6	4
361	133	136	3	4
362	133	140	7	4
363	132	138	6	4
364	132	137	5	4
365	132	140	8	4
366	132	140	8	4

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
367	130	136	6	4
368	130	136	6	4
369	131	134	3	4
370	132	137	5	4
371	131	136	5	4
372	131	137	6	4
373	131	136	5	4
374	132	142	10	4
375	132	141	9	4
376	132	135	3	4
377	132	138	6	4
378	132	137	5	4
379	132	140	8	5
380	132	139	7	5
381	132	135	3	5
382	132	137	5	5
383	132	138	6	5
384	132	138	6	5
385	134	140	6	5
386	134	144	10	5
387	134	141	7	5
388	134	140	6	5
389	134	140	6	5
390	135	142	7	5
391	134	148	14	5
392	134	137	3	5
393	131	137	6	5
394	131	138	7	5
395	131	135	4	5
396	131	136	5	5
397	132	135	3	5
398	132	138	6	5
399	132	138	6	5
400	132	139	7	5
401	132	140	8	5
402	133	139	6	5
403	133	136	3	5
404	133	140	7	5
405	132	142	10	5
406	132	139	7	5
407	132	140	8	5

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
408	132	140	8	5
409	130	136	6	5
410	130	136	6	5
411	131	144	13	5
412	132	137	5	5
413	131	136	5	5
414	131	137	6	5
415	131	136	5	5
416	132	137	5	5
417	132	141	9	5
418	132	134	2	5
419	132	138	6	5
420	132	143	11	5
421	132	140	8	5
422	132	137	5	5
423	132	136	4	5
424	132	137	5	5
425	132	138	6	5
426	132	138	6	5
427	134	140	6	5
428	134	138	4	5
429	134	139	5	5
430	134	140	6	5
431	134	140	6	5
432	135	142	7	5
433	134	138	4	5
434	134	147	13	5
435	131	137	6	5
436	131	138	7	5
437	131	135	4	5
438	131	136	5	5
439	132	136	4	5
440	132	138	6	5
441	132	138	6	5
442	132	137	5	5
443	132	140	8	5
444	133	143	10	5
445	133	136	3	5
446	133	140	7	5
447	132	138	6	5
448	132	137	5	5

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
449	132	140	8	5
450	132	141	9	5
451	130	136	6	5
452	130	136	6	5
453	131	143	12	5
454	132	137	5	5
455	131	136	5	5
456	131	140	9	5
457	131	136	5	5
458	131	140	11	5
459	132	141	9	5
460	132	136	4	5
461	132	138	6	5
462	132	143	11	5
463	132	140	8	5
464	132	137	5	5
465	132	136	4	5
466	132	137	5	5
467	132	141	9	5
468	132	136	4	5
469	134	140	6	5
470	134	139	5	5
471	134	143	9	5
472	134	140	6	6
473	134	140	6	6
474	135	142	7	6
475	134	145	11	6
476	134	137	3	6
477	131	137	6	6
478	131	138	7	6
479	131	135	4	6
480	131	136	5	6
481	132	135	3	6
482	132	138	6	6
483	132	138	6	6
484	132	137	5	6
485	132	140	8	6
486	133	139	6	6
487	133	136	3	6
488	133	140	7	6
489	132	138	6	6

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
490	132	137	5	6
491	132	140	8	6
492	132	140	8	6
493	130	136	6	6
494	130	136	6	6
495	131	134	3	6
496	132	137	5	6
497	131	136	5	6
498	131	137	6	6
499	131	136	5	6
500	132	142	10	6
501	132	141	9	6
502	132	134	2	6
503	132	138	6	6
504	132	143	11	6
505	132	140	8	6
506	132	137	5	6
507	132	136	4	6
508	132	137	5	6
509	132	138	6	6
510	132	138	6	6
511	134	144	10	6
512	134	138	4	6
513	134	139	5	6
514	134	140	6	6
515	134	140	6	6
516	135	142	7	6
517	134	138	4	6
518	134	146	12	6
519	131	137	6	6
520	131	138	7	6
521	131	135	4	6
522	131	136	5	6
523	132	135	3	6
524	132	138	6	6
525	132	138	6	6
526	132	137	5	6
527	132	140	8	6
528	133	143	10	6
529	133	136	3	6
530	133	140	7	6

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
531	132	138	6	6
532	132	137	5	6
533	132	140	8	6
534	132	141	9	6
535	130	136	6	6
536	130	136	6	6
537	131	143	12	6
538	132	137	5	6
539	131	136	5	6
540	131	140	9	6
541	131	136	5	6
542	132	142	10	6
543	132	141	9	6
544	132	134	2	6
545	132	138	6	6
546	132	143	11	6
547	132	140	8	6
548	132	137	5	6
549	132	136	4	6
550	132	137	5	6
551	132	142	10	6
552	132	138	6	6
553	134	140	6	6
554	134	138	4	6
555	134	139	5	6
556	134	144	10	6
557	134	140	6	6
558	135	142	7	6
559	134	138	4	6
560	134	145	11	6
561	131	137	6	7
562	131	138	7	7
563	131	141	10	7
564	131	146	15	7
565	132	143	11	7
566	132	138	6	7
567	132	138	6	7
568	132	137	5	7
569	132	140	8	7
570	133	143	10	7
571	133	147	14	7

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
572	133	140	7	7
573	132	138	6	7
574	132	137	5	7
575	132	140	8	7
576	132	141	9	7
577	130	136	6	7
578	130	136	6	7
579	131	143	12	7
580	132	137	5	7
581	131	136	5	7
582	131	140	9	7
583	131	136	9	7
584	131	140	11	7
585	132	141	9	7
586	132	145	13	7
587	132	138	6	7
588	132	143	11	7
589	132	140	8	7
590	132	137	5	7
591	132	143	11	7
592	132	137	5	7
593	132	138	6	7
594	132	138	6	7
595	134	144	10	7
596	134	144	10	7
597	134	139	5	7
598	134	140	6	7
599	134	140	6	7
600	135	142	7	7
601	134	145	11	7
602	134	146	12	7
603	131	137	6	7
604	131	138	7	7
605	131	145	11	7
606	131	136	5	7
607	132	145	13	7
608	132	138	6	7
609	132	138	6	7
610	132	137	5	7
611	132	140	8	7
612	133	143	10	7

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
613	133	144	11	7
614	133	140	7	7
615	132	138	6	7
616	132	137	5	7
617	132	140	8	7
618	132	141	9	7
619	130	136	6	7
620	130	136	6	7
621	131	143	12	7
622	132	137	5	7
623	131	136	5	7
624	131	140	9	7
625	131	136	5	7
626	132	142	10	7
627	132	141	9	7
628	132	134	2	7
629	132	138	6	7
630	132	143	11	7
631	132	140	8	7
632	132	137	5	7
633	132	141	9	7
634	132	137	5	7
635	132	138	6	7
636	132	138	6	7
637	134	144	10	7
638	134	148	14	7
639	134	139	5	7
640	134	140	6	7
641	134	140	6	7
642	135	142	7	7
643	134	138	4	7
644	134	146	12	7
645	131	137	6	7
646	131	138	7	7
647	131	141	10	7
648	131	136	5	7
649	132	145	13	7
650	132	138	6	7
651	132	138	6	7
652	132	137	5	7
653	132	140	8	7



## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
654	133	143	10	7
655	133	144	11	7
656	133	140	7	7
657	132	138	6	7
658	132	137	5	7
659	132	140	8	7
660	132	141	9	8
661	130	136	6	8
662	130	136	6	8
663	131	143	12	8
664	132	137	5	8
665	131	136	5	8
666	131	140	9	8
667	131	136	5	8
668	132	142	10	8
669	132	141	9	8
670	132	134	2	8
671	132	138	6	8
672	132	143	11	8
673	132	140	8	8
674	132	137	5	8
675	132	141	9	8
676	132	137	5	8
677	132	138	6	8
678	132	138	6	8
679	134	144	10	8
680	134	148	14	8
681	134	139	5	8
682	134	140	6	8
683	134	140	6	8
684	135	142	7	8
685	134	138	4	8
686	134	146	12	8
687	131	137	6	8
688	131	138	7	8
689	131	141	10	8
690	131	136	5	8
691	132	145	13	8
692	132	138	6	8
693	132	138	6	8
694	132	137	5	8

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
695	132	140	8	8
696	133	143	10	8
697	133	144	11	8
698	133	140	7	8
699	132	138	6	8
700	132	137	5	8
701	132	140	8	8
702	132	141	9	8
703	130	136	6	8
704	130	136	6	8
705	131	143	12	8
706	132	137	5	8
707	131	136	5	8
708	131	140	9	8
709	131	136	5	8
710	132	142	10	8
711	132	141	9	8
712	132	134	2	8
713	132	138	6	8
714	132	143	11	8
715	132	140	8	8
716	132	137	5	8
717	132	141	9	8
718	132	137	5	8
719	132	138	6	8
720	132	138	6	8
721	134	144	10	8
722	134	148	14	8
723	134	139	5	8
724	134	140	6	8
725	134	140	6	8
726	135	142	7	8
727	134	138	4	8
728	134	146	12	8
729	131	137	6	8
730	131	138	7	8
731	131	141	10	8
732	131	136	5	8
733	132	145	13	8
734	132	138	6	8
735	132	138	6	8

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
736	132	137	5	8
737	132	140	8	8
738	133	143	10	8
739	133	144	11	8
740	133	140	7	8
741	132	138	6	8
742	132	137	5	8
743	132	140	8	8
744	132	141	9	8
745	130	136	6	8
746	130	136	6	8
747	131	143	12	8
748	132	137	5	8
749	131	136	5	8
750	131	140	9	8
751	131	136	5	8
752	132	142	10	8
753	132	141	9	8
754	132	142	10	8
755	132	138	6	9
756	132	143	11	9
757	132	140	8	9
758	132	137	5	9
759	132	141	9	9
760	132	137	5	9
761	132	138	6	9
762	132	138	6	9
763	134	144	10	9
764	134	146	12	9
765	134	139	5	9
766	134	140	6	9
767	134	144	10	9
768	135	142	7	9
769	134	138	4	9
770	134	146	12	9
771	131	137	6	9
772	131	138	7	9
773	131	141	10	9
774	131	141	10	9
775	132	144	12	9
776	132	138	6	9

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
777	132	138	6	9
778	132	137	5	9
779	132	140	8	9
780	133	143	10	9
781	133	144	11	9
782	133	140	7	9
783	132	138	6	9
784	132	137	5	9
785	132	140	8	9
786	132	141	9	9
787	130	136	6	9
788	130	136	6	9
789	131	143	12	9
790	132	137	5	9
791	131	136	5	9
792	131	140	9	9
793	131	136	5	9
794	132	142	10	9
795	132	141	9	9
796	132	143	11	9
797	132	138	6	9
798	132	143	11	9
799	132	140	8	9
800	132	137	5	9
801	132	141	9	9
802	132	137	5	9
803	132	138	6	9
804	132	138	6	9
805	134	144	10	9
806	134	146	12	9
807	134	144	10	9
808	134	140	6	9
809	134	140	6	9
810	135	142	7	9
811	134	138	4	9
812	134	146	12	9
813	131	141	10	9
814	131	138	7	9
815	131	141	10	9
816	131	136	5	9
817	132	144	12	9

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
818	132	138	6	9
819	132	138	6	9
820	132	137	5	9
821	132	140	8	9
822	133	143	10	9
823	133	144	11	9
824	133	140	7	9
825	132	138	6	9
826	132	137	5	9
827	132	140	8	9
828	132	141	9	9
829	130	136	6	9
830	130	136	6	9
831	131	143	12	9
832	132	143	11	9
833	131	136	5	9
834	131	140	9	9
835	131	142	11	9
836	132	142	10	9
837	132	141	9	9
838	132	143	11	9
839	132	138	6	9
840	132	143	11	9
841	132	140	8	9
842	132	137	5	9
843	132	141	9	9
844	132	141	9	9
845	132	138	6	9
846	132	138	6	9
847	134	144	10	9
848	134	146	12	9
849	134	139	5	9
850	134	140	6	9
851	134	140	6	9
852	135	142	7	9
853	134	145	11	9
854	134	146	12	9
855	131	137	6	9
956	131	138	7	10
857	131	141	10	10
858	131	136	5	10

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
859	132	145	13	10
860	132	138	6	10
861	132	138	6	10
862	132	137	5	10
863	132	140	8	10
864	133	143	10	10
865	133	144	11	10
866	133	140	7	10
867	132	138	6	10
868	132	137	5	10
869	132	140	8	10
870	132	141	9	10
871	130	136	6	10
872	130	136	6	10
873	131	143	12	10
874	132	137	5	10
875	131	136	5	10
876	131	140	9	10
877	131	136	5	10
878	132	142	10	10
879	132	141	9	10
880	132	134	2	10
881	132	138	6	10
882	132	143	11	10
883	132	140	8	10
884	132	137	5	10
885	132	141	9	10
886	132	137	5	10
887	132	138	6	10
888	132	138	6	10
889	134	144	10	10
890	134	148	14	10
891	134	139	5	10
892	134	140	6	10
893	134	140	6	10
894	135	142	7	10
895	134	138	4	10
896	134	146	12	10
897	131	137	6	10
898	131	138	7	10
899	131	141	10	10

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

1	2	3	4	5
900	131	136	5	10
901	132	145	13	10
902	132	138	6	10
903	132	138	6	10
904	132	137	5	10
905	132	140	8	10
906	133	143	10	10
907	133	144	11	10
908	133	140	7	10
909	132	138	6	10
910	132	137	5	10
911	132	140	8	10
912	132	141	9	10
913	130	136	6	10
914	130	136	6	10
915	131	143	12	10
916	132	137	5	10
917	131	136	5	10
918	131	140	9	10
919	131	136	5	10
920	132	142	10	10
921	132	141	9	10
922	132	134	2	10
923	132	138	6	10
924	132	143	11	10
925	132	140	8	10
926	132	137	5	10
927	132	141	9	10
928	132	137	5	10
929	132	138	6	10
930	132	138	6	10
931	134	144	10	10
932	134	148	14	10
933	134	139	5	10
934	134	140	6	10
935	134	140	6	10
936	135	142	7	10
937	134	138	4	10
938	134	146	12	10
939	131	137	6	10
940	131	138	7	10

## ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
941	131	141	10	10
942	131	136	5	10
943	132	145	13	10
944	132	138	6	10
945	132	138	6	10
946	132	137	5	10
947	132	140	8	10
948	133	143	10	10
949	133	148	15	10
950	133	140	7	10